





# Remerciement

*Avant tout, je remercie Dieu le tout-puissant, miséricordieux et clément, pour m'avoir donné santé, patience, volonté et courage.*

*El Hamdou Lillah*

*Sincères remerciements*

*Au Docteur **DAHLOUM Lahouari** :*

*D'avoir accepté de m'encadrer et de m'avoir initié la recherche avec beaucoup de patience et gentillesse. Pour son aide matériel et moral. Pour sa compétence professionnelle qui fait un exemple de rigueur et de droiture dans l'exercice de la profession.*

*Veillez, trouver dans ce modeste travail l'expression de ma haute considération, de ma sincère reconnaissance et de ma profonde admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.*

*Vifs remerciements*

*A mon enseignant, et présidente du jury, **Dr. SISBANE Ismahane***

*Qui a non seulement contribué à ma formation mais qui nous a beaucoup guider par ses conseils et par sa bienveillance. Je suis très honorée madame, de vous avoir comme présidente du jury de mon étude.*

*Qu'elle trouve ici l'expression de ma respectueuse considération et de mon profond respect. Au **M, SOLTANI Fatiha** qui me fait l'honneur de juger ce travail. Qu'il trouve ii le témoignage de ma gratitude et o profond respect.*

*À notre chef de parcours, docteur **M.HALBOUCH**, qui nous a enseigné et guidé qu'il trouve ii l'expression de ma haute considération, de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

*Sincères remerciements.*



# *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, le symbole de tendresse, qui s'est  
sacrifiée*

*Pour mon bonheur et ma réussite, à ma chère mère.*

*À mon cher père, écolé de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des  
études, et qui a veillé  
tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Qu'Allah les  
garde et les protège.*

*À mes adorables frères et sœurs.*

*À toute ma grande famille « BENDERBAL » et « BELALEM ».*

*À mes amies et mes collègues.*

*À tous ceux qui me sont chères.*

*À tous ceux qui m'aiment.*

*À tous ceux que j'aime.*



## Résumé

L'objectif de cette étude a consisté à analyser la variation de la forme du bec chez des poules pondeuses (ISA BROWN) par la technique de la morphométrie géométrique (MG) basée sur les points repères. Dans ce travail, la forme du bec chez le poulet a été analysée pour la première fois en Algérie par l'utilisation des techniques modernes de morphométrie basées essentiellement sur les points repères qui font partie de la MG. Au total 100 photographies ont été réalisées sur le bec des poulets, après comparer avec 65 poulet chair souche Cobb500.

La digitalisation des images à l'aide du logiciel tpsDig a permis de retenir 9 points repères homologues sur la mandibule supérieure de chaque bec. 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 ».

L'Analyse en Composante Principales (ACP) nous a permis d'extraire 3 composantes expliquant ensemble 82,04 % de la variation totale de la forme du bec. Les autres tests multifactorielles appliqués (Analyse Factorielle Discriminante AFD et le test Hotelling) ont mis en évidence une différence très hautement significative ( $p < 0.0001$ ) entre les souches Isa Brown et Cobb500 pour la forme du bec. Plus généralement, la méthode des points repères appliquée ici dans un cadre à 2 dimensions, via l'analyse Procrustéenne s'est avérée extrêmement efficace et précise pour identifier et visualiser les conformations du bec chez le poulet. Les résultats obtenus méritent d'être confirmés par d'autres travaux notamment sur les races locales pour voir comment il serait possible de sélectionner des animaux présentant des becs plus adaptés aux conditions d'élevage de demain.

**Mot Clé :** poule pondeuse, Poulet de chair, Picage, Forme du bec, Morphométrie-géométrique, ACP



## ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the variation of the beak shape in laying hens (ISA BROWN) by the geometrical morphometric (MG) technique based on the reference points. In this work, the shape of the beak in the chicken was analyzed for the first time in Algeria by the use of modern morphometric techniques based essentially on the reference points that are part of the MG. A total of 100 photographs were made on the beak of chickens, after comparing with 65 chicken flesh Cobb500 strain.

The digitization of the images using the tpsDig software made it possible to retain 9 homologous reference points on the upper mandible of each beak. The Procrust overlay method was applied using the MorphoJ software to suppress the size effect and obtain the different configurations of the beak compared to the average "consensus" shape.

Principal Component Analysis (PCA) allowed us to extract 3 components together accounting for 82.04% of the total change in beak shape. The other multifactorial tests applied (AFD Discriminant Factor Analysis and the Hotteling test) revealed a very highly significant difference ( $p < 0.0001$ ) between the Isa Brown and Cobb500 strains for the bill shape. More generally, the method of landmarks applied here in a 2-dimensional framework, via the Procrustean analysis has proved extremely effective and accurate to identify and visualize the conformations of the beak in the chicken. The results obtained need to be confirmed by other studies, especially on local breeds, to see how it would be possible to select animals with beaks that are better adapted to the farming conditions of tomorrow.

Keyword: Broiler, Picage, Beak shape, Morphometry-geometric, PCA

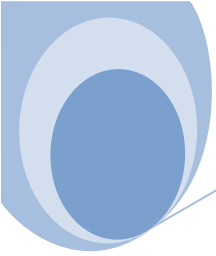
## ملخص

كان الهدف من هذه الدراسة هو تحليل التباين في شكل المنقار في الدجاج البياض (ISA BROWN) باستخدام تقنية المورفومترية الهندسية (MG) المعتمدة على النقاط المرجعية. في هذا العمل ، تم تحليل شكل المنقار عند الدجاج لأول مرة في الجزائر باستخدام التقنيات المورفومترية الحديثة المعتمدة على النقاط المرجعية التابعة لتقنية المورفومترية الهندسية. مجموع 100 صورة التقطت على منقار الدجاج ، بعد مقارنتها بـ 65 سلالة من لحم الدجاج Cobb500. ترقيم الصور باستخدام برنامج tpsDig سمح بالاحتفاظ بـ 9 نقاط مرجعية متماثلة على مستوى الفك العلوي لكل منقار. تم تطبيق طريقة تراكب Procrust باستخدام برنامج MorphoJ لإزالة تأثير الحجم والحصول على تشكيلات مختلفة للمنقار مقارنةً مع الشكل المتوسط. تحليل المكون الرئيسي (PCA) سمح بالحصول على 3 مكونات مفسرين معًا 82.04% من إجمالي التغيرات في شكل المنقار.

الاختبارات الأخرى المطبقة متعددة العوامل (AFD Discriminant Factor Analysis واختبار Hotteling) كشفت عن وجود اختلاف كبير للغاية ( $p > 0.0001$ ) بين سلالتي Isa Brown و Cobb500 في ما يخص شكل المنقار .

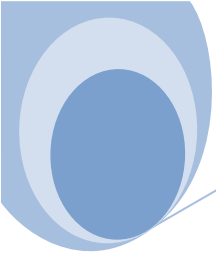
بصفة عامة، طريقة النقاط المرجعية المطبقة هنا في إطار ثنائي الأبعاد ، عز طريق تحليل Procrustean ، اثبتت أنها فعالة للغاية ودقيقة في تحديد وتمثيل منقار الدجاج. النتائج المحصل عليها في هذه الدراسة تستحق اثبات أكثر من أعمال اخرى لا سيما السلالات المحلية،التمكن من معرفة كيف يمكن اختيار الحيوانات ذات المناقير التي تتكيف بشكل أفضل مع ظروف تربية الحيوانات للمستقبل.

**الكلمات المفتاحية:** دجاج البياض، النقر الغاضب، شكل منقار، المورفومترية الهندسية، المكونات الرئيسية.



## Liste des tableaux

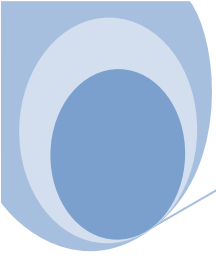
<b>Tableau 1</b> : Systématique de Gallus gallus domesticus (Singhapol, 2003). .....	3
<b>Tableau 2</b> : Cordonnées des points repères du consensus « nouvelles variables » .....	48
<b>Tableau 3</b> : Valeurs propres et pourcentages de la variance expliquée par les de l'ACP . .....	49
<b>Tableau 4</b> : Cordonnées des points repères du consensus « nouvelles variables » des 165 observations .....	52
<b>Tableau 5</b> : Valeurs propres et pourcentages de la variance expliquée par les de l'ACP . .....	52
<b>Tableau 6</b> : Distance Procruste et Mahalanobis.....	55
<b>Tableau 7</b> : Procruste ANOVA .....	55



## Liste des figures

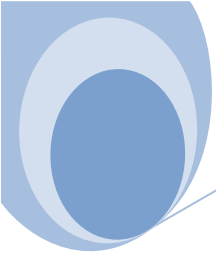
<b>Figure 1:</b> Évolution de la diversité génétique de la poule domestique (Larivière et Leroy, 2008). .....	5
<b>Figure 2 :</b> Morphologie des poulets .....	7
<b>Figure 3 :</b> Morphologie de la Tête du coq (genre Gallus) .....	8
<b>Figure 4 :</b> Anatomie des organes internes de la poule .....	9
<b>Figure 5 :</b> Squelette de la poule (genre Gallus) .....	10
<b>Figure 6 :</b> Tractus digestif du poulet .....	11
<b>Figure 7 :</b> la structure du crâne et des mandibules .....	12
<b>Figure 8 :</b> les différents becs des volailles (VILLATE. D 2001). .....	13
<b>Figure 9:</b> Les variables de taille.....	21
<b>Figure 10 :</b> Localisation des quatre principaux points-repères du crâne humain (d'après Baab et al. 2012) .....	24
<b>Figure 11 :</b> Description en 2D de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne, avec 11 points-repères (d'après Perrard, 2012). .....	26
<b>Figure 12:</b> Arrangement de repères. Image latérale du poisson épineche avec des points de repère. ....	28
<b>Figure 13 :</b> Les étapes de la superposition Procruste (d'après Evin et al., 2008) .....	29
<b>Figure 14 :</b> des grilles de déformations .....	32
<b>Figure 15 :</b> illustration de résultat de comparaison des échantillons lacustres de l'épineche. ....	33
<b>Figure 16 :</b> Souches étudiées (Isa Brown) .....	35
<b>Figure 17:</b> photo de la tête de poule N° 01 de la souche Isa Brown.....	36
<b>Figure 18 :</b> Dossier contenant toutes les images à analyser. ....	37
<b>Figure 19 :</b> la fenêtre principale du logiciel TpsUtil .....	37
<b>Figure 20 :</b> Etape 1 de la création d'un fichier TPS "Sélection d'une opération". .....	38
<b>Figure 21 :</b> Etape 2 de la création d'un fichier TPS " choix du répertoire d'entrée". .....	38
<b>Figure 22 :</b> répertoire d'images .....	39
<b>Figure 23 :</b> Etape 3 de la création d'un fichier TPS "nomination du fichier". .....	39
<b>Figure 24 :</b> Etape de la nomination du fichier TPS. ....	40

<b>Figure 25</b> : Boite de dialogue (manipulation des données) .....	40
<b>Figure 26</b> : Le Fichier TPS créé. ....	41
<b>Figure 27</b> : la fenêtre du Logiciel tpsDig. ....	42
<b>Figure 28</b> : Digitalisation de 9 points-repères (Landmarks) sur la mandibule supérieure du bec à l'aide du logiciel tpsDig. ....	43
<b>Figure 29</b> : Diagramme des fréquences cumulées des distances entre l'ensemble les individus et la forme moyenne « consensus » de l'échantillon. ....	46
<b>Figure 30</b> : <i>A gauche</i> : Localisation des points repères retenus sur le bec. <i>A droite</i> : La Forme Consensus du bec obtenu par la superposition Procruste. ....	47
<b>Figure 31</b> : Pourcentage de la variation expliquée par les axes principaux .....	49
<b>Figure 32</b> : La variation de la forme de la mandibule supérieure des becs expliquée par les axes retenus .....	50
<b>Figure 33</b> : Présentation de la variation de la forme du bec sur les axes CP1 et CP2 ....	51
<b>Figure 34</b> : Pourcentage de la variation expliquée par les axes principaux.....	53
<b>Figure 35</b> : La variation de la forme de la mandibule supérieure des becs expliquée par les axes retenus .....	54
<b>Figure 36</b> : : La fréquence des poules pondeuses (bleu) et les poulets de chair (rouge) le long de la variable discriminante pour la variation de la forme la mandibule supérieure du bec. La variable discriminante représente toutes les variations de la forme de la mandibule supérieure entre les pondeuses et les poulets de chair.....	56



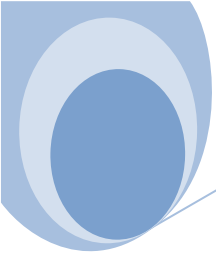
## Liste des abréviations

<b>RIR</b>	<b>Rhodes rouge de l'Islande</b>
<b>RRS</b>	<b>Sélection Récurrente Réciproque</b>
<b>FAO</b>	<b>Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation</b>
<b>USDA</b>	<b>Département de l'Agriculture des Etats-Unis</b>
<b>MT</b>	<b>Million de Tonnes</b>
<b>OCDE</b>	<b>Organisation de Coopération et de Développement Economique</b>
<b>IASP</b>	<b>Association Internationale de l'Etude de la Douleur</b>
<b>VMN</b>	<b>Noyau Ventromédian de l'Hypothalamus</b>
<b>MG</b>	<b>Morphométrie Géométrique</b>
<b>EFD</b>	<b>Descripteurs Elliptique de Fourier</b>
<b>PR</b>	<b>Points Repères</b>
<b>GPA</b>	<b>Superposition Procruste</b>
<b>ANOVA</b>	<b>Analyse de la Variance</b>
<b>MANOVA</b>	<b>Analyse de Variance Multivariée</b>
<b>AFD</b>	<b>Analyses Factorielles Discriminantes</b>
<b>PCA</b>	<b>Analyse en Composantes Principales</b>
<b>QDA</b>	<b>Analyse Quadratique Discriminante</b>
<b>TPS</b>	<b>Méthode des plaques minces</b>
<b>PCs</b>	<b>Composantes Principales</b>
<b>P poste</b>	<b>Probabilité Postérieur</b>



# Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
<b>CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA POULE DOMESTIQUE</b>	
<b>    Systématique de la poule Gallus gallus domesticus .....</b>	<b>3</b>
<b>    Origine et domestication des poules .....</b>	<b>3</b>
2.1 Histoire de la domestication .....	4
2.2 Diffusion et domestication.....	4
2.3 Evolution de la diversité génétique de la poule domestique .....	4
3) Types de races .....	5
3.1 Races traditionnelles .....	5
3.2 Races reproductrices .....	6
<b>    Anatomie générale de la poule .....</b>	<b>7</b>
4.1 La tête.....	7
4.2 Les barbillons.....	8
4.3 Le corps.....	8
<b>    Anatomie interne des poules .....</b>	<b>8</b>
5.1 Squelette .....	9
5.2 Organes du sens .....	10
5.3 Appareil digestif .....	10
<b>    Anatomie du bec .....</b>	<b>11</b>
6.1 Forme du bec et l'adaptation au régime alimentaire .....	12
6.2 Rôle du bec dans le comportement alimentaire .....	13
6.3 Conséquence zootechnique du dépeçage .....	15
<b>    Processus de sélection des souches de poules .....</b>	<b>16</b>
7.1 Objectifs de la sélection chez les volailles .....	16
7.2 Types ou modes de sélection des volailles.....	18



## **CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA MORPHOMETRIE GEOMETRIQUE**

### **De la morphométrie « traditionnelle » à la morphométrie géométrique .....21**

- 1.1 Morphométrie « traditionnelle » : inconvénients et limites ..... 21
- 1.2 Evolution vers la morphométrie géométrique ..... 22

### **Principaux concepts de morphométrie géométrique ..... 23**

- 2.1 Notion de « conformation géométrique » ..... 23
- 2.2 Points-repères ..... 23
- 2.3 Points glissants ..... 24

### **Avantages et limites de la morphométrie géométrique ..... 25**

- 3.1 Avantages ..... 25
- 3.2 Limites ..... 26

### **Grandes étapes de la MG ..... 27**

- 4.1 Collecte des données ..... 27
  - 4.1.1 Collecte des données en 2D ..... 27
  - 4.1.2 Collecte des données en 3D ..... 27
  - 4.1.3 Exemple de collecte de données (Figure 12) ..... 28
- 4.2 Technique d'alignement des conformations géométriques ou superposition  
Procruste ..... 29
  - 4.2.1 Principes ..... 29
  - 4.2.2 Etapes ..... 29
- 4.3 Analyse statistique et représentation graphique ..... 30
  - 4.3.1 Outils statistiques ..... 30
  - 4.3.2 Représentation graphique ..... 32

## **II. PARTIE EXPERIMENTALE**

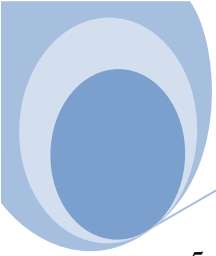
### **CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES**

#### **1 Matériel biologique ..... 35**

- 4.4 Echantillonnage ..... 35
- 4.5 Prise des photos numériques et traitement des images. .... 35

#### **Analyses morpho-métriques ..... 36**

- 5.1 Préparations des données ..... 36
  - 5.1.1 Organisation des dossiers ..... 36



5.1.2 Création du fichier TPS .....	36
5.2 Collecte des données : “ Numérisation ou digitalisation des Points repères (Landmarks) .....	41
5.3 Analyses Statistiques .....	44
5.3.1 Analyse de Procruste Généralisée (APG) .....	44
5.3.2 Analyse en composantes principales (ACP) .....	44
5.3.3 Le test de Hotelling .....	44
5.3.4 Analyse factorielle discriminante (AFD) .....	44

## **CHAPITRE II RESULTAT ET DISCUSSION**

<b>1. Vérification des valeurs aberrantes .....</b>	<b>46</b>
<b>2. Performer la Superposition Procruste ou l’Ajustement Procruste généralisé (Generalized Procrustes Analysis, GPA). .....</b>	<b>47</b>
<b>3 Analyse en composantes principales (ACP) .....</b>	<b>48</b>
<b>Effet de la souche sur la forme du bec .....</b>	<b>55</b>
4.1 Test de Hotelling (Claude, 2008) .....	55
4.2 Analyse factorielle discriminante (AFD) .....	56
<b>Discussion .....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXES</b>	

### Introduction générale

Le bec est un outil polyvalent et indispensable, utilisé par l'oiseau comme unique organe pour toucher l'environnement et particulièrement l'aliment, faire le toilettage de son plumage, boire, manger, se défendre, faire son nid ou cocher une femelle.

Cependant, tous les propriétaires de poules ont déjà vu certaines de leurs poules piquer du bec sur la tête de leurs congénères, d'autres s'arracher les plumes, quelque fois jusqu'au sang, et d'autres encore se picorer le cloaque, c'est le picage !

Le picage des plumes est un problème qui nuit au bien-être des poules, car il provoque de la douleur et augmente les risques de cannibalisme (Anne Macey, 2009). Bien que le picage ne soit pas un problème nouveau, il est notoirement difficile de prévenir et de traiter en même temps.

Les effets des méthodes de traitement des becs utilisées pour la volaille afin de réduire les dommages causés par ce phénomène sont très variables (Cunningham 1992).

Il semble qu'un époinçage modéré pratiqué avant l'âge de 10 jours n'induit pas de douleur d'amputation durable (Gentle et al 1997). Néanmoins, les facultés sensorielles de l'animal restent fortement réduites. Il existe d'autre part une grande discordance entre les pratiques de terrain efficaces (débecquage important et tardif si on veut dissuader le picage) et les recommandations de débecquage précoce et limité pour éviter une douleur chronique. Les nouvelles techniques d'élevage qui nécessitent le débecquage et qui sont souvent proposées pour « améliorer la condition des animaux d'élevage » posent un problème éthique dont l'Homme sous-estime l'importance car il est lui-même dépourvu de bec.

La morphologie du bec est un trait important sur le plan écologique pour les oiseaux. La taille et la forme du bec sont cruciales pour l'adaptation à de nouvelles conditions d'élevage et une utilisation optimale des sources de nourriture existantes.

Les analyses de la morphométrie traditionnelles de la forme du bec chez la volaille ont utilisé des mesures linéaires notamment de longueur, de profondeur et de largeur pour décrire la variation de la morphologie du bec.



## Introduction

Cependant, ces mesures sont limitées car elles ne véhiculent aucune donnée géométrique sur la forme du bec et le peu d'informations fournies n'est pas indépendant de la taille du bec.

La morphométrie géométrique basée sur les points repères (Landmarks) a été appliquée avec succès 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 forme. Cette approche moderne bénéficie également d'une puissance statistique accrue.

L'objectif de cette étude consiste à analyser la forme du bec chez les poules pondeuse (ISA BROWN), et ce par l'utilisation de la morphométrie moderne basée sur les points repères, pour voir comment il serait possible de sélectionner des poulets avec des becs plus adaptés de façon à réduire, voire éliminer les dommages causés par le picage des plumes.

### 1) Systématique de la poule *Gallus gallus domesticus*

La poule domestique (*Gallus gallus domesticus*) est un oiseau qui appartient à l'ordre des "galliformes", à la famille des "phasianidés" et au genre "Gallus" (Tableau 1). A cause des caractéristiques spécifiques des femelles ou des mâles, l'espèce est souvent définie par le nom coq ou poule mais dans la plupart des cas, le nom poule désigne les deux sexes.

Règne	Animal
Sous-Règne	Métazoaires
Embranchement	Chordés
Sous-embranchement	Vertébrés
Classe	Oiseaux
Ordre	Galliformes
Famille	Phasianidés

**Tableau 1** : Systématique de *Gallus gallus domesticus* (Singhapol, 2003).

### 2) Origine et domestication :

La poule (femelle) ou le coq (mâle) ou encore poulet **domestique** (*Gallus gallus domesticus*) est une sous-espèce d'oiseaux de l'ordre des Galliformes. Cet oiseau est élevé à la fois pour sa chair, pour ses œufs, pour le combat, parfois pour ses plumes et encore plus rarement pour la crête du coq (rites). Il existe de nombreuses races principalement issues de la domestication d'une espèce sauvage particulière, le Coq doré. Il s'agit de l'espèce d'oiseaux dont la population est la plus importante avec environ 52 milliards d'individus sur Terre

## 2.1 Histoire de la domestication :

Le monde scientifique s'accorde aujourd'hui pour reconnaître que les oiseaux descendent directement des dinosaures. Ainsi, comme le fameux archéoptéryx il y a 150 million d'années, les ancêtres des poules avaient des dents.

Il est maintenant établi que notre poule actuelle a pour ancêtre le Gallus Gallus dit coq de Bankiva, coq sauvage dont on situe l'origine en Inde, Sumatra, Java, Indochine, sud de la Chine. L'allure générale, sa forme et les couleurs des coqs et poules évoquent celles de notre gauloise dorée, (en plus petit) ou de l'Ardennaise naine.

On a dénombré trois autres espèces sauvages :

- Le Coq de Lafayette ou Gallus Lafayette ii, originaire de l'Inde mais que l'on ne trouve plus actuellement qu'au Sri Lanka
- Le coq de Sonnerat ou Gallus Sonnerat ii, originaire du sud de l'Inde
- Le coq de Java ou Gallus Varius, originaire de l'île de Java et autres îles avoisinantes.

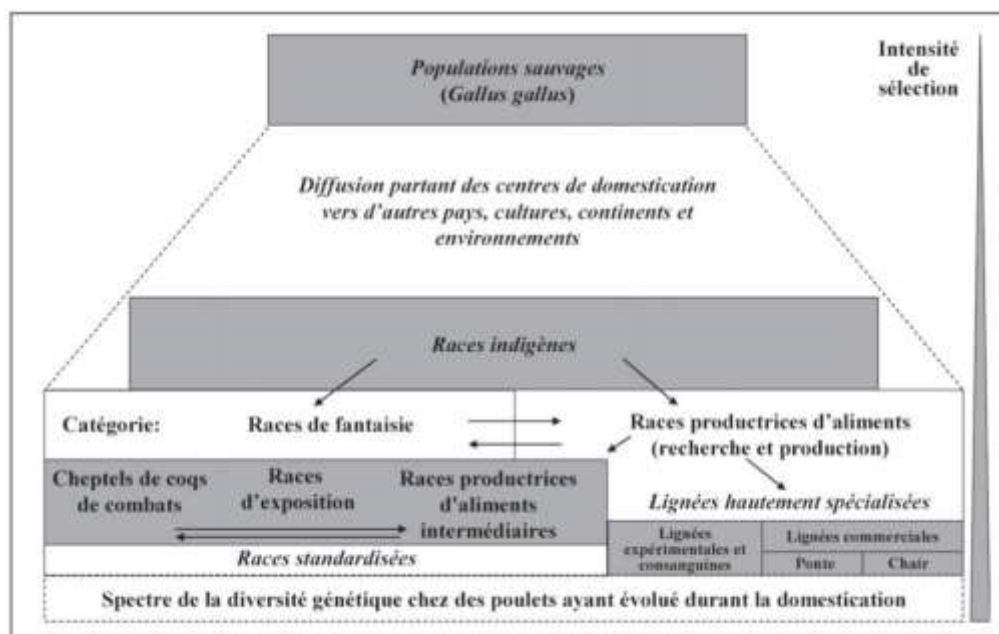
## 2.2 Diffusion et domestication

La domestication de la poule a commencé en Asie à environs 8.000 ans avant Jésus-christ. Où Sa diffusion s'est effectuée graduellement, allant de l'Est à l'Ouest et a fini par couvrir le globe, L'introduction des poules en Afrique n'est pas très documentée. En Egypte, la première représentation d'un coq remonte à 1400 ans avant J-C, mais aucune autre trace n'a pu être retrouvée jusqu'à environ 600 avant J-C. Cela pourrait s'expliquer par la diminution des échanges commerciaux avec l'Inde via la Mésopotamie (Coltherd, 1966). Puis, des restes squelettiques indiquent, de nouveau, sa présence en Egypte en 332 avant J-C, tandis que les recherches récentes en Afrique Subsaharienne situent la présence des poules en Afrique au 5<sup>ème</sup> siècle de notre ère, bien avant l'arrivée des européens (MacDonald et Edwards, 1993).

## 2.3 Evolution de la diversité génétique de la poule domestique

La diversité génétique de l'espèce *Gallus gallus domesticus*, constituée d'un ensemble de populations (Figure 1), serait le résultat d'une domestication de 7 à 8 millénaires à travers une dissémination qui fût assurée par les migrations humaines (West et Zhou, 1988). Les éleveurs ont observé et mis à profit les modifications génétiques, et par une sélection ciblée de certains types génétiques et la pression sur leur variabilité, ils ont créé une extraordinaire diversité représentée par des centaines de races de poules.

Cette variabilité concerne aussi bien les caractères extérieurs (forme physique, couleur du plumage, huppés, plumage soyeux, absence de queue, cou nu, forme naine...) que les performances de production (viande ou œufs).



**Figure 1:** Évolution de la diversité génétique de la poule domestique (Larivière et Leroy, 2008).

### 3) Types de races

#### 3.1 Races traditionnelles

En Europe, nous distinguons deux catégories : la première concerne les races destinées pour la production. Un total de 238 races traditionnelles de poulet provenant de 34 pays, d'origines différentes, a été inventorié (Larivière et Leroy, 2008). Ce sont des races pures, standardisées, généralement, à très petits effectifs et élevées dans un système nommé « en basse-cour ». La deuxième catégorie regroupe les races d'oiseaux d'ornement et des coqs combattants. Ces oiseaux représentent, ensemble, une diversité non négligeable et plusieurs pays ont mis au point des programmes pour les conserver dans des institutions de recherche.

En Afrique, Il n'existe pas de races autochtones, à proprement dit, mais des «populations» non standardisées, à plumage varié avec quelques traits communs (FAO, 2013). Elles sont très rustiques et cette qualité particulière leur permet de survivre dans les villages sans aucun soin particulier : elles peuvent vivre en divagation, sans aucune infrastructure de logement, alimentation ou abreuvement. En l'absence de tout programme de sélection, ces populations restent caractérisées par une diversité génétique considérable mais avec de faibles performances zootechniques.

### 3.2 Races reproductrices

La production d'œufs et de viande de volailles a connu une évolution spectaculaire au XX<sup>e</sup> siècle, pour aboutir à une véritable industrie avicole dans les pays développés. On distingue deux types : les lignées commerciales hautement sélectionnées et les lignées labels à croissance lente.

#### 3.2.1 Lignées Commerciales

En Europe, vers les années 50 et 60, l'utilisation des animaux croisés ou hybrides aux performances plus élevées s'est imposée en élevage de volailles de rente. La conséquence en fut forcément la séparation entre l'élevage commercial et l'élevage des races pures. Les élevages d'amateurs des races pures se consacrent au maintien de la diversité génétique et la sélection pour des caractères phénotypiques, tandis que les critères de productivité ont été exploités par les sélectionneurs industriels et les instituts de recherche (Lariviere et Leroy, 2008).

Les objectifs primordiaux de l'élevage avicole commercial sont la production des œufs et la production de viande. L'association génétique de ces deux objectifs est cependant difficile et quelque peu antagoniste, car la performance de ponte et le poids corporel présentent une corrélation génétique négative. Ce constat a conduit à une séparation complète des lignées de ponte et d'engraissement. Pour les poulets de chair, les sélectionneurs orientent la recherche vers une production de poulet jouissant d'une bonne qualité et quantité de la carcasse (Beaumont et Chapuis, 2003). Chez les poules pondeuses, les caractères relatifs à la qualité des œufs (solidité de la coquille, proportion du jaune et la recherche du poids optimum de l'œuf) ont reçu une attention soutenue (Tixier-Boichard, 1992).

#### 3.2.2 Poulets labels

Le poulet label est un poulet, amélioré aux performances intermédiaires, à plumage coloré et à croissance lente et qui est élevé sous mode extensif. Les sociétés de sélection spécialisées dans ce type de production offrent par conséquent un choix varié de combinaisons de croisements pour pouvoir moduler la vitesse de croissance. Comme les poulets extensifs «plein air» sont plus âgés à l'abattage, leur chair est plus ferme, moins grasse, de couleur plus foncée et un goût plus élevé ; ce qui justifie la préférence des consommateurs des poulets labels. Mais les contraintes de production du poulet label (coût de production très élevé comparé à celui du poulet standard) constituent des facteurs limitant pour son exploitation dans les pays en développement (Fotsa, 2008).

#### 4) Anatomie générale de la poule

L'anatomie de la poule aborde la présentation intérieure de la poule: le squelette, les organes des sens, l'appareil uro-génital, respiratoire et l'appareil digestif.

L'anatomie des poules est organisée autour de la faculté qu'ont ces oiseaux de voler: les os sont légers et l'appareil digestif court.

Le pouls de la poule est nettement plus élevé que celui des mammifères: de 240 à 340 battements par minute. La chaleur corporelle également: 41,6 °C chez le poulet.

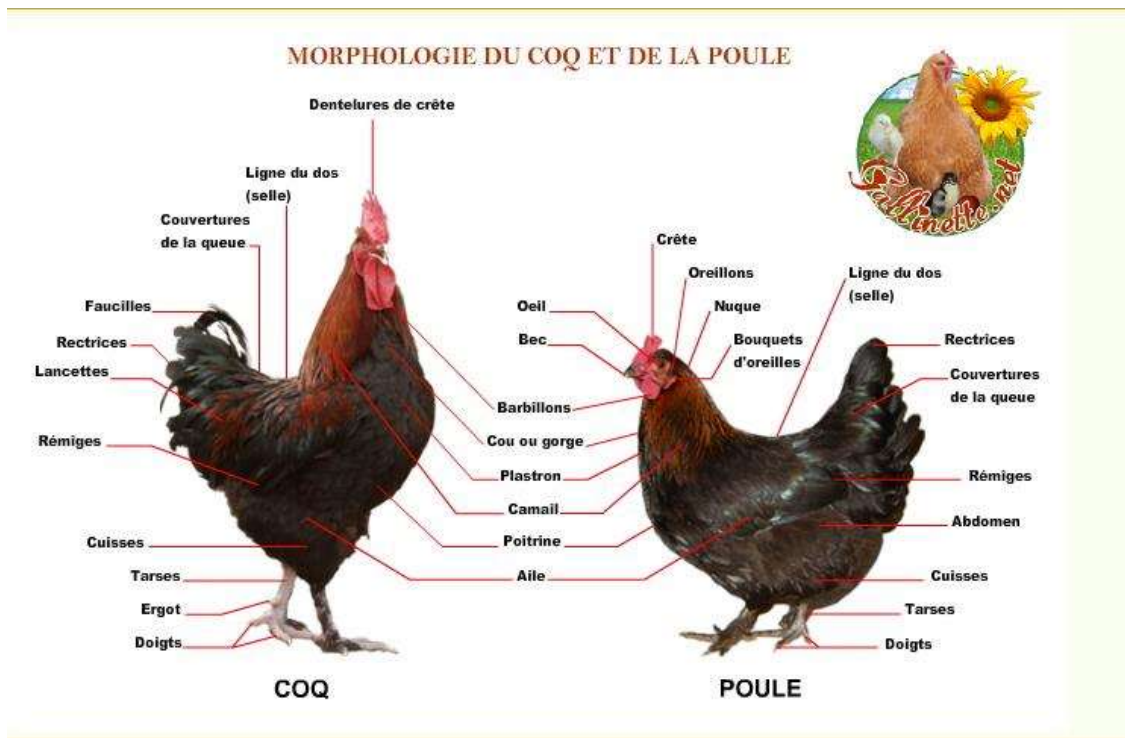


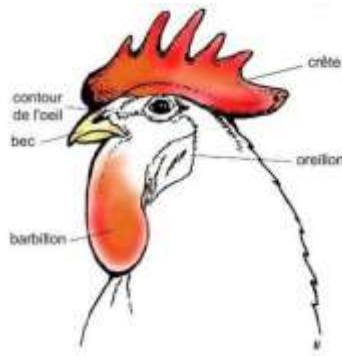
Figure 02 : Morphologie du poulet

##### 4.1) La tête :

La tête légèrement aplatie et allongée. Les yeux sont placés latéralement, ce qui limite la vision qui est d'ailleurs le sens le plus développé. La limite de la vision est jusqu'à 50 mètres de distance et 250° C (degrés) de son contour. Les principales colorations des yeux sont : l'orangées, suivi du jaune. Cependant, d'autres colorations comme le rouge, le pigment noir et le blanc sont également présentes (Keambou et al. 2007). La crête est une petite peau rouge claire posée sur le dessus de la tête, plus grande chez le coq avec ou sans dents. Certaines poules portent parfois une belle coiffe appelée huppe, parfois imposante comme un grand éventail pose au-dessus de leur tête. Chez le coq, les plumes du dos et du cou sont plus longues, une grande queue comme un éventail.

#### 4.2) Les barbillons :

Les barbillons épousent généralement la coloration de la crête (rouge, rose), avec une forme ronde ou ovale (Keambou et al. 2007).



**Figure 3 :** Morphologie de la Tête du coq (genre Gallus)

#### 4.3) Le corps :

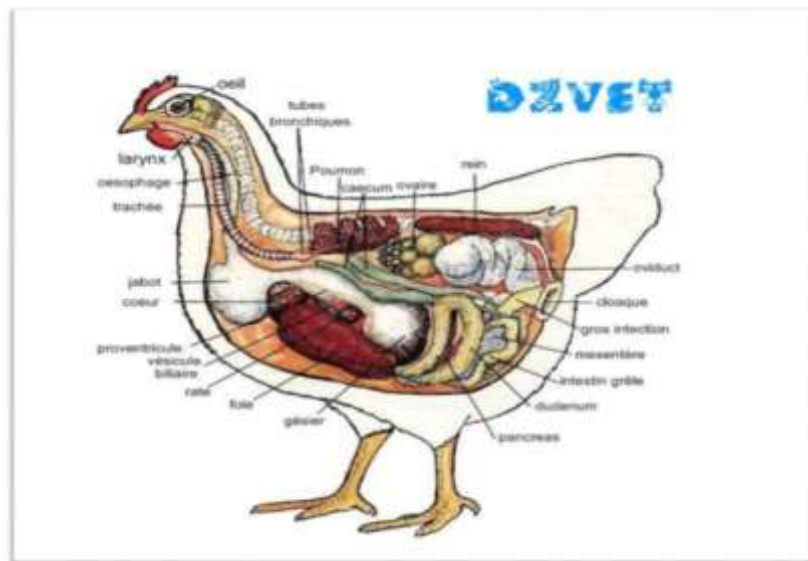
Les volailles, comme tous les oiseaux, ont deux pattes, mais également deux ailes, qui leur permettent de voler plus ou moins haut. L'anatomie est organisée autour de cette faculté: les os sont légers et l'appareil digestif court. A bien y regarder, les pattes de poules ressemblent à celles des dinosaures: elles sont recouvertes d'écailles et se finissent par de grosses griffes

(Jean- Claude, 2003). Les poulets traditionnels ont présenté une grande variété de coloration du plumage. Des plumages multicolores aussi bien que des plumages monotones sont observés et les dessins sur le plumage peuvent aussi bien être réguliers que plutôt aléatoires.

La Basse-Kabylie est relativement représentative des autres pays du Maghreb où la diversité génétique est généralement très marquée (Bessadok et al. 2003; Benabdeljelil et al. 2005; Moula et al. 2009; Moula et al. 2011).

#### 5) L'anatomie interne des poules :

Les volailles présentent de nombreuses particularités anatomiques et physiologiques par rapport aux mammifères. L'anatomie de la poule aborde la présentation intérieure de la poule: le squelette, les organes des sens, l'appareil uro-génital, respiratoire et l'appareil digestif. Ceci permettra de bien comprendre le processus de la ponte, la fécondation et la couvaison décrits dans La figure suivante.



**Figure 4 :** Anatomie des organes internes de la poule

### 5.1 Le squelette :

Le squelette de l'oiseau est pneumatisé (pour aider à la légèreté de l'oiseau), De nombreux os sont creux et en relation des sacs aériens de l'appareil respiratoire. Le bec est conçu pour couper l'air. Les muscles sont lourds (jusqu'à 1/5 du poids de l'oiseau), mais ils jouent un très grand rôle dans le vol.

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 5:** Squelette de la poule (genre Gallus)

## 5.2 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 bec et, en même temps, un avion en altitude.

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.

## 5.3 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 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.

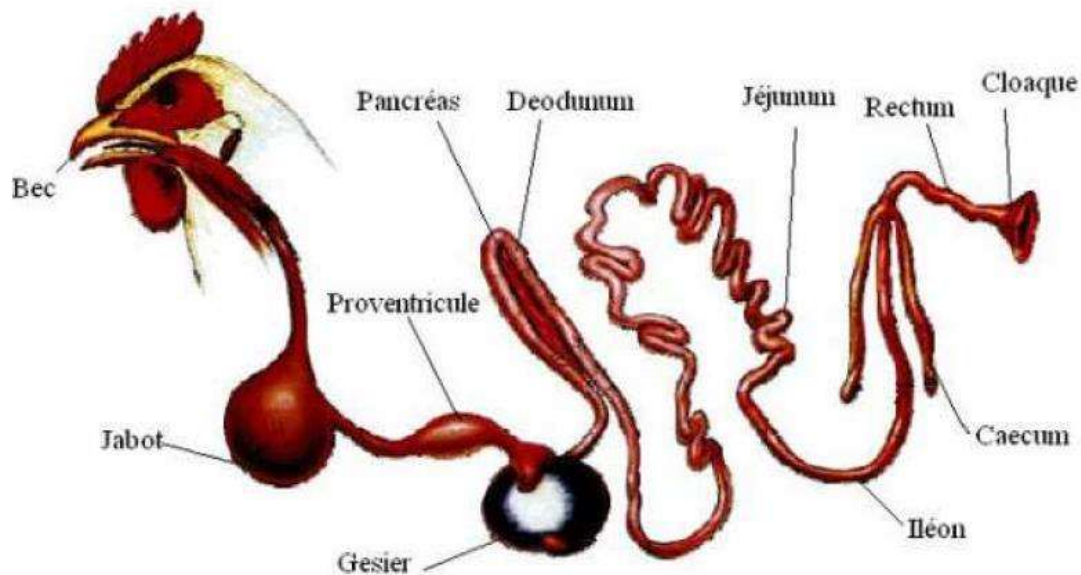
Là où l'intestin grêle et le gros intestin se rejoignent, on retrouve 2 culs-de-sac, les caecums.

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 en comparaison avec un bœuf par exemple ou un porc.



**Figure 6** : Tractus digestif du poulet

### 6) Anatomie du bec

Un bec, au sens strict, est une structure anatomique externe qui permet la prise alimentaire et donc la nutrition chez les oiseaux. Mais 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

Le bec de l'oiseau s'apparente à la bouche du mammifère mais est dépourvu de dent et recouvert de corne qui repousse au fur et à mesure de son usure.

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.

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

- **La maxille**

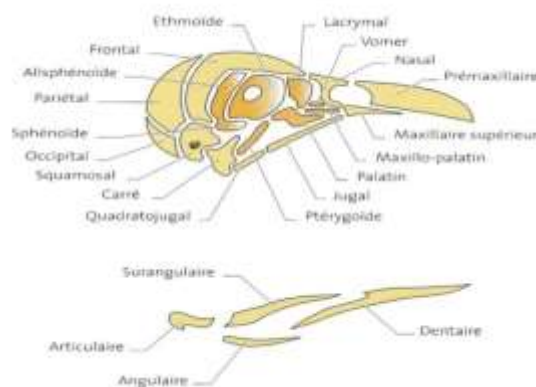
Le squelette de la maxille est constitué principalement de l'os prémaxillaire. Il est recouvert d'une production cornée : la rhinothèque. Qui peut être simple (formée d'une seule pièce par mandibule) : c'est le cas le plus fréquent, ou composée (formée de plusieurs pièces) : procellariiformes, Péléciformes, Alciformes, et Labbes.

La maxille est perforée de deux narines qui sont protégées par un opercule chez la Poule et le Pigeon, par des plumes raides chez le Canari. Chez la Perruche et les Rapaces diurnes, les narines sont incluses dans une production charnue et lisse : la cire.

La maxille est légèrement mobile par rapport au crâne chez tous les oiseaux mais surtout chez les Canaris, les Perroquets et les Perruches (ALAMARGOT. J 1982).

- **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

### 6.1 Forme du bec et l'adaptation au régime alimentaire :

Au fil du temps, les espèces ont développé un certain nombre de caractères physiques leur permettant de survivre dans différents milieux, c'est ce qu'on appelle l'adaptation.

Adaptation sur le plan alimentaire, sur le plan de la locomotion, du milieu de vie, des relations prédatrices et proie, en bref, nous observerons les stratégies évolutives qui leur ont permis d'être présents dans tous les milieux aujourd'hui.

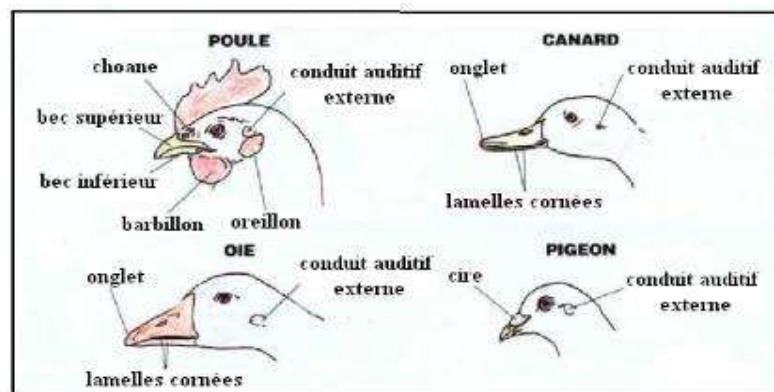
Une adaptation est une caractéristique physique ou comportementale qui permet à une espèce animale ou végétale de survivre dans son milieu.

L'une des plus remarquables adaptations physiques chez les animaux est la forme du bec chez les oiseaux.

Le bec est utilisé essentiellement pour la préhension des aliments, il offre une grande diversité de formes dans la classe des oiseaux qui est traduit avant tout le reflet d'une adaptation à un régime alimentaire particulier.

C'est pourquoi la forme du bec est un des éléments importants utilisés pour la classification scientifique ou taxonomie des oiseaux.

Le bec lamellé du Canard lui permet de filtrer la vase. Le bec cylindrique et très long de la Bécasse lui permet de rechercher des vers et les larves dans le sol. Les becs forts et coniques (Poules, Dindons, Canaris, etc....) sont les moins spécialisés mais témoignent plutôt d'un régime granivore.



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

L'alimentation varie selon les espèces, dépendant de ce que l'habitat a à offrir. Question de survie, la forme du bec est adaptée au régime alimentaire de l'oiseau et à sa façon de manger; c'est une adaptation morphologique.

Les oiseaux en général ont un type de nourriture bien précis, mais Sont aussi capables d'adapter leur régime alimentaire aux modifications de leur environnement.

## 6.2 Rôle du bec dans le comportement alimentaire

Le jeune poussin doit, dans un premier temps, localiser et identifier ce qu'est « l'aliment » sans l'aide de ses parents. Ceci se fait au moyen du bec, qui reste fermé et joue ainsi un rôle explorateur (Rogers 1995). La recherche de l'aliment chez les volailles est un mécanisme complexe ; elle ne se réduit pas à une identification visuelle, mais implique différents types de récepteurs sensoriels. Ainsi, chez le jeune poulet, l'olfaction est une voie majeure de détection et d'identification de l'aliment (Turro et al1994). En revanche, le sens du goût semble relativement limité chez les volailles (Kuenzel 1989). Ces trois canaux

sensoriels (vision, olfaction, gustation) interviennent dans le comportement exploratoire des volailles et complètent le rôle de palpation tactile du bec. Lorsque le jeune poussin a localisé l'aliment, le bec a pour fonction principale de saisir et de manipuler les particules alimentaires pour les ingérer.

Les décharges neurales spontanées du nerf trijumeau suggèrent que de telles modifications du comportement sont indicatrices de douleur (Gentle et Breward 1986).

Le débecquage a donc bien un effet préjudiciable pour les volailles (Duncan et al1989). En effet, des changements comportementaux tels que la diminution d'activités impliquant le bec et l'augmentation de l'inactivité, particulièrement pendant la première semaine après l'opération, suggèrent que les animaux souffrent. La douleur peut s'estomper au bout de 3 à 5 semaines, mais un certain inconfort va cependant subsister qui se traduit globalement par de l'inactivité.

Le débecquage modifie le comportement alimentaire, mais affecte également d'autres comportements impliquant le bec, comme la prise de boisson, le toilettage et la confection du nid (Gentle 1986).

Le débecquage réduit le picage des plumes chez les volailles. Dans des élevages de poules en batterie, le picage des plumes correspond à un comportement redirigé de picage du sol

(Blokhuis 1986). Lorsque des poules élevées sur de la litière sont ébecquées à 45 jours, le débecquage réduit le niveau moyen de picage des plumes et le picorage d'objets non comestibles au cours de la période d'élevage des poulettes. D'autre part les oiseaux élevés en croissance sur un sol grillagé montrent, pendant la période de ponte, une fréquence plus importante de picage des plumes (Blokhuis et Van der Haar 1989).

A plus long terme, la principale conséquence du débecquage est une augmentation du temps passé par l'animal à rester debout sans réaliser aucune activité ou à rester couché (Duncan et al1989). Cependant, l'inactivité des poules débecquées pourrait être considérée comme représentant une situation « normale » alors que l'activité importante des animaux non débecqués représenterait une situation de confrontations sociales (Eskeland 1977). Les effets sociaux discutables du débecquage à moyen terme, ne doivent pas faire oublier qu'il y a, au moins à court terme, la douleur induite par l'ablation d'une partie du bec (Duncan et al1989).

### 6.3 Conséquences zootechniques du débecquage

L'effet du débecquage sur la consommation alimentaire est variable. Dans certains cas, l'ablation d'une partie du bec ne diminue pas la prise de nourriture chez le poulet domestique

(Bray et al1960). Cependant, dans de nombreux cas, le débecquage a pour effet une diminution de la prise alimentaire par les volailles (Blokhuys et al1987, Deaton et al 1988, Duncan et al1989).

Ainsi, des poulets de chair âgés de 50 jours dont la moitié inférieure et supérieure du bec a été enlevée diminuent leur consommation alimentaire et leur gain de poids par rapport aux animaux témoins non débecqués, cette diminution étant plus marquée lorsque l'aliment est présenté sous forme de granulé (Deaton et al1988). A court terme, le temps passé à manger diminue après le débecquage, mais retrouve une valeur normale au bout de 5 semaines (Duncan et al1989). Une telle baisse de prise d'aliment, même si elle est compensée à long terme, s'accompagne d'une perte de poids significative pour les poules débecquées (Blokhuys et al1987)

Trois explications peuvent être proposées pour expliquer une diminution de la consommation alimentaire :

- chez les poules débecquées, le picorage n'est pas toujours suivi d'une «récompense », c'est-à-dire la préhension de particules alimentaires. Ceci a pour conséquence une inhibition (ou une moindre satisfaction) de la prise de nourriture;
- le débecquage a un effet spécifique sur la réduction de la motivation à la prise de nourriture ;
- le débecquage provoque une gêne ou une douleur qui diminue ainsi l'utilisation de l'extrémité du bec.

Le débecquage diminue l'activité alimentaire, mais également l'efficacité de la prise de nourriture (nombre de coups de bec par gramme de nourriture ingérée) par rapport au niveau normal (de 20 % selon Gentle 1986), ce qu'a confirmé une étude effectuée à la station expérimentale de Sourches (Mason et al1995).

## 7) Processus de sélection des souches de poules

L'établissement d'un élevage afin de produire de la viande et des œufs est un processus extrêmement complexe nécessitant une sélection précise de nombreux caractères de lignées de poules afin de s'assurer que le produit final de croisement des volailles ait requis toutes les qualités recherchées (Pym, 2013c).

Plusieurs facteurs doivent être pris en considération avant la sélection des souches de poules si c'est pour la production de viande, des œufs ou les deux à la fois.

Bien que toutes les souches de poules descendent du Red Jungle Fowl du sud-est asiatique, des générations de sélections génétiques ont permis le développement des races de caractères spécifiques (Jacob et Pescatore, 2012).

À la maturation, le poids du Red Jungle Fowl est d'environ 1Kg et les femelles peuvent pondre entre 10 et 12 œufs par cycle de ponte. La sélection génétique a permis aux races de poules d'obtenir une bonne production de viande allant jusqu'à 3Kg, et une bonne production des œufs pouvant même dépasser 300 œufs/an (Jacob et Pescatore, 2012).

### 7.1 Objectifs de la sélection chez les volailles

#### 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 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)

### **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 ;

\* 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).

## 7.2 Types ou modes de sélection des volailles

L'histoire de la sélection montre une évolution du simple au complexe, du subjectif à l'objectif mathématique (Boyer, 1952). Durant les premiers élevages effectués, la sélection était basée sur les performances des sujets, autrement dit sur les caractères phénotypiques (Wolc, 2014). Virgile rapporte que les Romains choisissaient pour semences leurs grains les plus lourds. C'est donc sur le phénotype que les premiers essais de sélection ont été réalisés (Boyer, 1952). Cette méthode est efficace pour les caractères à haute héritabilité et qui sont présents chez tous les sujets sélectionnés (par exemple, le poids du corps). Cependant, cette méthode n'est pas utilisée pour les caractères limités au sexe tels que la production des œufs et leur qualité ; et elle est moins efficace pour les caractères à faible héritabilité (par exemple, la résistance aux maladies) (Wolc, 2014). Mais la poule étant naturellement destinée à pondre des œufs et à fournir de la chair à l'homme qui cherche toujours les moyens de reconnaître l'animal productif à certains signes extérieurs.

L'introduction du nid-trappe et de la statistique a permis ensuite un progrès considérable de l'aviculture, allant de pair d'ailleurs avec le perfectionnement de techniques d'élevage telles que l'alimentation et l'habitat. Mais l'outil génétique et statistique devait permettre une compréhension et un développement plus grand encore de la production, en ne jugeant plus l'animal sur ses propres performances, mais aussi sur son patrimoine héréditaire, garantie plus valable de l'excellence de sa progéniture (Boyer, 1952).

### **Sélection massale**

La sélection massale est une méthode de sélection phénotypique où l'individu est jugé sur son extérieur, son standard, sa conformation, sa production, enfin sur des corrélations phénotype génotype. Cette méthode est donc extrêmement simple; mais elle s'avère insuffisante du fait qu'elle ne tire aucun parti de notions relativement sommaires de génétique et de statistique (Boyer, 1952).

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 alors que, dans le cas d'un caractère dominant, ou faiblement héritable, son efficience restera limitée (Boyer, 1952).

Les premiers éleveurs comptaient uniquement sur la sélection massale basée sur les caractères propres à l'individu. Le principal objectif des éleveurs à l'époque était de produire des animaux à croissance rapide, ils ont donc choisi le poids du corps comme critère en sélectionnant les mâles et les femelles les plus lourds. Ils ont par la suite trouvé que le poids du corps est modérément héréditaire et il est de 20 à 40% génétiquement contrôlé. Bien que, ce processus de sélection a aidé à augmenter les performances des poulets à travers les générations (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).

### **Sélection génomique**

L'incorporation de la technologie génomique dans le programme d'élevage de la volaille commerciale a permis aux éleveurs actuels qui comptent toujours sur la sélection massale de s'investir dans la recherche génomique (Elfick, 2006).

Les évaluations génomiques utilisent trois types d'informations : généalogies, performances (phénotypes) et génotypes. À partir d'une population de référence suffisamment grande, constituée d'individus disposant à la fois des phénotypes d'intérêt et des génotypes aux marqueurs génétiques, ont établies les relations entre phénotypes et marqueurs. Ces relations sont ensuite extrapolées pour prédire la valeur génétique des sujets à la sélection, sur la base de leur génotype aux marqueurs, bien avant qu'ils ne disposent de performance (Brochard et Boichard, 2012).

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 (Wolc 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...) (Wolc et al, 2015).

L'amélioration génétique des animaux domestiques a abouti, chez toutes les espèces, à la création de souches ou lignées caractérisées quant à leurs aptitudes zootechniques.

Mais l'évolution moderne tend à ne conserver que les plus performantes d'entre elles qui sont alors très largement utilisées au détriment de toutes les autres. La crainte d'une disparition pure et simple de ces dernières, c'est à dire la perte d'une part importante de la variabilité génétique, a poussé de nombreux scientifiques à insister pour qu'une action de conservation de ce patrimoine soit entreprise (Ricard et Petitjean, 1988).

### 1) De la morphométrie « traditionnelle » à la morphométrie géométrique

#### 1.1 Morphométrie « traditionnelle » : inconvénients et limites

Le terme de « morphométrie » vient du grec ancien où « morphê » signifie la forme, et « metron », la mesure.

La morphométrie « traditionnelle » se base 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.

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.

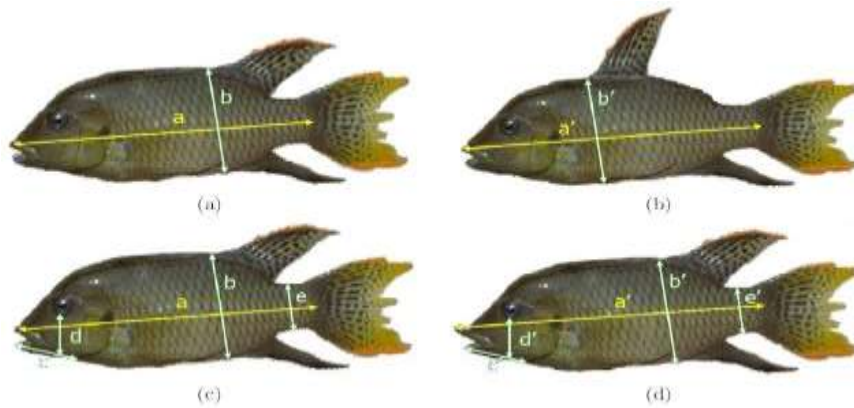
Tout d'abord, les distances mesurées sont fortement corrélées à la taille des individus, elles nécessitent une correction. L'utilisation de rapports de distances (indices) permet de « Gommer » la différence d'échelles entre deux objets, mais entraînera nécessairement des imprécisions importantes.

De plus, deux objets de formes complètement différentes, peuvent présenter des distances linéaires ou des indices identiques (hauteur, largeur,...).

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 (Perrard, 2012).



**Figure 9:** Les variables de taille peuvent être un modèle de forme insuffisant comme indiqué en (a) et (b).  $a = a'$ ,  $b = b'$  qui mènerait à la conclusion que les formes sont égales. Les ratios de longueur peuvent être utilisés comme indiqué en (c) et (b) le problème est qu'un  $a \neq a'$  et les longueurs sont comparées  $b/a \neq b'/a'$ ,  $c/a \neq c'/a'$ ,  $d/a \neq d'/a'$ ,  $e/a \neq e'/a'$  Les formes sont complètement différentes même si  $b = b'$ ,  $c = c'$ ,  $d = d'$ ,  $e = e'$  (d'après Adriaens, 2005).

## 1.2 Evolution vers la morphométrie géométrique

Les pionniers de la morphométrie géométrique (MG) sont les statisticiens Kendall Bookstein, vers la fin des années 70.

Bookstein parlera d'une « révolution de la quantification », qui a conduit à la naissance de la morphométrie géométrique, dont il donne cette définition : « la morphométrie repose sur l'analyse des variations de forme et de leur covariation avec d'autres variables ».

A l'instar de la morphométrie « traditionnelle », dont elle dérive, la morphométrie géométrique est utilisée en biologie comparative. Elle permet d'étudier les variations morphologiques entre les espèces.

Ses objectifs sont d'une part, d'identifier les homologues ou les variations morphologiques entre différentes espèces, d'autre part de déterminer la phylogénie des espèces étudiées, c'est-à-dire d'établir les relations de parenté entre ces espèces. Leur connaissance permet de mieux comprendre l'évolution à partir d'un ancêtre commun.

Cependant, à la différence de la morphométrie « traditionnelle », la MG va considérer forme, indépendamment de la taille de l'objet d'étude et va s'attacher à « conformation géométrique » d'un objet (Kendall et al, 1999).

## 2) Principaux concepts de morphométrie géométrique

### 2.1 Notion de « conformation géométrique »

L'équation de Needham donne une définition synthétique de la conformation géométrique d'un objet : « forme = taille + conformation ». Elle définit donc la forme d'un objet comme l'association de sa taille (ou l'échelle de l'objet), et de sa conformation géométrique.

Ainsi, la conformation géométrique correspond à la forme de l'objet, indépendamment de sa taille (conformation = forme – taille). Cette équation peut se vérifier, par la reconnaissance intuitive d'un objet (sa conformation géométrique) dans une représentation qui n'est ni à la même échelle, ni dans la même orientation que l'original.

C'est cette même conformation géométrique que la MG vise à quantifier.

En MG, la conformation géométrique d'un objet peut être décrite par différents moyens : surfaces, courbes de contour, ou points-repères. La technique des points-repères est la plus utilisée, la conformation géométrique est alors décrite par les coordonnées des points- repères, et reste indépendante de la taille, de la rotation et de la localisation de l'objet (Bookstein, 1991).

### 2.2 Points-repères

Les points-repères (ou « landmarks ») choisis sur un objet sont nécessaires à la description de sa conformation géométrique, lors d'une étude de MG.

Il s'agit de points précis et homologues, c'est-à-dire repérables de façon certaine sur l'ensemble des individus comparés dans l'échantillon.

Bookstein (1991) distingue trois types de points-repères nommés type I, type II, et type III (Figure 1, page suivante).

- Point-repère de type I : point situé à l'intersection de différents tissus ou éléments architecturaux ; l'homologie est certaine.

Exemple : le bregma, qui est un point du crâne situé à l'intersection de l'os frontal, et des deux os pariétaux.

- Point-repère de type II : point situé à l'extrémité d'un même tissu ou d'une structure (ex : maximum de courbure) ; l'homologie qui repose seulement sur la géométrie de l'environnement anatomique est discutable.

Exemple : le basion, qui est un point crânien situé dans la région bordant le foramen magnum.

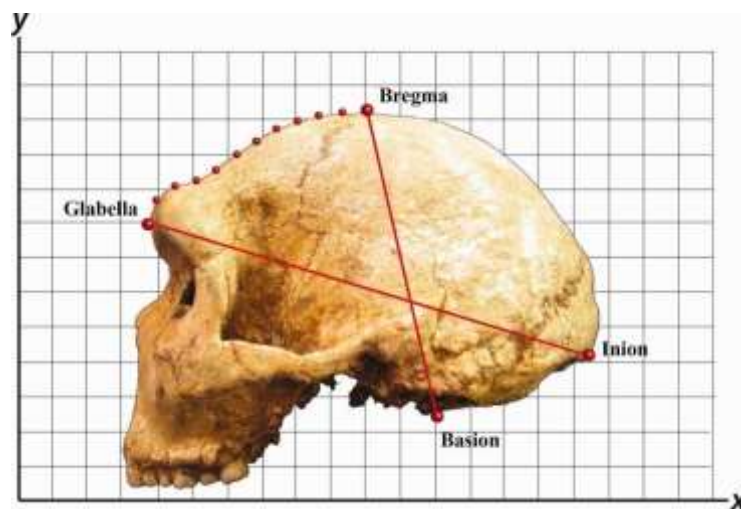
- Point-repère de type III : point construit par l'expérimentateur, situé à distance d'un élément anatomique repérable ; l'homologie est très incertaine.

**Exemple :** la glabella qui est définie comme le point le plus antérieur, passant par la ligne médiane de l'os frontal (lorsque le crâne est orienté selon le plan de Francfort).

Ainsi, une étude de morphométrie géométrique fiable (qui permet une bonne comparaison des conformations géométriques), devra utiliser un maximum de points repères de type I.

### 2.3 Points glissants

Dans certaines situations, par exemple pour l'étude d'une région anatomique dépourvue de points-repères identifiables et précis, l'utilisation des points-repères peut s'avérer insuffisante. L'expérimentateur aura alors recours aux points glissants (ou « sliding semilandmarks »).



**Figure 10 :** Localisation des quatre principaux points-repères du crâne humain (d'après Baab et al. 2012)

Les points glissants sont une série de points ordonnés. Un ensemble de points glissants désigne une zone, un contour, ou une surface, et la comparaison d'objets de formes différentes passe par la recherche d'homologies entre deux ensembles de points glissants. Ils se distinguent d'un point-repère qui désigne un point précis, et qui est comparé individuellement à un autre point-repère homologue.

Avec les points glissants, c'est une homologie de structure ou de surface globale de l'objet qui est étudiée.

### 3) 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.

#### 3.1 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 :

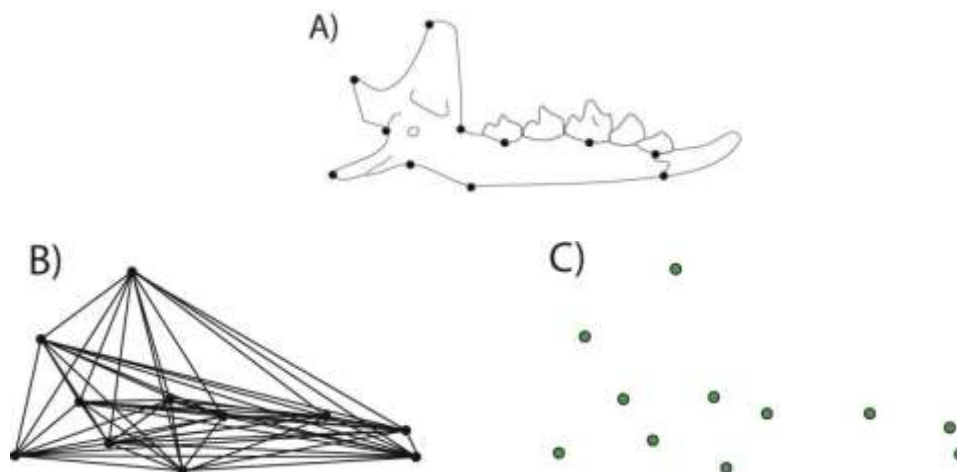
La MG permet de séparer mathématiquement les variations de forme, des variations de taille, d'orientation et de position. Ce paramètre de taille est isolé par la superposition Procruste, qui est une méthode d'alignement des conformations géométriques.

- ✓ 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 (Figure 11).



**Figure 11** : Description en 2D de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne, avec 11 points-repères (d'après Perrard, 2012).

*A : Position des points repères.*

*B : Description par les 66 distances.*

*C : Description par les 22 coordonnées des points-repères.*

Pour augmenter la précision, il est possible de rajouter 6 points-repères (pour arriver à 11 points-repères) ; il faut alors 66 distances pour arriver à une description morphométrique de précision comparable.

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

### 4) **Grandes étapes de la MG**

#### 4.1 **Collecte des données**

Comme nous l'avons vu précédemment, 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).

##### 4.1.1 **Collecte des données en 2D**

Il est possible d'utiliser des points-repères décrits par des coordonnées à deux dimensions. Leur recueil nécessite la conservation d'une même orientation des objets, et la transposition de leur forme tridimensionnelle en 2D. Ces coordonnées peuvent donc être collectées sur images photographiques ou radiographiques, grâce à un logiciel comme le tpsDIG®. Cependant cette transposition d'objets 3D en 2D implique une importante perte d'information, qualitative et quantitative : elle est donc mal adaptée à la biologie comparative exploitant des objets 3D de forme complexe.

##### 4.1.2 **Collecte des données en 3D**

L'analyse en 3D nécessite d'utiliser des points-repères décrits selon les axes  $x, y, z$ . Il existe différents systèmes d'acquisition, tels que lasers, bras tactiles, ...

Parmi les systèmes d'acquisition par contact, le convertisseur Microscribe® consiste en un bras articulé pourvu d'un stylet. Son extrémité est positionnée sur un point-repère de la

surface à étudier, permettant au système d'acquisition de calculer les coordonnées de ce point dans un référentiel donné.

Les systèmes d'enregistrement à distance (laser, caméra optique, ...) permettent une reconstitution 3D d'une surface virtuelle. La collecte des coordonnées de chaque point- repère est alors réalisée par un logiciel spécialisé, tel que Landmark Editor® ou Avizo®.

### 4.1.3 Exemple de collecte de données (Figure 12)

En 2013, Peter J. et al. ont appliqué la technique de morphométrie géométrique basée sur des repères pour étudier les différences de formes de corps écologiquement dépendantes dans un organisme modèle évolutif bien étudié, le poisson épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) : Les épinoches benthiques et planctonopodes de Cook Inlet, en Alaska,



**Figure 12:** Arrangement de repères. Image latérale du poisson épinoche avec des points de repère.

## 4.2 Technique d'alignement des conformations géométriques ou superposition Procruste

### 4.2.1 Principes

Contrairement aux distances utilisées en morphométrie « traditionnelle », 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.

La conformation géométrique d'un objet étant définie par l'ensemble des coordonnées relatives entre les différents points-repères, il faudra, pour pouvoir comparer différentes conformations, les placer dans un même référentiel.

Cette étape est celle de l'uniformisation du référentiel, ou de l'alignement des conformations.

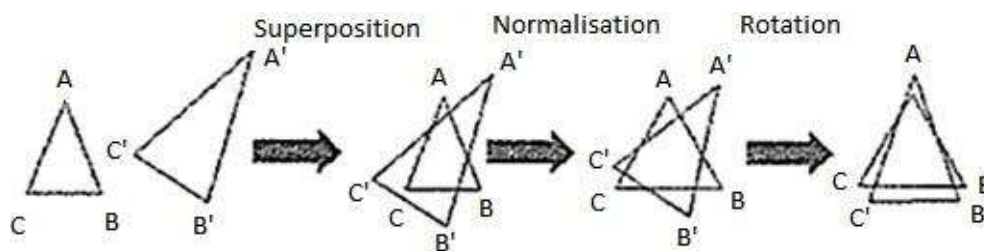
Cette méthode nécessite de s'extraire du référentiel initial d'acquisition des données. Les conformations ne sont pas modifiées lors de cette étape, mais les coordonnées finales des points-repères après superposition sont recalculées.

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. Elle tient son nom de la mythologie :

Procruste était un aubergiste qui étirait ou raccourcissait ses hôtes, pour qu'ils aient toujours la taille correspondante aux lits dont il disposait ; la méthode Procruste se veut être le reflet de cette conception mythologique (Evin et al, 2008).

### 4.2.2 Etapes

La GPA se compose de trois étapes, comme l'illustre la figure 13.



**Figure 13 :** Les étapes de la superposition Procruste (d'après Evin et al. 2008)

La première étape de « superposition » est une translation qui va aboutir au centrage de toutes les conformations sur leur centre de gravité ou « centroïde ».

Le « centroïde », ou « position centroïde » correspond à la moyenne des coordonnées des différents points-repères constituant une configuration. Il peut être assimilé au centre de gravité de la conformation.

Puis, la deuxième étape est la « normalisation », qui vise à une mise à l'échelle de toutes les conformations, en utilisant la « taille centroïde » comme unité de taille (isométrie). La taille centroïde (CS) est la mesure de taille la plus utilisée en morphométrie géométrique. Elle correspond mathématiquement à :  $\sqrt{\sum \text{distances} [\text{point repère centroïde}]}$ . Enfin, la troisième étape est un « ajustement généralisé » qui vise à l'alignement de toutes les conformations, par rotation.

Il s'agit, plus précisément, d'un ajustement généralisé selon les moindres carrés (ou GLS = Generalized Least-Squares), car c'est le seul type d'ajustement qui permette ensuite une analyse statistique fiable. Le but de cette étape de superposition est de minimiser la somme des carrés des distances entre tous les points-repères homologues des différents objets, et vise donc à ajuster au mieux les différents objets entre eux, afin de mieux pouvoir les comparer.

Cet ajustement généralisé consiste en fait en la rotation d'un objet par rapport à l'autre, ou à la rotation de tous les objets par rapport à un objet consensus, et l'angle de rotation dépend du critère des moindres carrés.

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.

### **4.3 Analyse statistique et représentation graphique**

#### **4.3.1 Outils statistiques**

La morphométrie géométrique nécessite l'utilisation de différents outils statistiques, dont les quatre principaux sont : l'analyse en composantes principales (ACP), la méthode des

plaques minces (« thin-plate spline » ou TPS), et l'analyse quadratique discriminante (QDA) généralement associée à la probabilité postérieure (P post).

L'analyse en composantes principales (« Principal Component Analysis ») est un outil statistique permettant de passer d'un grand nombre de variables, à quelques variables nommées « composantes principales » (CPs), afin de simplifier l'analyse des données. Il s'agit de transformer des variables liées entre elles (dites "corrélées" en statistique) en nouvelles variables décorréelées les unes des autres. Les CPs sont donc des constructions purement statistiques, qui ne correspondent à aucun caractère biologique.

La ACP est l'analyse statistique la plus utilisée en MG, bien qu'elle soit parfois remplacée par des analyses de variance (ANOVA), des analyses de variance multidimensionnelle (MANOVA), ou des analyses factorielles discriminantes (AFD). L'ANOVA est un test statistique de variance à un seul facteur, permettant de vérifier que plusieurs échantillons sont bien issus de la même population.

La MANOVA est également une analyse de variance, mais à plusieurs facteurs. Enfin, l'AFD est une autre méthode statistique qui permet d'attribuer un objet à un groupe, en fonction de ses caractéristiques physiques. Appliquée à la paléontologie, elle permet d'attribuer un fossile donné à une espèce, en fonction de sa forme.

D'autre part, Bookstein (1991) a proposé l'utilisation de la fonction statistique TPS ou «thin- plate spline » (ou méthode des plaques minces) en association avec la méthode des points- repères, qui permet une représentation graphique des différences de forme entre deux configurations, au travers de grilles de déformation.

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.

Enfin, à l'issue d'une étude de MG, la véracité des résultats doit être vérifiée par une autre analyse statistique. Pour cela, la méthode d'analyse discriminante prédictive (QDA) associée à la probabilité postérieure (P post) est la plus utilisée.

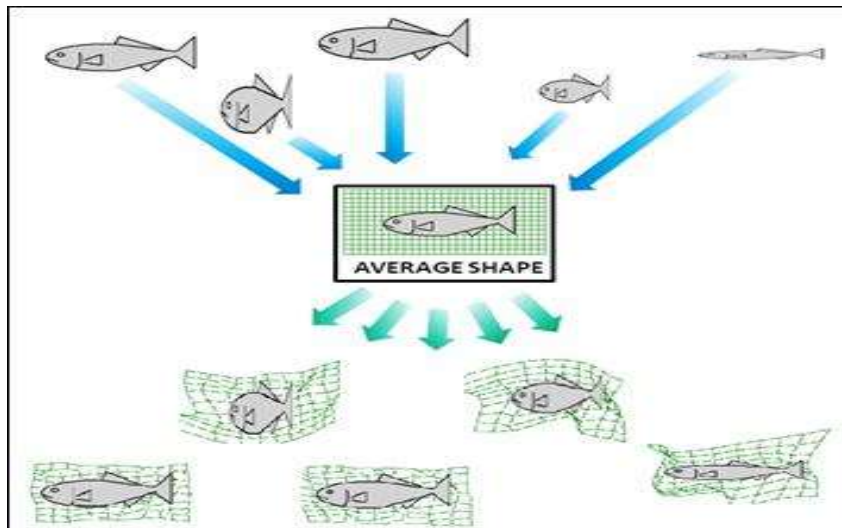
La QDA est une méthode d'analyse discriminante prédictive, qui permet de déterminer l'appartenance d'un individu à une classe, à partir de ses caractéristiques.

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.

### 4.3.2 Représentation graphique

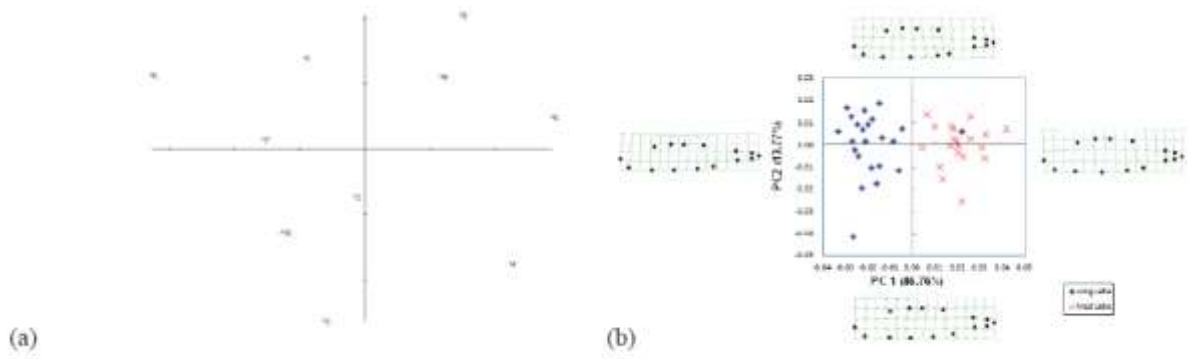
La représentation graphique des résultats d'une étude de MG est dans la majorité des cas, un graphique à deux axes, associé à des grilles de déformations TPS (Figure 14).



**Figure 14** : des grilles de déformations

Le graphique possède deux axes (abscisses et des ordonnées). 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.

Plus deux formes sont différentes entre elles, plus les deux points les représentant seront éloignés dans l'espace.



**Figure 15** : illustration des résultats de comparaison des échantillons lacustres de l'épinoche.

(a) ACP non éditée de formes de corps. Tracer le tracé spatial généré par Tps\_Relative Warps en utilisant un échantillon de dix spécimens. Chaque cercle est la forme du corps d'un spécimen.

(b) ACP modifiée de formes de corps.

Formez le tracé d'espace généré avec Microsoft® Excel en utilisant les données sauvegardées à partir de Tps\_Relative Warps. Chaque symbole de la placette indique un spécimen. ◇ (bleu), Long Lake; X (rouge), Mud Lake. CP indique le composant principal et les pourcentages dans les étiquettes d'axe indiquent la quantité de variation prise en compte par chaque axe.

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.

Les axes du graphique correspondent à deux composantes principales. Ce sont les deux CPs 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.

Les résultats de cette étude (figure 15) montrent que les épinoches benthiques et



## CHAPITRE II GÉNÉRALITÉS SUR LA MORPHOLOGIE GÉOMÉTRIQUE

planctonopodes sont extrêmement divergentes en ce qui concerne le comportement alimentaire et la morphologie, ce qui rend chaque type bien adapté à leur habitat naturel.

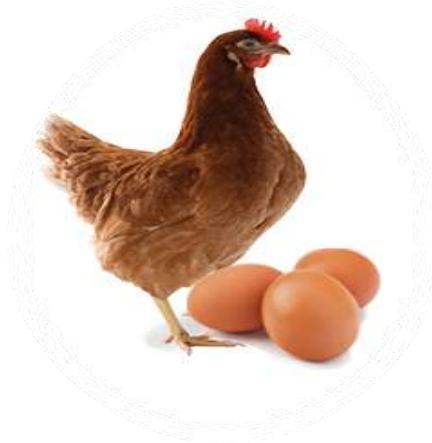
## 1) Matériel biologique

Cette étude a été réalisée au niveau d'un investisseur agricole privé situé à la commune de El guettar, la wilaya de Relizane.

Investisseur contient 12000 poules pondeuse (ISA BROWN).

### 4.4 Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué durant la période mai 2019. Au total 100 poules pondeuses (ISA BROWN) (Figure 16).



**Figure 16** : Souches étudiées (ISA BROWN)

### 4.5 Prise des photos numériques et traitement des images.

Des photos numériques de haute résolution ont été prises sur le bec de chaque poulet à l'aide d'un appareil photo de téléphone portable type Samsung. La tête de chaque poulet a été déposée sur un papier blanc numéroté sur lequel on dépose une règle graduée (Figure 17).

Les photographies du côté latéral du bec de chaque poulet ont été réalisées à la même distance. La tête des oiseaux doit toujours être maintenue dans la même direction (voire le même angle de capture).



**Figure 17:** photo de la tête du poulet N° 01 de la souche ISA BROWN.

## 5) 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.

### 5.1 Préparations des données

#### 5.1.1 Organisation des dossiers

Parmi les 100 spécimens, 100 (ISA BROWN) ont été inclus pour les analyses morpho-géométriques. Les becs endommagés ou déformés ont été éliminés.

#### 5.1.2 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.



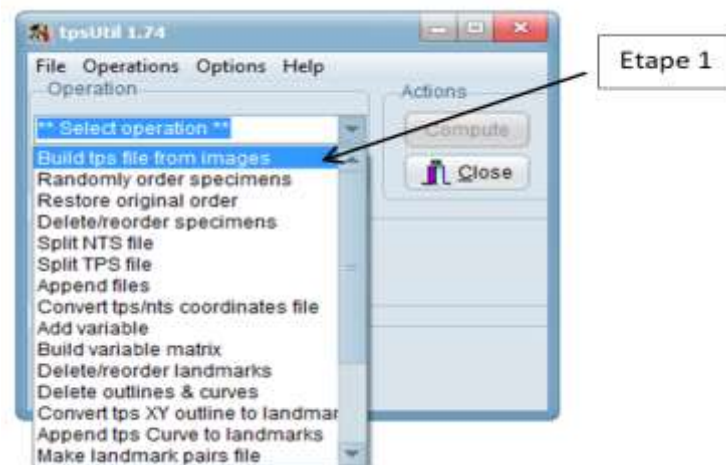
**Figure 18 :** Dossier contenant toutes les images à analyser.

2. Après ouverture du logiciel tpsUtil, une fenêtre s'affiche (Figure 18).



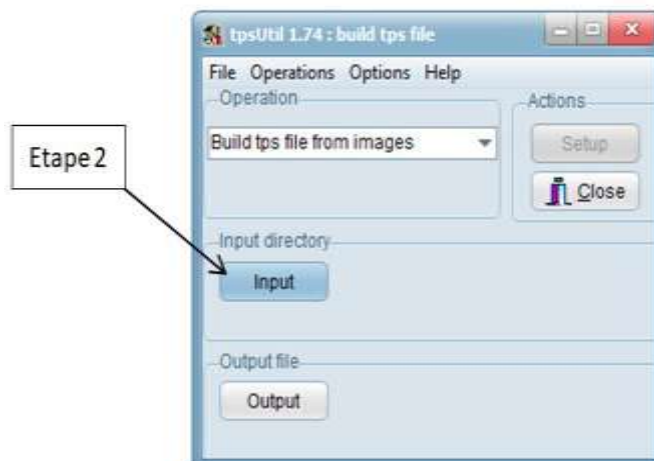
**Figure 19 :** la fenêtre principale du logiciel TpsUtil,

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



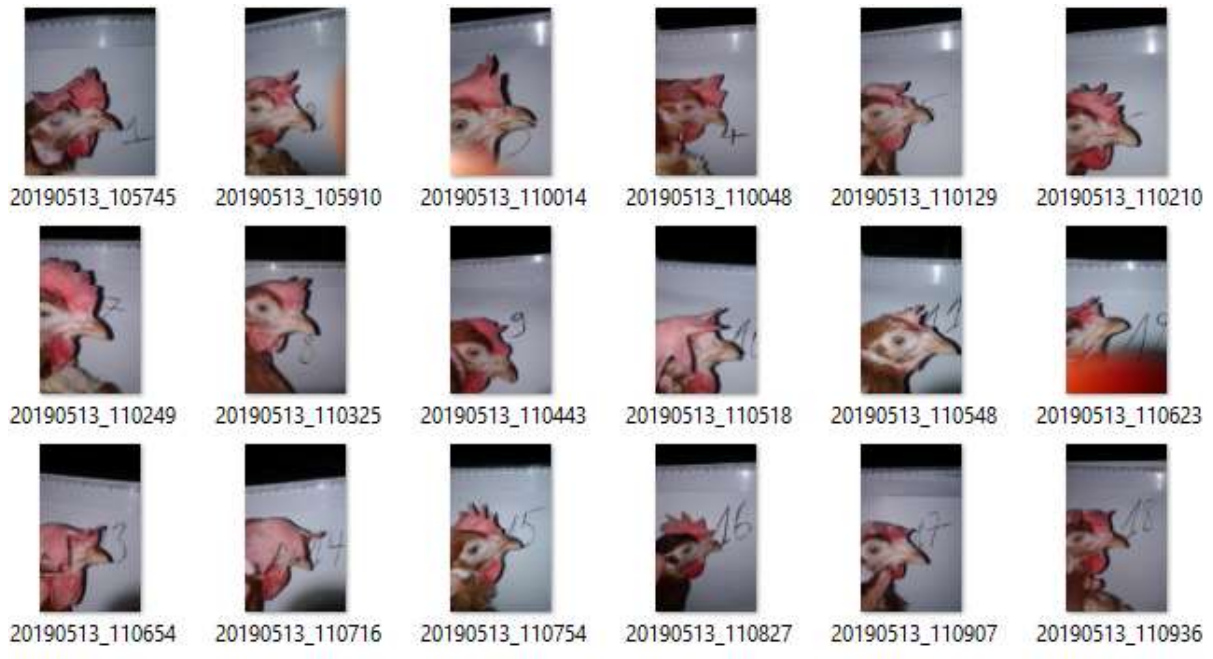
**Figure 20** : Etape 1 de la création d'un fichier TPS "Sélection d'une opération".

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



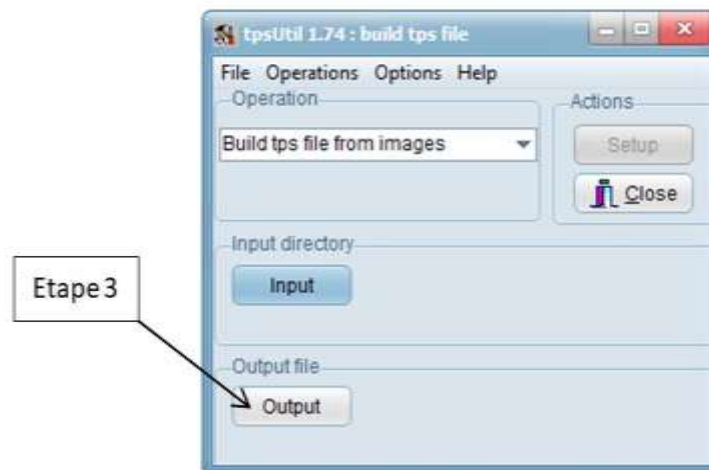
**Figure 21**: Etape 2 de la création d'un fichier TPS " choix du répertoire d'entrée".

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.



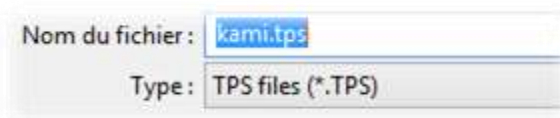
**Figure 22** : répertoire d'images.

### 5. attribuer un nom du fichier de sortie



**Figure 23** : 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.



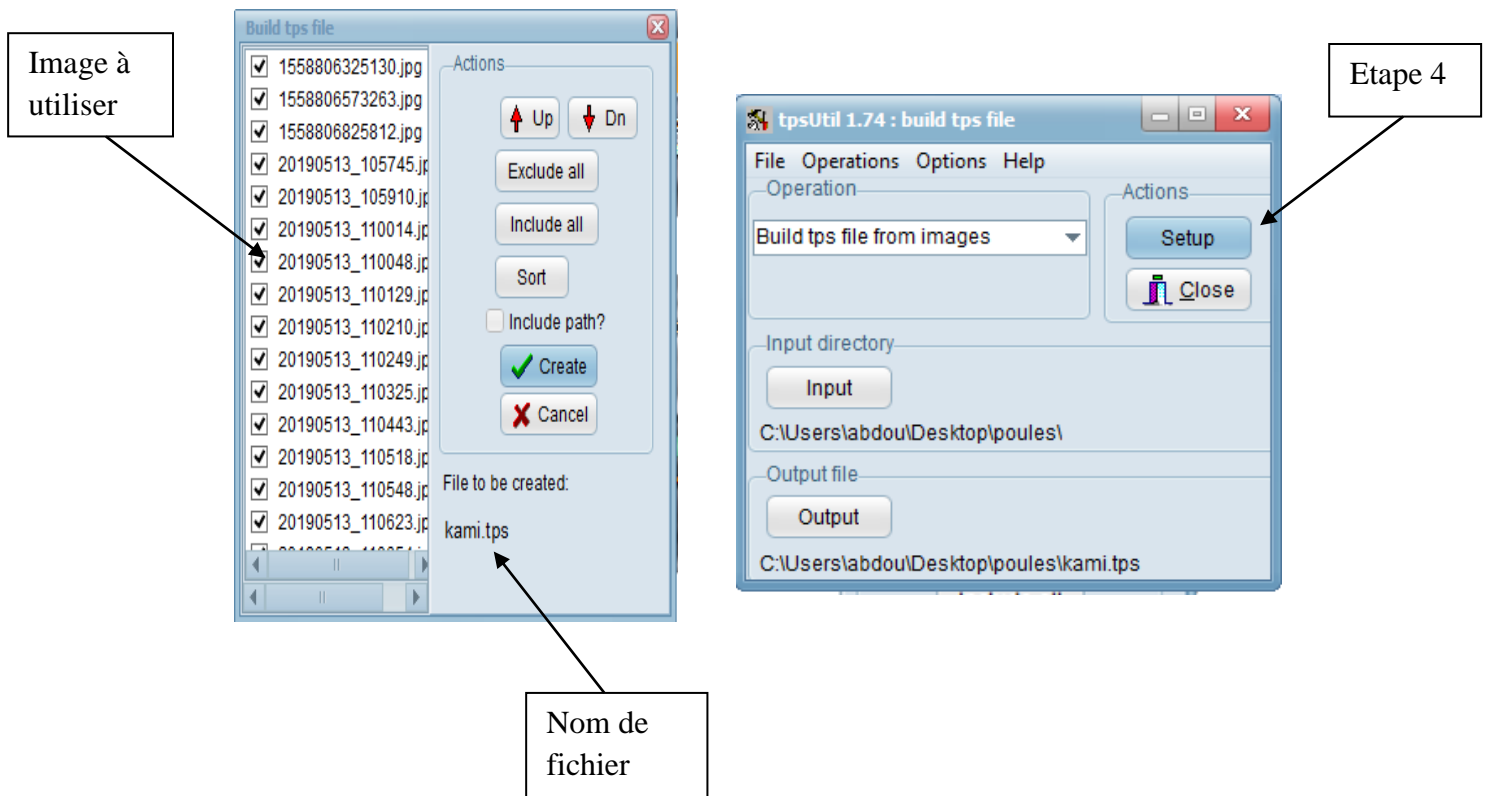
**Figure 24 :** Etape de la nomination du fichier TPS.

## 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.

c. Confirmez la création du fichier...tps, par exemple "kami.tps" sous "Fichier à créer" (file to be created). Sinon, revenir à l'étape précédente 5.

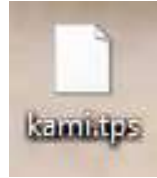


**Figure 25 :** Boite de dialogue (manipulation des données)

d. Cliquez sur "Créer"

e. Cliquez sur "Fermer" pour quitter tpsUtil.

➤ Maintenant le fichier TPS créé peut être ouvert dans tpsDig.

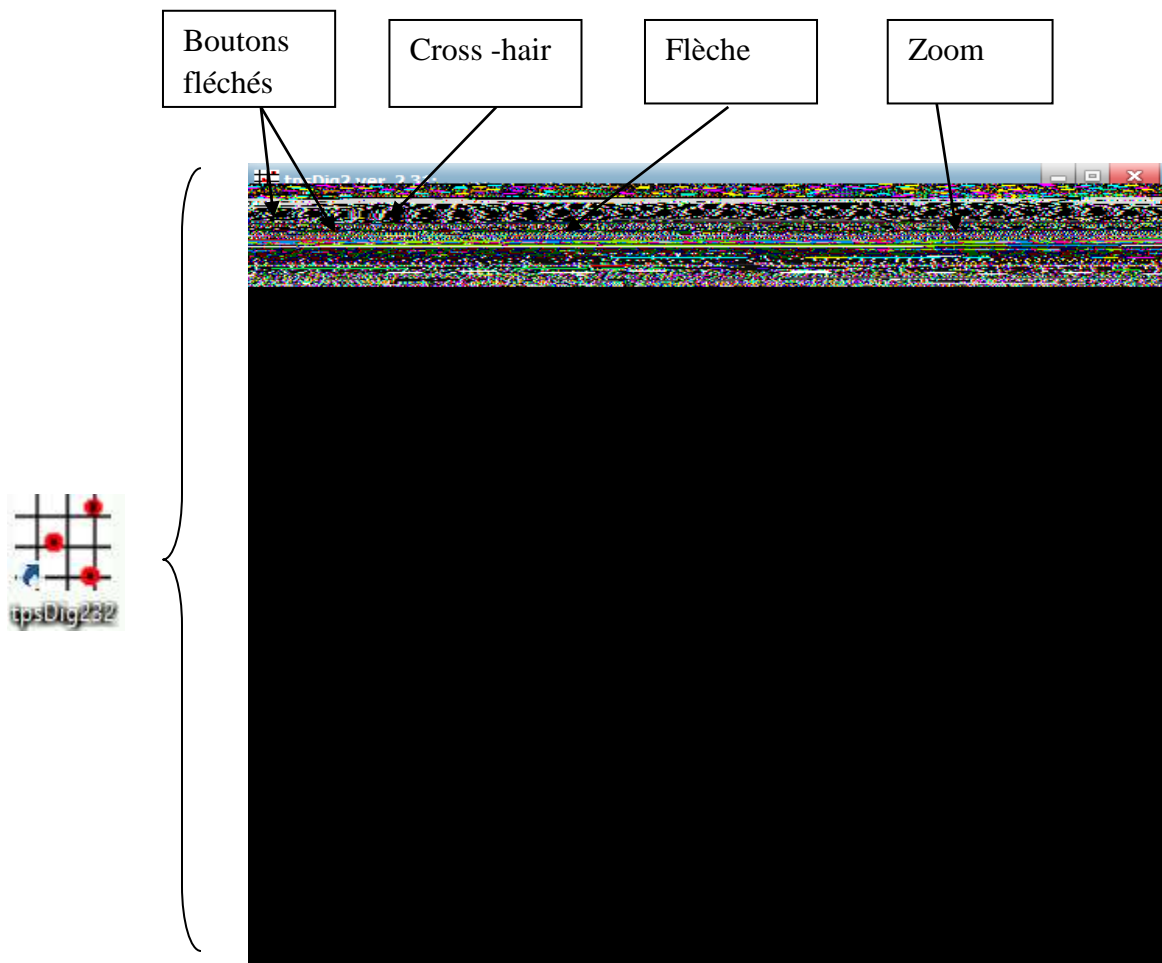


**Figure 26** : Le Fichier TPS créé.

## 5.2 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 27** : la fenêtre du Logiciel tpsDig.

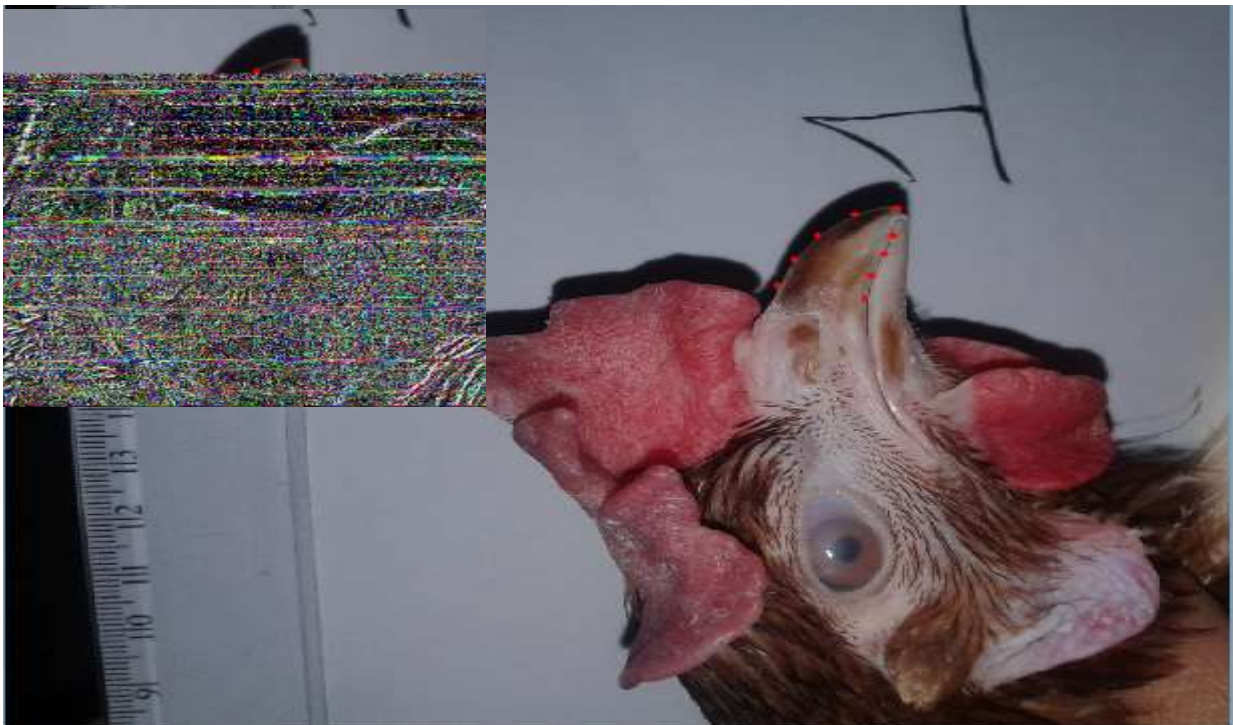
Après l'ouverture du fichier de données (le fichier tps créé avec tpsUtil) dans tpsDig, les images sélectionnées devraient apparaître dans le programme.

- 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 ;
- f. Utilisez "Enregistrer les données" pour enregistrer les coordonnées dans le fichier TPS.

➤ **Application :**

Dans cette étude, nous avons retenu 9 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 28 :** Digitalisation de 9 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.

### 5.3 Analyse Statistique

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.

#### 5.3.1 Analyse 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.

#### 5.3.2 Analyse en composantes principales (ACP)

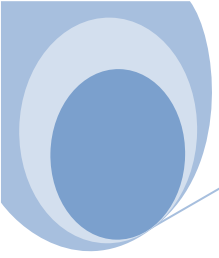
Après l'Analyse Procrustéenne généralisée, une analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée sur les nouvelles coordonnées appelées les (coordonnées Procrustes) des Landmarks en utilisant la matrice de covariance des coordonnées Procrustes afin d'identifier les principaux axes orthogonaux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

#### 5.3.3 Le test de Hotelling

Le  $T^2$  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).

#### 5.3.4 Analyse factorielle discriminante (AFD)

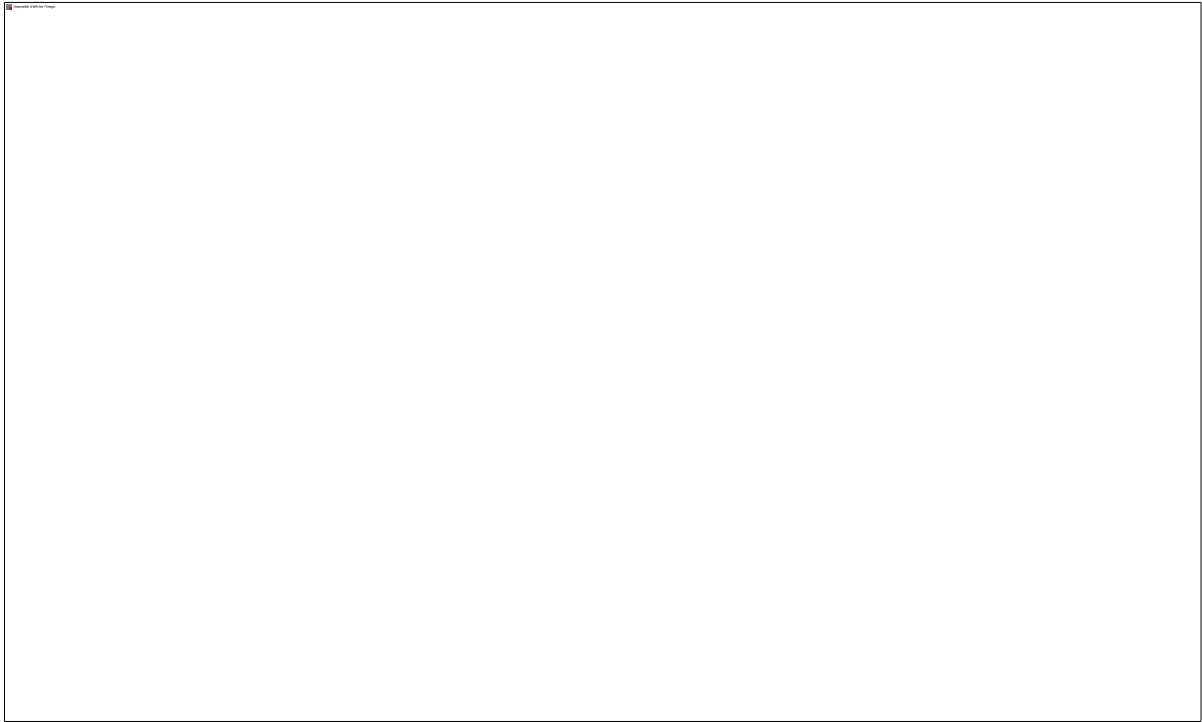
La fonction discriminante a été réalisée à l'aide du logiciel MorphoJ, pour évaluer les différences moyennes de la variation de la forme du bec en considérant « la souche » comme facteur ou variable de classification.



Dans cette étude, nous avons retenu 9 points repères sur chaque image en 2 dimensions (2D) (figure 28). Ainsi, chaque points homologue est représenté avec ses coordonnées  $(x, y)$  (se référer à l'Annexe 2). L'ensemble de données contient donc 100 observations incluses pour les différentes analyses morphogéométriques.

### 1. Vérification des valeurs aberrantes

La figure 29 présente la distribution des données obtenues (*en rouge*). Nous avons constaté que celle-ci n'e s'écarte pas significativement de la distribution normale (*en bleu*), indiquant ainsi l'absence de valeurs aberrantes (outliers).



**Figure 29 :** Diagramme des fréquences cumulées des distances entre l'ensemble les individus et la forme moyenne « consensus » de l'échantillon.

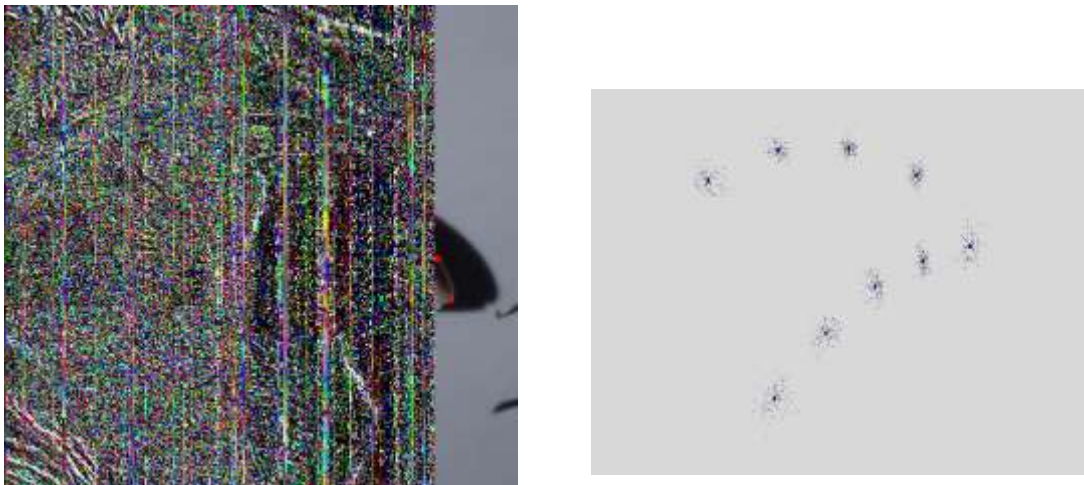
## 2. Performer la Superposition Procruste ou l'Ajustement Procruste généralisé) (Generalized Procrustes Analysis, GPA).

Cette procédure nous a permis d'observer les différences de la forme entre tous les individus et ce en supprimant les trois effets (position, taille et rotation) (voir chap. Matériel et méthodes). Ces différences sont numériquement exprimées par les « distances de Procruste ». En réalité, en faisant le GPA, on perd 4 degrés de liberté (ddl). C'est parce qu'on réalise le GPA :

1) on standardise la position des points repères originaux, on enlève **deux** coordonnées du centroïde (donc on perd 2ddl)

2) on standardise la taille - on divise les des points repères centrés par **une** taille du centroid (centroid-size) (donc on perd 1ddl)

on standardise la rotation - on fait la rotation des points repères centrées-réduits par **un** angle  $\Phi$  (donc on perd 1ddl).



**Figure30:** *A gauche* : Localisation des points repères retenus sur le bec. *A droite* : La Forme Consensus du bec obtenu par la superposition Procruste.

La superposition de Procrustes a permis de créer une forme moyenne du bec (consensus shape) en considérant tous les 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 morpho-géométriques exigent, strictement, que tous les points repères numérisés (digitalisés) soient homologues à travers tous les spécimens. Autrement, ils représentent les mêmes emplacements biologiques sur chaque individu (Bookstein, 1991 ; Zelditch et al, 2004).

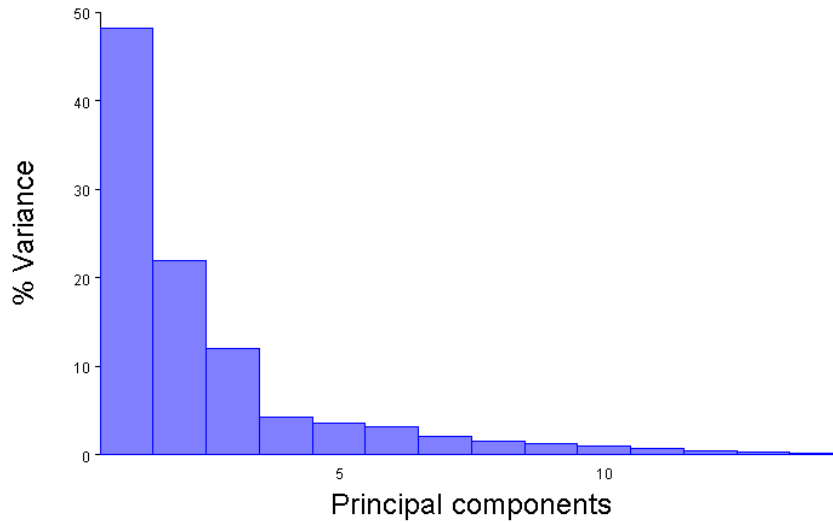
Chaque point repère de la forme consensus montré en bleu sur la figure 30.A, est entouré d'un nuage de points représentant la variation des coordonnées de tous les spécimens. Un nuage de points compact et sombre nous renseignent que les coordonnées sont rapprochées tandis qu'un nuage étalé et diffus nous indique que les points s'éloignent du consensus (la forme moyenne). Les coordonnées du « consensus » sont présentées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 :** Cordonnées des points repères du consensus « nouvelles variables »

Landmarks	Axis 1 (X)	Axis 2 (Y)
<b>LM1</b>	-0,00890488	-0,43230601
<b>LM2</b>	0,15170208	-0,24517664
<b>LM3</b>	0,21210202	-0,00692930
<b>LM4</b>	0,20747679	0,24049349
<b>LM5</b>	0,13931221	0,48515192
<b>LM6</b>	-0,35289778	0,25290572
<b>LM7</b>	-0,20525713	0,07265613
<b>LM8</b>	-0,10056492	-0,09951892
<b>LM9</b>	-0,04296838	-0,26727639

### 3) Analyse en composantes principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) appliquée sur les données obtenues sur tous les individus des poules pondeuses (ISA BROWN), nous a permis de retenir les 3 premières composantes principales (CP) expliquant respectivement 48,17 % ; 21,84 % et 12,02 % de la variation totale de la forme du bec, soit une variance cumulée de 82,04 % (Figure 31, tableau 3).

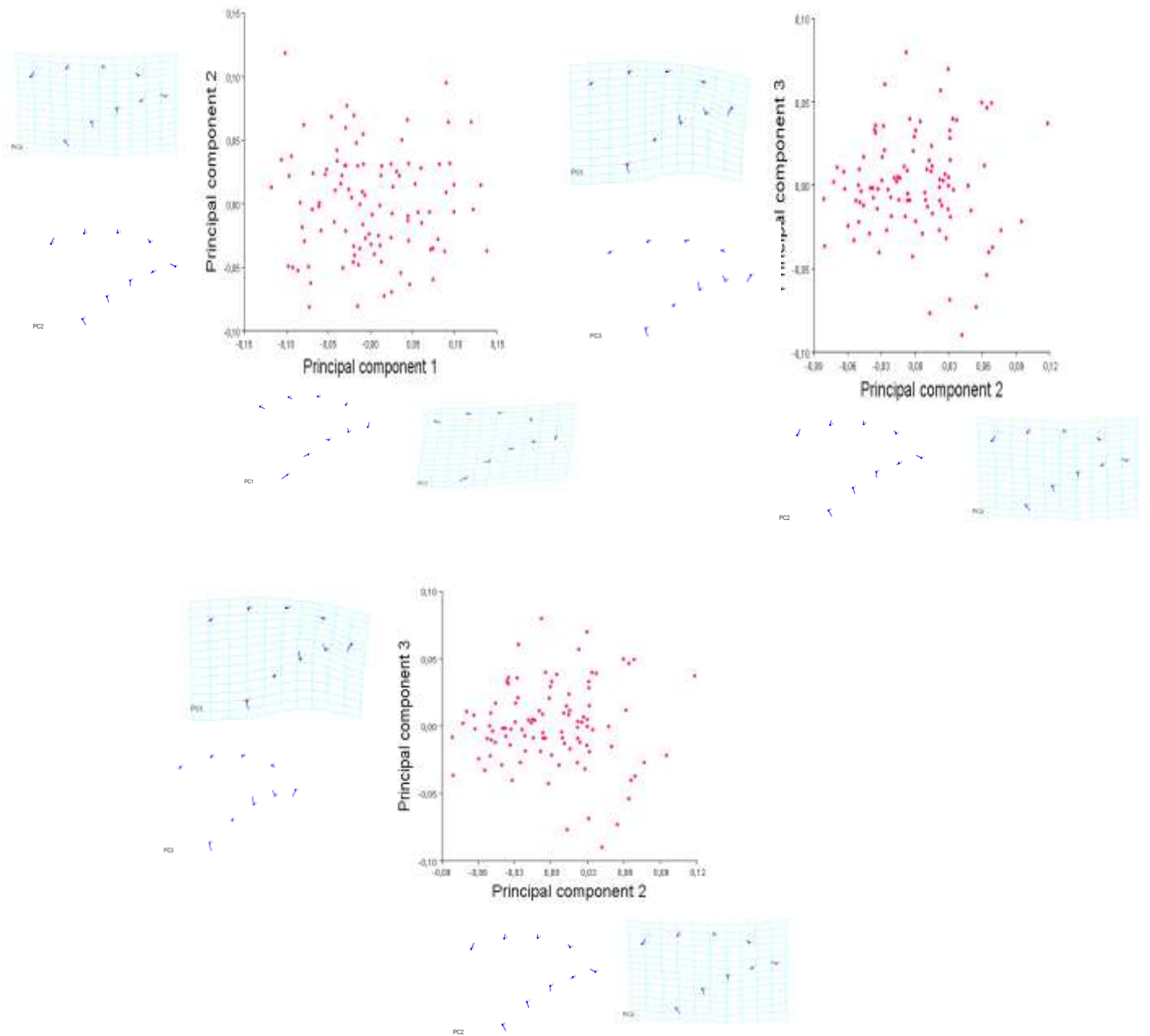


**Figure 31** : Pourcentage de la variation expliquée par les axes principaux

La figure 31 montre les axes retenus pour expliquer la variation de la forme de la mandibule supérieure du bec pour l'ensemble des individus d'une seule souche (Isa Brown).

**Tableau 3** : Valeurs propres et pourcentages de la variance expliquée par les de l'ACP.

	Valeurs propres ou Eigenvalues	% Variance	Cumulative %
CP1.	0,00366614	48,179	48,179
CP2.	0,00166213	21,843	70,023
CP3.	0,00091489	12,023	82,046
CP4.	0,00031725	4,169	86,215
CP5.	0,00026767	3,518	89,733
CP6.	0,00023966	3,150	92,882
CP7.	0,00015143	1,990	94,872
CP8.	0,00011271	1,481	96,354
CP9.	0,00009028	1,186	97,540
CP10.	0,00006807	0,895	98,435
CP11.	0,00004689	0,616	99,051
CP12.	0,00003094	0,407	99,457
CP13.	0,00002578	0,339	99,796
CP14.	0,00001551	0,204	100,000



**Figure 32 :** La variation de la forme de la mandibule supérieure des becs expliquée par les axes retenus : CP1 et CP2, CP1 et CP3 et CP2 et CP3 pour 100 becs de la souche Poules pondreuse (ISA BROWN)

Les contours du bec indiqués en bleu clair représentent la forme moyenne de la mandibule supérieure chez ces deux souches tandis que les contours en bleu foncé sont des représentations visuelles de la forme de la mandibule supérieure aux scores minimum et maximum de chaque composante principale (Figure 33).



**Figure 33 :** Présentation de la variation de la forme du bec sur les axes CP1 et CP2

**ETUDE COMPARATIVE DE LA FORME DU BEC ENTRE UNE SOUCHE  
POULET DE CHAIR (COBB500) ET UNE SOUCHE PONDEUSE (ISA  
BROWN)**

**Tableau 4 :** Cordonnées des points repères du consensus « nouvelles variables »

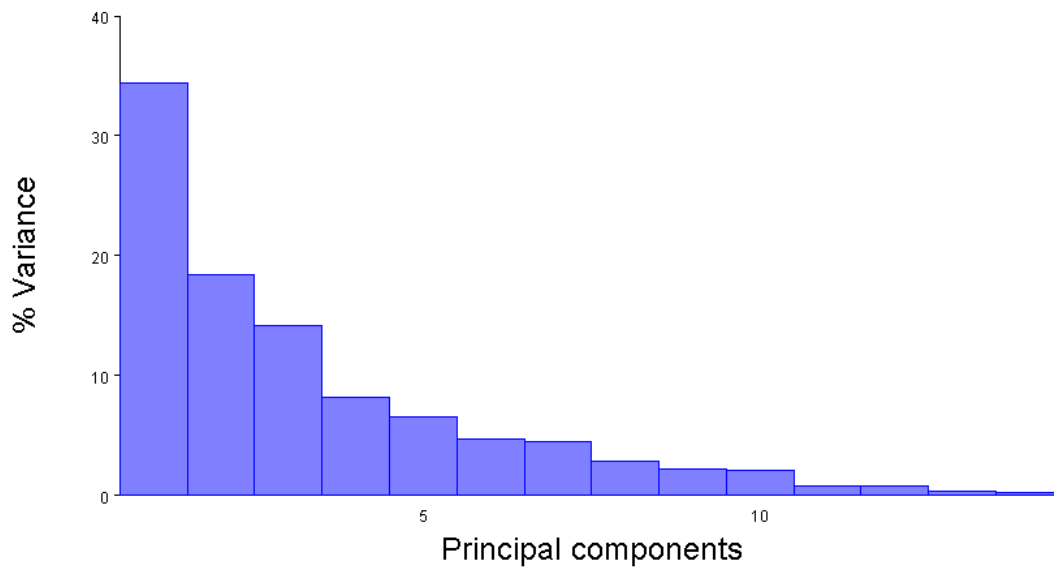
<b>Landmarks</b>	<b>Axis 1 (X)</b>	<b>Axis 2 (Y)</b>
<b>LM1</b>	-0,01995383	-0,44905773
<b>LM2</b>	0,14194526	-0,25114950
<b>LM3</b>	0,21484010	-0,01800217
<b>LM4</b>	0,21464486	0,23757404
<b>LM5</b>	0,15242764	0,46318463
<b>LM6</b>	-0,35442003	0,27845765
<b>LM7</b>	-0,19748193	0,07902315
<b>LM8</b>	-0,09476520	-0,10111882
<b>LM9</b>	-0,05723688	-0,23891124

### **Analyse en composantes principales (ACP)**

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) appliquée sur les données obtenues sur tous les individus des deux souches (ISA BROWN et Cobb500), nous a permis de retenir les 4 premières composantes principales (CP) expliquant respectivement 34.41%, 18.42%, 14.17 % et 8.16 % de la variation totale de la forme du bec, soit une variance cumulée de 75.17% (Figure 34, tableau 5).

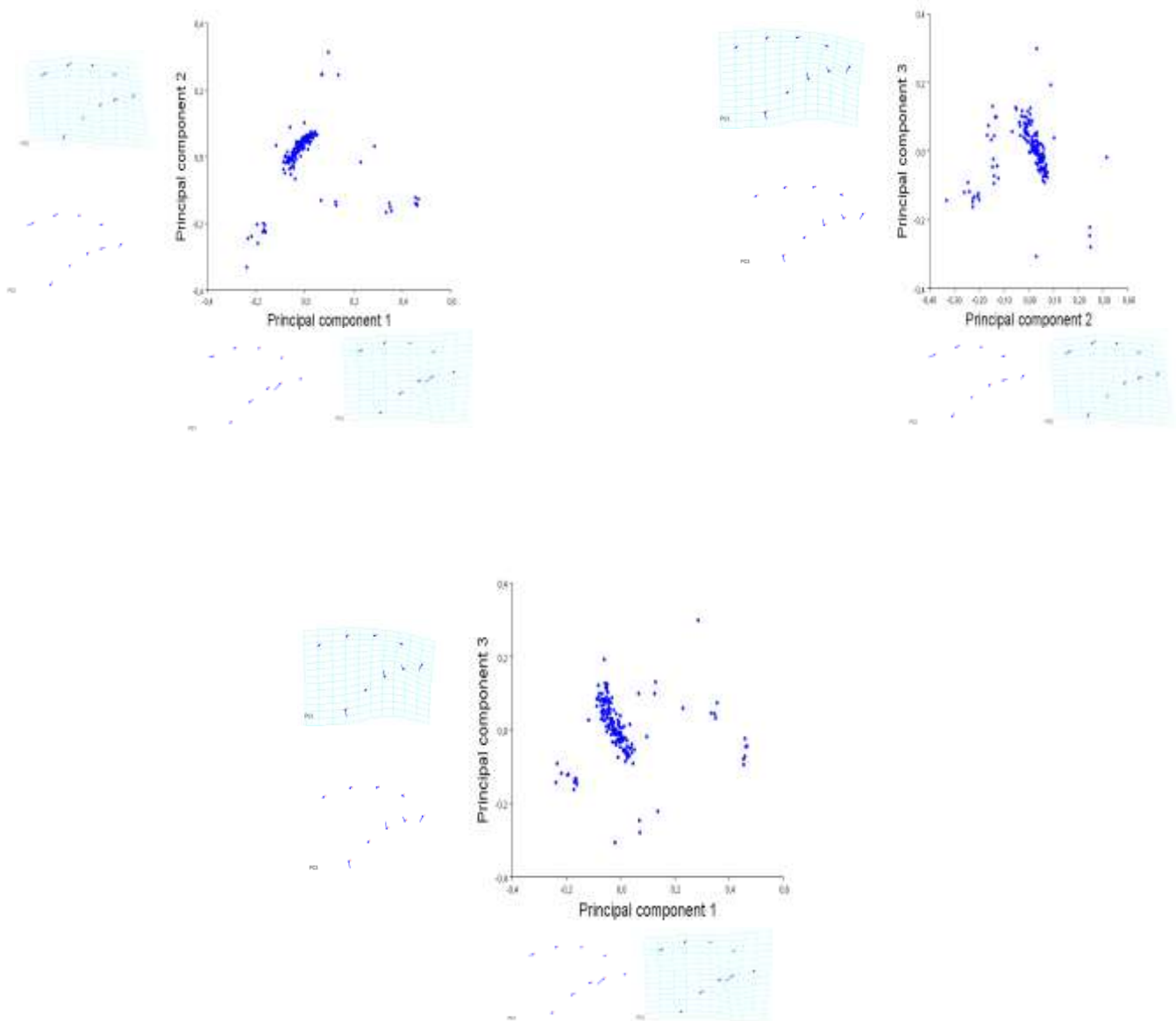
**Tableau 5 :** Valeurs propres et pourcentages de la variance expliquée par les de l'ACP.

<b>Axe</b>	<b>Eigenvalues</b>	<b>% Variance</b>	<b>Cumulative %</b>
<b>CP1</b>	0,01579081	34,41	34,41
<b>CP2</b>	0,00845617	18,42	52,80
<b>CP3</b>	0,00650400	14,17	67,01
<b>CP4</b>	0,00374691	8,16	75,17



**Figure 34** : Pourcentage de la variation expliquée par les axes principaux

La figure 34 montre les axes retenus pour expliquer la variation de la forme de la mandibule supérieure du bec pour l'ensemble des individus des 2 souches (100 Isa Brown avec 65 Cobb 500).



**Figure 35 :** La variation de la forme de la mandibule supérieure du bec pour l'ensemble des individus des 2 souches dans les plans F1-2, F1-3 et F2-3

## 4) Effet de la souche sur la forme du bec

**ANOVA Procruste**

L'objectif consiste à mettre en évidence l'effet de la souche sur la forme du bec. Les résultats du test sont présentés dans le tableau 7.

La variance résiduelle (tableau 7), consiste à la variation qui n'était pas expliquée par la différence entre les 2 souches étudiées. Ces différences sont imputables aux erreurs lors de la de la digitalisation des images et éventuellement dues au hasard).

**Tableau 6:** Distance Procruste et Mahalanobis

Distance Procrustes: 0.110 ; $P < 0,0001$
Distance Mahalanobis (dM): 2.38

**Tableau 7:** Procruste ANOVA

<b>Taille (centroïde)</b>					
<i>Source de variation</i>	<b>SC</b>	<b>MSC</b>	<b>Ddl</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Factorielle (Souche)	0,017688	0,017688	1	0,20	0,6546
Résiduelle	14,349070	0,088031	163		
<b>Forme (shape)</b>					
<i>Source de variation</i>	<b>SC</b>	<b>MSC</b>	<b>Ddl</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Factorielle (souche)	0,45354971	0,0323964082	14	10,45	<b>&lt;0.0001</b>
Résiduelle	7,07215719	0,0030991048	2282		

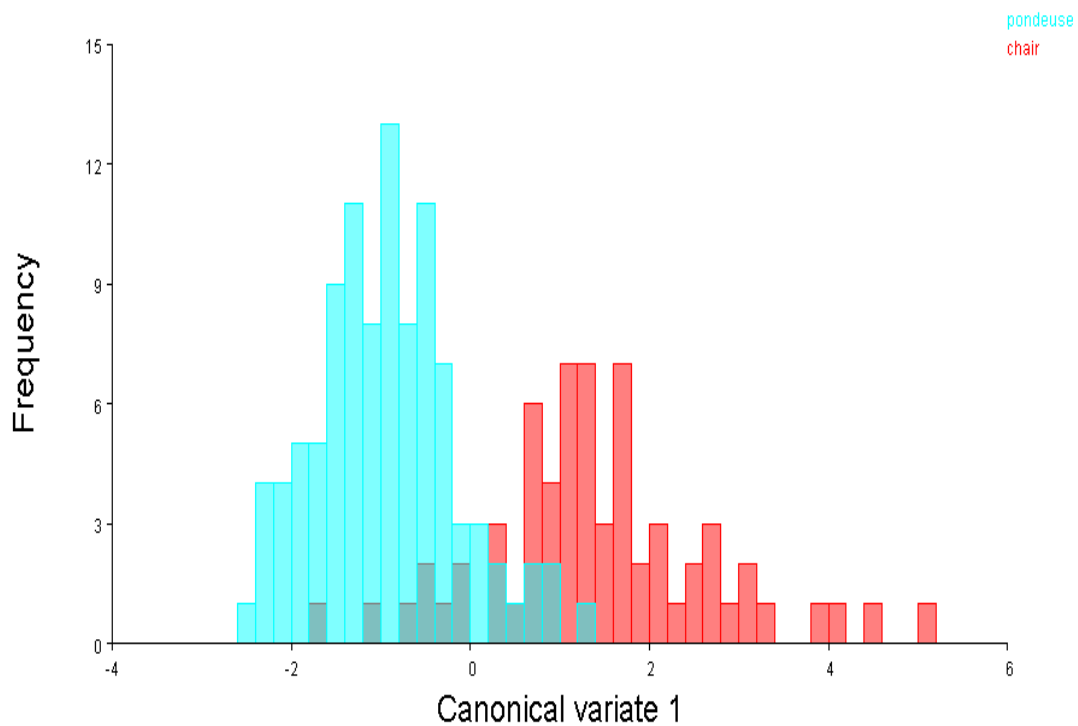
**SC:** somme des carrés des écarts procrustes, **MSC**= moyenne de la somme des carrés des distances procrustes; **ddl** de la variance intragroupe ou résiduelle =  $V(N - G)$

( $V = 2k - 4$  pour les données à 2 dimensions et  $3k - 7$  dans le cas des données à 3 dimensions ;  $N$ = Nombre d'individus ;  $G$ = nombre de modalités du facteur étudié, ici = 2).

#### 4.2 Analyse factorielle discriminante (AFD)

L'analyse discriminante a été utilisée pour analyser la variation morphologique du bec chez la souche Isa Brown de poule pondeuse et la souche Cobb 500 de poulet chair.

La fonction discriminante a produit des variables discriminantes pour expliquer les différences moyennes de variation de forme du bec entre les deux souches, dans la matrice de covariance des coordonnées de forme Procrustes de chaque ensemble de données. Les résultats de la fonction discriminante sont exposés dans la figure 36 :



**Figure 36 :** La fréquence des poules pondeuses (bleu) et les poulets de chair (rouge) le long de la variable discriminante pour la variation de la forme de la mandibule supérieure du bec.

## Discussion

L'objectif de cette étude était d'examiner la variabilité morphologique de la forme du bec entre deux souches de poules pondeuse et poulet de chair (Isa Brown et Cobb500) en utilisant la méthode moderne de la morphométrie basée sur les points repères (Landmarks).

Par rapport aux données de la morphométrie traditionnelle, les coordonnées de points prennent en compte la géométrie 2D ou 3D des objets étudiés, et permettent de paramétrer plus facilement la forme, de visualiser le changement de forme (conformation) et de tester statistiquement les hypothèses, ce qui était impossible au par avant.

En 2013, Peter et al, ont appliqué les techniques de morphométrie-géométrique chez poissons de l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*) dans deux lacs différents pour étudier la relation entre la variation de la forme du corps, l'écologie et l'évolution.

Les résultats ont démontré que les épinoches benthiques et planctonique étaient extrêmement divergentes en termes de morphologie et comportement alimentaire, indiquant l'adaptation de chaque ce qui rend chaque type écologique bien adapté à leur habitat naturel (Schluter, 2000, Gow et al., 2007). Moksnes (2014) a utilisé l'approche morphométrique géométrique pour étudier la morphologie du bec chez le moineau italien (*Italian Sparrow*), le moineau domestique (*House Sparrow*) et leur croisement. Ces chercheurs ont mis en évidence des effets significatifs des facteurs climatiques et génétiques sur forme du bec. Au Philippines, Medrano et Jumawan (2016) ont évalué la variation des formes corporelles du poisson *Ambassis Interrupta* connu sous le nom "ibis" recueillies à la Rivière Masao, ville de en utilisant une analyse morphométrique géométrique basée sur les points-repère. Les chercheurs ont pu montrer des différences dans les modèles d'asymétrie entre les sexes de cette espèce de poisson.

La morphométrie géométrique a été utilisée par Dalton et al. (2017) chez la dinde domestique (*Meleagris gallopavo*) de 6 et 18 semaines d'âge pour déterminer les effets de l'âge, du sexe et de la taille du bec sur la variation de la forme de celui-ci. Les résultats obtenus ont mis en évidence une gamme de variation phénotypique de la forme de la mandibule supérieure dorsale, la mandibule inférieure latérale et la mandibule supérieure latérale. Ces chercheurs ont constaté un dimorphisme sexuel pour la forme du bec sans toutefois mettre en évidence un effet significatif du facteur âge.

En Algérie, Barour (2012) était le premier qui a adopté l'approche morphométrique géométrique basé sur la technique des points repères dans sa thèse, pour analyser la variabilité des formes des ailes de l'abeille tellienne.

Les résultats préliminaires de cette étude illustrent bien la morphométrie géométrique améliore sensiblement la discrimination entre les espèces en fonction des dimensions du bec. En effet, L'analyse avec morphométrie géométrique basée sur les repères a montré une large gamme de variation de forme dans les becs des poulets étudiés.

Les courbes des scores CP1, CP2 et CP3 ont révélé un regroupement serré et une séparation nette pour certains individus, mais ont montré une large diffusion et un chevauchement important dans d'autres.

Les résultats de l'analyse discriminante montre aussi une séparation nette et un regroupement serré entre les deux souches Isa Brown et Cobb500.

## Conclusion

Dans cette étude, la morphométrie géométrique s'est révélée comme une méthode à la fois visuelle et analytique très puissante pour identifier et visualiser les différences de la forme du bec chez la poudeuse industrielle (Isa Brown) . Ce travail mérite d'être complété par d'autres études portant sur des effectifs plus importants notamment sur les populations avicoles locales élevées dans des systèmes d'élevage différents.

L'étude de la variabilité de la forme du bec chez le poulet pourrait être utile non seulement pour mieux comprendre son comportement alimentaire mais aussi pour proposer cette variabilité dans les programmes de sélection génétique pour l'obtention d'animaux présentant éventuellement des becs plus adaptés aux conditions d'élevage différentes (alimentation, chaleur, stress) et pour réduire notamment les dommages causés par le picage.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

1. **Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE.** Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*. 2004 ; 71 : 5-16 .
2. **Anne Macey.** 2009. Réduire Le Risque De Picage Des Plumes Chez Les Pondeuses Dans La Production D'œufs Biologiques.
3. **Baab KL, McNutly KP, Rohlf FJ.** The Shape of Human Evolution: A Geometric Morphometrics Perspective. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*. 2012 ; 21 (4) : 151-165. Epub 2012 août 20.
4. **Barour Choukri.** Analyse de la biodiversité des populations d'Aeilles Mellifères *Apis mellifera intermissa* (Buttel-Reeper, 1906) (Hymenoptera : Apidea) dans le Nord Algérien : Morphométrie Moderne Basée sur la configuration des points repères (Landmarks).Thèse de doctorat : Biologie Animale : Faculté de sciences de l'université de Annaba, 2012.
5. **Benazzi S, Douka K, Fornai C, Bauer CC, Kullmer O, Svoboda J, et al.** Early dispersal of modern humans in Europe and implications for Neanderthal behavior. *Nature*. 2011; 479: 525-528. Epub 2011 novembre 2.
6. **Bookstein Fred L.** Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. 2e éd. Cambridge : Cambridge University Press ; 1991
7. **Boyer J P.** 1952.Deux methodes de sélection et leurs applications à l'aviculture. *Annales De Zootechnie* 1 (3): 1-15.
8. **Brochard M, Boichard D.** 2012. La sélection génomique: Principe et impact sur l'organisation de l'amélioration génétique: 1-3.
9. **Chikhaoui Zakia.** Analyse inter-stationnelle et interindividuelle de la morphologie des feuilles d'Erables (*Acer monspessulanum* L. et *Acer obtusatum* W. et K.) au Djurdjura. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques. TIZI-OUZOU : Université Mouloud MAMMERI. 2014. 87p.
10. **Coquerelle G.** (2000). Les poules: diversité génétique visible. INRA. p181. In FOTSA J.C. (2008). Caractérisation des populations de poules locales (*Gallus gallus*) au Cameroun. Thèse doctorat d'agroparistech et de phylosophy. p74, 75.
11. **Cunningham D.L.** 1992. Beak trimming effect on performance, behavior and

welfare of chickens. A review. *J. Appl. Poult. Res.*, 1, 129-13.

**12. D. Adriaens.** Workshop "deformities in fish larvae". In *Geometric morphometrics as a useful tool for visualising and analysing deformities in fish*, March 11, 2005.

**13. Dekkers JCM.** 2015. Applications of genomic selection in Poultry Proceedings, 10th World Congress Of Genetics Applied To Livestock Production: 1-6  
Disponible sur: <<https://www.researchgate.net/publication/296479230>>. (Consulté en Avril 2018)

**14. Djelil Hanene,** Ectoparasitisme et parasitemie du poulet de ferme (*Gallus gallus domesticus*, Linnaeus 1758). Mémoire de Magister en Parasitologie, Oran, Université de Mohamed Boudiaf. 2012 .109.pages 5 -9.

**15. Elfick D.** 2006.A brief history of broiler selection: how chicken became a global food phenomenon in 50 years: 1-7.

**16. Evin A, Baylac M, Pons JM, Cornette R.** Apports de la morphométrie géométrique à l'étude du crane de chauves-souris : l'exemple d'un complexe d'espèces du genre *Myotis*. *Symbiose*. 2008 ; 21 : 7-9

**17. F. James Rohlf.** Morphometrics [<http://life.bio.sunysb.edu/morph/>], 02 2010.

**18. Fettah M.A.** Morphologie et anatomie de la poule, 2008.

**19. FOTSA J.C.** (2008). Caractérisation des populations de poules locales (*Gallus gallus*) au Cameroun. Thèse doctorat, AgroParisTech et de phylosophy. , p. 301.

**20. Frédéricich B.** Etude de la diversité trophique des poissons demoiselles (*Perciformes, Pomacentridae*) par l'examen des variations du squelette céphalique à partir de leur vie récifale. Thèse de doctorat : Morphologie Fonctionnelle et Evolutive : Faculté des Sciences de l'Université de Liège, 2008-2009.

**21. Gentle M.J, Hughes B.O, Fox A, Waddington D.** 1997. Behavioural and anatomical consequences of two beak trimming methods in 1- and 10-d-old domestic chicks. *Br. Poult. Sci.*, 38, 453-463.

**22. Guipert G.** Reconstitution et Position Phylétique des Restes Crâniens de l'Homme de Tautavel (Arago 21-47) et de Biache-Saint-Vaast 2, Apports de l'Imagerie et de l'Analyse Tridimensionnelles. Thèse de doctorat : Paléontologie Humaine : Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Paul Cézanne Aix-Marseille III ; 2005.

**23. Heidi Schutz.** Guide to geometric morphometric. University of Colorado Jonathan Krieger, the Natural History Museum, London. 2007.

- 24. Henry Ngoyi.** Effet du non-respect de la date et de la densité de semis sur la croissance et le rendement du niébé dans les conditions agro écologiques de Cabinda. UNIVERSITE NOTRE DAME DE LOMAMI, 2016. disponible sur : [<https://www.memoireonline.com/ >](https://www.memoireonline.com/).
- 25. Hillary A. Dalton et al.** An analysis of beak shape variation in two ages of domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*) using landmark-based geometric morphometrics. PLOS ONE [en ligne]. 2017 volumes, numéro, 12, 9, 25. Disponible sur : [.<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185159>](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185159). ( consulté en Avril 2018)
- 26. Jacob A, Pescatore T.** 2012 Selecting the right chicken breed. *Animal and Food Sciences*: 1-3.
- 27. Jorunn Moksnes.** The Effect of Hybridization on Beak Morphology in the House Sparrow (*Passer domesticus*) and Italian Sparrow (*P. italiae*). Thèse de Master en Biosciences. Norvège : Université d'Oslo. 2014. 65 p. Format PDF. Disponible sur : [.<http://www.duo.uio.no/>](http://www.duo.uio.no/). (Consulté en Avril 2018)
- 28. Kendall DG, Barden D, Carne TK, Le H.** Shape and Shape Theory. New York: Wiley; 1999. Wiley Series in Probability and Statistics.
- 29. Kenneth M.** French, Elevage pratique de la volaille, Peace Corps par Transcentury Corporation, ashington D.C, 1986, 289 p.
- 30. Krysta Morrissey et al.** Can Non-Beak Treated Hens be Kept in Commercial Furnished Cages? Exploring the Effects of Strain and Extra Environmental Enrichment on Behaviour, Feather Cover, and Mortality. *Animals*[en ligne]. 2016. volume, 6, 17.
- 31. Larivière J.-M., Leroy P.** Conservation et valorisation de la diversité des ressources génétiques du poulet en Europe : initiatives et perspectives. Formation continue - ARTICLE DE SYNTHESE, Département des Productions animales, Faculté de Médecine vétérinaire, Université de Liège, 2008, 152p. Disponible sur : [.<http://www.facmv.ulg.ac.be>](http://www.facmv.ulg.ac.be). Consulté le 20/05/2018)
- 32. Laura Piñeiro Fernández.** Beak shape variation in a hybrid species: effects of diet, insularity and species interactions. Thèse de Master en Biosciences. Norvège : Université d'Oslo. 2015. 86 p. Format PDF. Disponible sur : [.<http://www.duo.uio.no/>](http://www.duo.uio.no/). (Consulté en Avril 2018)

**33. Laure Metairie.** Apports de la morphométrie géométrique à la paléoanthropologie dentaire. thèse de Doctorat en Chirurgie Dentaire. Lyon : Université Claude Bernard. 201. pages 1-58. Format PDF. Disponible sur :

<<http://www.laboratoireanthropologieanatomiqueetdepaleopathologiedelyon.fr>>.

(Consulté en Mai 2018)

**34. Mahammi Fatima Zohra.** Caractérisation phénotypique et moléculaire des populations de poules locales (*Gallus gallus domesticus*) de l'Ouest Algérien, thèse de Doctorat en Biologie moléculaire. Oran Université de Mohamed Boudiaf. 180. Pages 3648.

**35. Mary Grace T. Medrano and Joycelyn C. Jumawan,** (2016). Landmark-based geometric morphometric analysis of body shape variation within population of Ibis fish, *Ambassis interrupta*, collected from Masao River, Butuan City, Philippines. *Int'l Journal of Advances in Chemical Engg., & Biological Sciences (IJACEBS)* Vol. 3, Issue 2. <http://dx.doi.org/10.15242/IJACEBS.AE0516113>

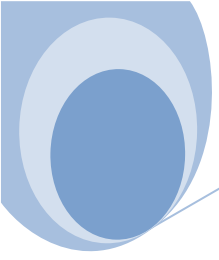
**36. Messabhia Manel.** Caractérisation phénotypique et profil biochimique de quelques souches locales de poules. Mémoire de Magistère en sciences vétérinaires. Constantine, université des frères Mentouri. 249. Pages 42-44.

**37. Park P.J. et al.** Landmark-Based Geometric Morphometrics: What Fish Shapes Can Tell Us about Fish Evolution. In *Tested Studies for Laboratory Teaching, Proceedings of the Association for Biology Laboratory Education*. 2013. Vol. 34, Pages 361-371. Disponible sur : <http://www.ableweb.org/volumes/vol34/v34reprint.php?ch=36>. (consulté le 09/05/18)

**38. Perrard A.** Systématique et morphométrie géométrique : L'évolution de la nervation alaire au sein du genre *Vespa* (Hyménoptères : Vespidae). Thèse de doctorat : Histoire Naturelle : Museum National d'Histoire Naturelle, Ecole doctorale « sciences de la nature et de l'homme » ; 2012

**39. Picard M., Le Fur C, Melcion J.-P, Bouchot C.** 2000. Caractéristiques granulométriques de l'aliment : le « point de vue » (et de toucher) des volailles. *INRA Prod. Anim.*, 13, 117-130.

- 40. Poules et Cie**, Anatomie de la poule, (© 2004–2018, mise à jour 10/02/2017). Disponible sur : < <https://poulesetcie.com/anatomie-poule/>> (Consulté le 21/05/2018)
- 41. Pym R.** 2013a Poultry genetics and breeding in developing countries, Food and agriculture organization of the united nations, poultry development review: 1-4.
- 42. Pym R.** 2013b Poultry genetics and breeding in developing countries, genetic diversity and conservation of genetic resources Food and agriculture organization of the United Nations, poultry development review: 1-4.
- 43. Pym R.** 2013c Poultry genetics and breeding in developing countries, contribution of indigenous genotypes to production and consumption of poultry meat and eggs Food and agriculture organization of the United Nations, poultry development review: 1-4.
- 44. Ricard EH et Petitjean MJ.** 1988 Un exemple de conservation du patrimoine génétique chez la poule. Inra Productions Animales 1 (5): 345-354.
- 45. Saber Beghoul.** Appareil digestif de la poule: particularités anatomophysiologiques. Magister en médecine vétérinaire – Constantine Algérie, Université Mentouri, 2006.
- 46. Shao et al.** Evolution of body morphology and beak shape revealed by a morphometric analysis of 14 Paridae species. Frontiers in Zoology. 2016. 10.
- 47. Singhapol 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.
- 48. Tran TS.** 2013 Etudes génomiques chez la poule: applications à la résistance au portage de salmonelles et la digestibilité. Thèse de Docteur, Université François – Rabelais de Tours, Science de la Vie: 13-65.
- 49. Wolc A, Kranis A, Arango J, Settar P, Fulton JE, O'sullivan N, Avendaño S, Watson KA, Preisinger R, Habier D, Lamont SJ, Fernando R, Garrick DJ et Dekkers JCM.** 2015 Applications of genomic selection in Poultry Proceedings, 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production: 1-6
- 50. Wolc A.** 2014. Genomic selection in Layer and Broiler breeding LohmannTierzucht.
- 51. Mark Webster et H. David Sheets.** A practical introduction to landmark-based geometric morphometric. The Paleontological Society Papers, Vol.16.



# Annexe

## Annexe I

### Principes des tests multidimensionnels

Les tests mis en œuvre dans cet outil permettent de comparer des échantillons décrits par plusieurs variables. Par exemple, au lieu de comparer les moyennes de deux échantillons comme avec le test de Student, on compare ici simultanément pour les mêmes échantillons plusieurs moyennes mesurées pour différentes variables.

Par rapport à une procédure qui consisterait à faire autant de tests de Student qu'il y a de variables, la méthode proposée ici présente l'avantage d'utiliser la structure de covariance entre les variables et d'obtenir une conclusion globale. Il se peut que deux échantillons diffèrent pour une variable avec un test de Student, mais qu'au global on ne puisse rejeter l'idée qu'ils sont finalement semblables.

### Distance de Mahalanobis

La distance de Mahalanobis permet de calculer la distance entre deux points dans un espace à  $p$  dimensions, en tenant compte de la structure de variance-covariance sur ces  $p$  dimensions. Le carré de cette distance se définit par

$$dM^2 = (\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2) \Sigma^{-1} (\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)$$

Autrement dit, c'est le produit de la transposée du vecteur des différences de coordonnées pour les  $p$  dimensions entre les deux points, multiplié par l'inverse de la matrice de covariance, multiplié par le vecteur des différences. La distance euclidienne, correspond à la distance de Mahalanobis dans le cas où la matrice de covariance est la matrice identité, c'est-à-dire que les variables sont centrées réduites et indépendantes.

La distance de Mahalanobis peut être utilisée pour comparer deux groupes car la statistique du  $T^2$  de Hotelling définie par :

$$T^2 = [(n_1 * n_2) / (n_1 + n_2)] dM$$

Suit une loi de Hotelling, à condition que les échantillons suivent une loi normale pour les différentes variables. La statistique F utilisée pour le test de comparaison est définie par :

$$\mathbf{F} = [\mathbf{n}_1 + \mathbf{n}_2 - (\mathbf{p}+1)] / [(\mathbf{n}_1 + \mathbf{n}_2 - 2) \mathbf{p}] \mathbf{T}^2$$

Cette statistique suit une loi de Fisher à p et  $n_1+n_2-p-1$  degrés de liberté si les échantillons suivent une loi normale pour les différentes variables.

Si l'on souhaite comparer plus de deux échantillons, le test basé sur la distance de Mahalanobis peut être utilisé pour identifier les sources possibles de la différence observée au niveau global. Il est alors recommandé de faire la correction de Bonferroni pour le seuil alpha. Pour k échantillons à comparer deux à deux, on utilise alors le niveau alpha suivant :

$$\mathbf{a}^* = 2\mathbf{a} / \mathbf{k} (\mathbf{k}-1)$$

## Annexe II

- Les coordonnées (x, y) des points repères retenus le bec chez les poules pondeuses souche de

## Isa Brown

LM=9	LM=9	LM=9	LM=9
132.00000 145.00000	1745.00000 1253.00000	1682.00000 1077.00000	1811.00000 1069.00000
131.00000 153.00000	1670.00000 1240.00000	1607.00000 1087.00000	1739.00000 1054.00000
128.00000 160.00000	1607.00000 1196.00000	1534.00000 1066.00000	1681.00000 1018.00000
123.00000 165.00000	1557.00000 1125.00000	1469.00000 1025.00000	1629.00000 960.00000
117.00000 170.00000	1515.00000 1024.00000	1411.00000 966.00000	1591.00000 884.00000
110.00000 156.00000	1709.00000 1004.00000	1535.00000 885.00000	1739.00000 837.00000
117.00000 154.00000	1702.00000 1089.00000	1566.00000 948.00000	1751.00000 919.00000
123.00000 151.00000	1705.00000 1149.00000	1592.00000 1007.00000	1759.00000 982.00000
127.00000 148.00000	1719.00000 1198.00000	1638.00000 1044.00000	1780.00000 1028.00000
IMAGE= 1558806325130.jpg	IMAGE=	IMAGE=	IMAGE=
ID=0	20190513_110014.jp	20190513_110325.jpg	20190513_110654.jpg
SCALE=0.047405	ID=5	ID=10	ID=15
LM=9	SCALE=0.006772	SCALE=0.008473	SCALE=0.007670
171.00000 148.00000	LM=9	LM=9	LM=9
167.00000 158.00000	1791.00000 1079.00000	2374.00000 988.00000	1944.00000 1006.00000
161.00000 166.00000	1739.00000 1092.00000	2292.00000 1011.00000	1889.00000 1020.00000
152.00000 173.00000	1687.00000 1081.00000	2217.00000 1002.00000	1828.00000 1017.00000
142.00000 177.00000	1636.00000 1060.00000	2149.00000 972.00000	1775.00000 998.00000
132.00000 151.00000	1592.00000 1020.00000	2089.00000 926.00000	1729.00000 970.00000
142.00000 151.00000	1707.00000 956.00000	2226.00000 845.00000	1817.00000 889.00000
152.00000 151.00000	1727.00000 1002.00000	2252.00000 897.00000	1848.00000 931.00000
162.00000 150.00000	1747.00000 1033.00000	2286.00000 937.00000	1874.00000 969.00000
IMAGE= 1558806573263.jpg	1770.00000 1056.00000	2326.00000 967.00000	1907.00000 994.00000
ID=1	IMAGE=	IMAGE=	IMAGE=
SCALE=0.043437	20190513_110048.jpg	20190513_110443.jpg	20190513_110716.jpg
LM=9	ID=6	ID=11	ID=16
180.00000 155.00000	SCALE=0.008120	SCALE=0.009143	SCALE=0.007135
172.00000 165.00000	LM=9	LM=9	LM=9
162.00000 172.00000	1712.00000 1077.00000	2015.00000 1291.00000	1586.00000 1092.00000
151.00000 177.00000	1642.00000 1063.00000	1926.00000 1282.00000	1528.00000 1080.00000
140.00000 180.00000	1583.00000 1022.00000	1859.00000 1242.00000	1477.00000 1046.00000
135.00000 150.00000	1537.00000 964.00000	1797.00000 1180.00000	1441.00000 997.00000
146.00000 152.00000	1506.00000 898.00000	1755.00000 1091.00000	1414.00000 933.00000
157.00000 154.00000	1656.00000 870.00000	1957.00000 1064.00000	1547.00000 919.00000
169.00000 154.00000	1670.00000 940.00000	1943.00000 1142.00000	1538.00000 971.00000
IMAGE=\1558806825812.jpg	1683.00000 989.00000	1957.00000 1200.00000	1557.00000 1013.00000
ID=2	1701.00000 1037.00000	1986.00000 1244.00000	1567.00000 1051.00000
SCALE=0.036811	IMAGE=	IMAGE=	IMAGE=
LM=9	20190513_110129.jpg	20190513_110518.jpg	20190513_110754.jpg
1421.00000 1104.00000	ID=7	ID=12	ID=17
1353.00000 1089.00000	SCALE=0.008164	SCALE=0.007616	SCALE=0.007854
1298.00000 1045.00000	LM=9	LM=9	LM=9
1261.00000 995.00000	2099.00000 1092.00000	1979.00000 1485.00000	1619.00000 1031.00000
1234.00000 940.00000	2013.00000 1100.00000	1891.00000 1470.00000	1565.00000 1025.00000
1373.00000 909.00000	1932.00000 1065.00000	1817.00000 1428.00000	1516.00000 995.00000
1382.00000 962.00000	1861.00000 1012.00000	1753.00000 1361.00000	1480.00000 951.00000
1401.00000 1004.00000	1805.00000 943.00000	1711.00000 1285.00000	1463.00000 901.00000
1415.00000 1047.00000	1966.00000 863.00000	1875.00000 1256.00000	1588.00000 892.00000
IMAGE=	1985.00000 934.00000	1900.00000 1334.00000	1583.00000 940.00000
20190513_105745.jpg	2011.00000 995.00000	1905.00000 1391.00000	1589.00000 975.00000
ID=3	2054.00000 1057.00000	1938.00000 1440.00000	1603.00000 1002.00000
SCALE=0.008927	IMAGE=	IMAGE=	IMAGE=
LM=9	20190513_110210.jpg	20190513_110548.jpg	20190513_110827.jpg
1853.00000 1038.00000	ID=8	ID=13	ID=18
1771.00000 1053.00000	SCALE=0.007337	SCALE=0.009615	SCALE=0.007568
1693.00000 1023.00000	LM=9	LM=9	LM=9
1623.00000 976.00000	1740.00000 1034.00000	1555.00000 949.00000	1820.00000 1012.00000
1569.00000 911.00000	1663.00000 1047.00000	1496.00000 928.00000	1774.00000 1004.00000
1723.00000 851.00000	1587.00000 1023.00000	1450.00000 881.00000	1732.00000 984.00000
1751.00000 919.00000	1519.00000 982.00000	1418.00000 829.00000	1691.00000 955.00000
1780.00000 969.00000	1457.00000 923.00000	1396.00000 751.00000	1654.00000 924.00000
1813.00000 1006.00000	1614.00000 834.00000	1556.00000 751.00000	1757.00000 867.00000
IMAGE=	1642.00000 896.00000	1544.00000 805.00000	1774.00000 905.00000
2019513_105910.jpg	1672.00000 950.00000	1541.00000 851.00000	1793.00000 942.00000
ID=4	1704.00000 998.00000	1547.00000 903.00000	1808.00000 974.00000
SCALE=0.007062	IMAGE=	IMAGE=	IMAGE=
	20190513_110249.jpg	20190513_110623.jpg	20190513_110907.jpg
	ID=9	ID=14	ID=19
	SCALE=0.006992	SCALE=0.007142	SCALE=0.006397

# Annexe II

LM=9  
1594.00000 929.00000  
1530.00000 929.00000  
1472.00000 899.00000  
1426.00000 860.00000  
1388.00000 806.00000  
1511.00000 751.00000  
1525.00000 803.00000  
1545.00000 854.00000  
1566.00000 897.00000  
IMAGE=  
20190513\_110936.jpg  
ID=20  
SCALE=0.008841  
LM=9  
1473.00000 975.00000  
1411.00000 971.00000  
1362.00000 945.00000  
1319.00000 901.00000  
1291.00000 847.00000  
1435.00000 807.00000  
1434.00000 860.00000  
1434.00000 909.00000  
1442.00000 947.00000  
IMAGE=  
20190513\_111009.jpg  
ID=21  
SCALE=0.007459  
LM=9  
2231.00000 978.00000  
2162.00000 989.00000  
2107.00000 972.00000  
2052.00000 943.00000  
2007.00000 904.00000  
2113.00000 820.00000  
2142.00000 866.00000  
2173.00000 902.00000  
2203.00000 939.00000  
IMAGE=  
20190513\_111032.jpg  
ID=22  
SCALE=0.007812  
LM=9  
2063.00000 1148.00000  
1980.00000 1156.00000  
1906.00000 1128.00000  
1842.00000 1079.00000  
1795.00000 1015.00000  
1947.00000 964.00000  
1956.00000 1024.00000  
1983.00000 1077.00000  
2025.00000 1112.00000  
IMAGE=  
20190513\_111106.jpg  
ID=23  
SCALE=0.008354  
LM=9  
1535.00000 870.00000  
1487.00000 870.00000  
1441.00000 853.00000  
1400.00000 828.00000  
1363.00000 792.00000  
1440.00000 717.00000  
1460.00000 759.00000  
1476.00000 804.00000  
1502.00000 838.00000  
IMAGE=  
20190513\_111137.jpg  
ID=24  
SCALE=0.008175  
LM=9  
1746.00000 984.00000  
1676.00000 971.00000  
1617.00000 927.00000  
1571.00000 870.00000  
1543.00000 794.00000  
1688.00000 772.00000  
1689.00000 834.00000  
1696.00000 892.00000  
1725.00000 938.00000  
IMAGE=  
20190513\_111206.jpg  
ID=25  
SCALE=0.006802

LM=9  
1545.00000 963.00000  
1480.00000 955.00000  
1422.00000 913.00000  
1379.00000 856.00000  
1347.00000 784.00000  
1498.00000 747.00000  
1503.00000 816.00000  
1503.00000 875.00000  
1520.00000 920.00000  
IMAGE=  
20190513\_111237.jpg  
ID=26  
SCALE=0.008332  
LM=9  
1871.00000 939.00000  
1816.00000 934.00000  
1765.00000 907.00000  
1721.00000 873.00000  
1683.00000 819.00000  
1804.00000 759.00000  
1819.00000 821.00000  
1832.00000 864.00000  
1852.00000 902.00000  
IMAGE=  
20190513\_111329.jpg  
ID=27  
SCALE=0.008058  
LM=9  
1868.00000 1081.00000  
1817.00000 1100.00000  
1771.00000 1090.00000  
1730.00000 1071.00000  
1691.00000 1036.00000  
1793.00000 973.00000  
1807.00000 1019.00000  
1821.00000 1049.00000  
1844.00000 1066.00000  
IMAGE=  
20190513\_111408.jpg  
ID=28  
SCALE=0.007575  
LM=9  
1627.00000 933.00000  
1559.00000 942.00000  
1493.00000 920.00000  
1434.00000 882.00000  
1384.00000 829.00000  
1519.00000 772.00000  
1537.00000 831.00000  
1557.00000 873.00000  
1589.00000 902.00000  
IMAGE=  
20190513\_111445.jpg  
ID=29  
SCALE=0.007387  
LM=9  
1710.00000 1255.00000  
1634.00000 1257.00000  
1572.00000 1229.00000  
1518.00000 1189.00000  
1475.00000 1135.00000  
1602.00000 1074.00000  
1619.00000 1128.00000  
1641.00000 1181.00000  
1682.00000 1218.00000  
IMAGE=  
20190513\_111514.jpg  
ID=30  
SCALE=0.007513  
LM=9  
1810.00000 1141.00000  
1739.00000 1149.00000  
1677.00000 1125.00000  
1625.00000 1086.00000  
1580.00000 1033.00000  
1717.00000 968.00000  
1736.00000 1026.00000  
1754.00000 1076.00000  
1773.00000 1115.00000  
IMAGE=  
20190513\_111602.jpg  
ID=31  
SCALE=0.008196

LM=9  
1650.00000 1019.00000  
1584.00000 1014.00000  
1536.00000 975.00000  
1496.00000 922.00000  
1469.00000 853.00000  
1605.00000 830.00000  
1602.00000 893.00000  
1607.00000 947.00000  
1626.00000 987.00000  
IMAGE=  
20190513\_111634.jpg  
ID=32  
SCALE=0.007194  
LM=9  
1608.00000 1038.00000  
1551.00000 1047.00000  
1490.00000 1029.00000  
1440.00000 1001.00000  
1403.00000 964.00000  
1510.00000 911.00000  
1528.00000 956.00000  
1552.00000 992.00000  
1581.00000 1015.00000  
IMAGE=  
20190513\_111705.jpg  
ID=33  
SCALE=0.007575  
LM=9  
2263.00000 910.00000  
2206.00000 942.00000  
2143.00000 945.00000  
2077.00000 932.00000  
2022.00000 908.00000  
2118.00000 803.00000  
2156.00000 851.00000  
2189.00000 881.00000  
2224.00000 896.00000  
IMAGE=  
20190513\_111739.jpg  
ID=34  
SCALE=0.007192  
LM=9  
2095.00000 846.00000  
2042.00000 866.00000  
1981.00000 853.00000  
1921.00000 826.00000  
1869.00000 786.00000  
1961.00000 692.00000  
1990.00000 741.00000  
2022.00000 787.00000  
2055.00000 822.00000  
IMAGE=  
20190513\_111816.jpg  
ID=35  
SCALE=0.008619  
LM=9  
1790.00000 907.00000  
1745.00000 933.00000  
1688.00000 929.00000  
1638.00000 914.00000  
1596.00000 888.00000  
1676.00000 792.00000  
1704.00000 829.00000  
1740.00000 859.00000  
1764.00000 882.00000  
IMAGE=  
20190513\_111904.jpg  
ID=36  
SCALE=0.008925  
LM=9  
2140.00000 814.00000  
2076.00000 834.00000  
2010.00000 824.00000  
1946.00000 794.00000  
1895.00000 750.00000  
1997.00000 646.00000  
2029.00000 703.00000  
2059.00000 754.00000  
2099.00000 792.00000  
IMAGE=  
20190513\_112029.jpg  
ID=37  
SCALE=0.008413

LM=9  
2118.00000 977.00000  
2085.00000 984.00000  
2044.00000 978.00000  
2005.00000 964.00000  
1973.00000 938.00000  
2040.00000 879.00000  
2056.00000 918.00000  
2079.00000 942.00000  
2099.00000 960.00000  
IMAGE=  
20190513\_112055.jpg  
ID=38  
SCALE=0.009614  
LM=9  
1904.00000 894.00000  
1848.00000 883.00000  
1808.00000 846.00000  
1776.00000 795.00000  
1752.00000 727.00000  
1888.00000 697.00000  
1888.00000 755.00000  
1880.00000 818.00000  
1899.00000 855.00000  
IMAGE=  
20190513\_112142.jpg  
ID=39  
SCALE=0.008305  
LM=9  
2171.00000 1025.00000  
2130.00000 1051.00000  
2076.00000 1052.00000  
2025.00000 1041.00000  
1974.00000 1013.00000  
2060.00000 913.00000  
2086.00000 962.00000  
2105.00000 999.00000  
2137.00000 1011.00000  
IMAGE=  
20190513\_112217.jpg  
ID=40  
SCALE=0.008236  
LM=9  
1599.00000 954.00000  
1540.00000 952.00000  
1488.00000 925.00000  
1447.00000 885.00000  
1412.00000 829.00000  
1516.00000 782.00000  
1526.00000 833.00000  
1539.00000 886.00000  
1568.00000 915.00000  
IMAGE=  
20190513\_112254.jpg  
ID=41  
SCALE=0.008906  
LM=9  
1966.00000 828.00000  
1917.00000 839.00000  
1865.00000 835.00000  
1814.00000 814.00000  
1775.00000 788.00000  
1859.00000 698.00000  
1880.00000 744.00000  
1905.00000 776.00000  
1937.00000 798.00000  
IMAGE=  
20190513\_112326.jpg  
ID=42  
SCALE=0.008878  
LM=9  
1876.00000 822.00000  
1844.00000 853.00000  
1799.00000 858.00000  
1756.00000 851.00000  
1712.00000 836.00000  
1748.00000 724.00000  
1778.00000 767.00000  
1810.00000 795.00000  
1846.00000 815.00000  
IMAGE=  
20190513\_112404.jpg  
ID=43  
SCALE=0.008539

# Annexe II

LM=9  
2129.00000 828.00000  
2066.00000 854.00000  
2000.00000 845.00000  
1940.00000 821.00000  
1890.00000 782.00000  
1965.00000 656.00000  
1999.00000 715.00000  
2034.00000 760.00000  
2079.00000 808.00000  
IMAGE=  
20190513\_112431.jpg  
ID=44  
SCALE=0.008187  
LM=9  
1945.00000 893.00000  
1886.00000 918.00000  
1828.00000 904.00000  
1773.00000 876.00000  
1728.00000 836.00000  
1812.00000 727.00000  
1840.00000 790.00000  
1872.00000 833.00000  
1902.00000 873.00000  
IMAGE=  
20190513\_112503.jpg  
ID=45  
SCALE=0.008750  
LM=9  
2147.00000 913.00000  
2113.00000 922.00000  
2073.00000 924.00000  
2031.00000 917.00000  
1992.00000 898.00000  
2046.00000 808.00000  
2069.00000 845.00000  
2092.00000 881.00000  
2123.00000 897.00000  
IMAGE=  
20190513\_112531.jpg  
ID=46  
SCALE=0.008262  
LM=9  
1445.00000 1014.00000  
1384.00000 1011.00000  
1332.00000 983.00000  
1289.00000 941.00000  
1258.00000 898.00000  
1365.00000 828.00000  
1379.00000 885.00000  
1395.00000 940.00000  
1416.00000 981.00000  
IMAGE=  
20190513\_112616.jpg  
ID=47  
SCALE=0.008764  
LM=9  
1847.00000 972.00000  
1787.00000 964.00000  
1738.00000 922.00000  
1705.00000 869.00000  
1682.00000 800.00000  
1812.00000 763.00000  
1810.00000 831.00000  
1819.00000 887.00000  
1828.00000 935.00000  
IMAGE=  
20190513\_112656.jpg  
ID=48  
SCALE=0.007670  
LM=9  
1875.00000 833.00000  
1812.00000 828.00000  
1766.00000 789.00000  
1733.00000 738.00000  
1707.00000 673.00000  
1833.00000 634.00000  
1822.00000 695.00000  
1827.00000 751.00000  
1853.00000 798.00000  
IMAGE=  
20190513\_112731.jpg  
ID=49  
SCALE=0.008062

LM=9  
1884.00000 933.00000  
1818.00000 925.00000  
1768.00000 895.00000  
1729.00000 854.00000  
1697.00000 802.00000  
1797.00000 737.00000  
1806.00000 805.00000  
1838.00000 861.00000  
1859.00000 899.00000  
IMAGE=  
20190513\_112754.jpg  
ID=50  
SCALE=0.008062  
LM=9  
1761.00000 772.00000  
1712.00000 769.00000  
1667.00000 747.00000  
1631.00000 709.00000  
1606.00000 661.00000  
1727.00000 632.00000  
1723.00000 682.00000  
1726.00000 721.00000  
1739.00000 750.00000  
IMAGE=  
20190513\_112846.jpg  
ID=51  
SCALE=0.007136  
LM=9  
1955.00000 624.00000  
1909.00000 637.00000  
1857.00000 624.00000  
1813.00000 593.00000  
1777.00000 555.00000  
1863.00000 477.00000  
1884.00000 531.00000  
1907.00000 570.00000  
1930.00000 601.00000  
IMAGE=  
20190513\_113001.jpg  
ID=52  
SCALE=0.009781  
LM=9  
1942.00000 1084.00000  
1877.00000 1102.00000  
1816.00000 1085.00000  
1755.00000 1048.00000  
1711.00000 994.00000  
1838.00000 897.00000  
1848.00000 980.00000  
1872.00000 1034.00000  
1905.00000 1066.00000  
IMAGE=  
20190513\_113043.jpg  
ID=53  
SCALE=0.007801  
LM=9  
1834.00000 987.00000  
1776.00000 997.00000  
1718.00000 974.00000  
1670.00000 936.00000  
1631.00000 884.00000  
1735.00000 804.00000  
1747.00000 873.00000  
1768.00000 920.00000  
1799.00000 957.00000  
IMAGE=  
20190513\_113118.jpg  
ID=54  
SCALE=0.008062  
LM=9  
1618.00000 952.00000  
1557.00000 951.00000  
1507.00000 924.00000  
1464.00000 883.00000  
1436.00000 838.00000  
1552.00000 773.00000  
1563.00000 834.00000  
1580.00000 884.00000  
1590.00000 925.00000  
IMAGE=  
20190513\_113149.jpg  
ID=55  
SCALE=0.007873

LM=9  
1642.00000 882.00000  
1576.00000 888.00000  
1522.00000 866.00000  
1478.00000 834.00000  
1446.00000 791.00000  
1533.00000 717.00000  
1548.00000 770.00000  
1572.00000 814.00000  
1595.00000 852.00000  
IMAGE=  
20190513\_113221.jpg  
ID=56  
SCALE=0.008130  
LM=9  
1761.00000 855.00000  
1710.00000 851.00000  
1667.00000 835.00000  
1629.00000 808.00000  
1598.00000 773.00000  
1666.00000 699.00000  
1683.00000 750.00000  
1703.00000 793.00000  
1728.00000 821.00000  
IMAGE=  
20190513\_113249.jpg  
ID=57  
SCALE=0.009028  
LM=9  
1731.00000 934.00000  
1676.00000 940.00000  
1630.00000 915.00000  
1596.00000 875.00000  
1569.00000 822.00000  
1698.00000 785.00000  
1698.00000 841.00000  
1702.00000 882.00000  
1713.00000 912.00000  
IMAGE=  
20190513\_113325.jpg  
ID=58  
SCALE=0.007298  
LM=9  
1457.00000 893.00000  
1396.00000 904.00000  
1333.00000 880.00000  
1284.00000 840.00000  
1249.00000 791.00000  
1375.00000 709.00000  
1383.00000 777.00000  
1400.00000 824.00000  
1430.00000 864.00000  
IMAGE=  
20190513\_113353.jpg  
ID=59  
SCALE=0.008401  
LM=9  
2119.00000 824.00000  
2070.00000 827.00000  
2022.00000 809.00000  
1978.00000 782.00000  
1942.00000 742.00000  
2029.00000 664.00000  
2045.00000 716.00000  
2068.00000 759.00000  
2092.00000 792.00000  
IMAGE=  
20190513\_113433.jpg  
ID=60  
SCALE=0.008996  
LM=9  
1493.00000 927.00000  
1431.00000 938.00000  
1371.00000 924.00000  
1316.00000 895.00000  
1272.00000 853.00000  
1362.00000 755.00000  
1384.00000 807.00000  
1418.00000 857.00000  
1450.00000 900.00000  
IMAGE=  
20190513\_113525.jpg  
ID=61  
SCALE=0.007348

LM=9  
2047.00000 943.00000  
1985.00000 966.00000  
1921.00000 952.00000  
1863.00000 916.00000  
1822.00000 870.00000  
1933.00000 795.00000  
1947.00000 846.00000  
1974.00000 891.00000  
2012.00000 926.00000  
IMAGE=  
20190513\_113604.jpg  
ID=62  
SCALE=0.008175  
LM=9  
1838.00000 793.00000  
1771.00000 782.00000  
1722.00000 749.00000  
1682.00000 704.00000  
1655.00000 650.00000  
1762.00000 601.00000  
1772.00000 665.00000  
1791.00000 714.00000  
1816.00000 752.00000  
IMAGE=  
20190513\_113630.jpg  
ID=63  
SCALE=0.008669  
LM=9  
1617.00000 631.00000  
1566.00000 639.00000  
1517.00000 618.00000  
1480.00000 582.00000  
1453.00000 534.00000  
1567.00000 489.00000  
1571.00000 543.00000  
1581.00000 583.00000  
1599.00000 610.00000  
IMAGE=  
20190513\_113721.jpg  
ID=64  
SCALE=0.008609  
LM=9  
2021.00000 765.00000  
1969.00000 776.00000  
1912.00000 758.00000  
1863.00000 725.00000  
1831.00000 689.00000  
1933.00000 604.00000  
1948.00000 654.00000  
1975.00000 701.00000  
2000.00000 737.00000  
IMAGE=  
20190513\_113803.jpg  
ID=65  
SCALE=0.007833  
LM=9  
1634.00000 1127.00000  
1592.00000 1132.00000  
1547.00000 1125.00000  
1505.00000 1103.00000  
1475.00000 1073.00000  
1573.00000 1019.00000  
1584.00000 1055.00000  
1597.00000 1083.00000  
1610.00000 1108.00000  
IMAGE=  
20190513\_113840.jpg  
ID=66  
SCALE=0.007804  
LM=9  
1596.00000 1061.00000  
1550.00000 1044.00000  
1518.00000 1018.00000  
1493.00000 982.00000  
1473.00000 940.00000  
1579.00000 922.00000  
1570.00000 968.00000  
1570.00000 1004.00000  
1578.00000 1032.00000  
IMAGE=  
20190513\_113917.jpg  
ID=67  
SCALE=0.007518

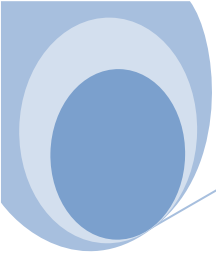
# Annexe II

LM=9  
2039.00000 722.00000  
1987.00000 735.00000  
1933.00000 724.00000  
1883.00000 697.00000  
1841.00000 660.00000  
1935.00000 591.00000  
1953.00000 634.00000  
1980.00000 672.00000  
2008.00000 701.00000  
IMAGE=  
20190513\_113948.jpg  
ID=68  
SCALE=0.008048  
LM=9  
1859.00000 841.00000  
1804.00000 850.00000  
1746.00000 828.00000  
1702.00000 794.00000  
1669.00000 751.00000  
1765.00000 669.00000  
1785.00000 725.00000  
1812.00000 769.00000  
1840.00000 809.00000  
IMAGE=  
20190513\_114038.jpg  
ID=69  
SCALE=0.009611  
LM=9  
1851.00000 865.00000  
1807.00000 869.00000  
1765.00000 845.00000  
1728.00000 811.00000  
1701.00000 768.00000  
1799.00000 722.00000  
1802.00000 767.00000  
1818.00000 801.00000  
1833.00000 837.00000  
IMAGE=  
20190513\_114108.jpg  
ID=70  
SCALE=0.009472  
LM=9  
1691.00000 724.00000  
1638.00000 736.00000  
1588.00000 727.00000  
1538.00000 701.00000  
1497.00000 662.00000  
1581.00000 588.00000  
1598.00000 630.00000  
1616.00000 674.00000  
1650.00000 705.00000  
IMAGE=  
20190513\_114142.jpg  
ID=71  
SCALE=0.008827  
LM=9  
1892.00000 812.00000  
1849.00000 842.00000  
1797.00000 853.00000  
1742.00000 848.00000  
1684.00000 825.00000  
1736.00000 722.00000  
1776.00000 757.00000  
1816.00000 791.00000  
1856.00000 803.00000  
IMAGE=  
20190513\_114211.jpg  
ID=72  
SCALE=0.010526  
LM=9  
1923.00000 783.00000  
1865.00000 787.00000  
1811.00000 763.00000  
1764.00000 727.00000  
1731.00000 688.00000  
1831.00000 598.00000  
1846.00000 654.00000  
1871.00000 707.00000  
1897.00000 746.00000  
IMAGE=  
20190513\_114249.jpg  
ID=73  
SCALE=0.008837

LM=9  
1856.00000 1065.00000  
1799.00000 1087.00000  
1735.00000 1078.00000  
1670.00000 1047.00000  
1618.00000 1002.00000  
1718.00000 907.00000  
1744.00000 958.00000  
1778.00000 1004.00000  
1817.00000 1038.00000  
IMAGE=  
20190513\_114335.jpg  
ID=74  
SCALE=0.007969  
LM=9  
1858.00000 756.00000  
1801.00000 763.00000  
1745.00000 746.00000  
1697.00000 715.00000  
1659.00000 675.00000  
1758.00000 617.00000  
1778.00000 662.00000  
1799.00000 702.00000  
1827.00000 734.00000  
IMAGE=  
20190513\_114400.jpg  
ID=75  
SCALE=0.009119  
LM=9  
1996.00000 866.00000  
1950.00000 882.00000  
1899.00000 874.00000  
1850.00000 855.00000  
1810.00000 825.00000  
1886.00000 750.00000  
1909.00000 792.00000  
1939.00000 827.00000  
1968.00000 849.00000  
IMAGE=  
20190513\_114435.jpg  
ID=76  
SCALE=0.008117  
LM=9  
1835.00000 801.00000  
1786.00000 802.00000  
1745.00000 781.00000  
1710.00000 748.00000  
1682.00000 702.00000  
1780.00000 664.00000  
1790.00000 708.00000  
1803.00000 744.00000  
1818.00000 777.00000  
IMAGE=  
20190513\_114508.jpg  
ID=77  
SCALE=0.009513  
LM=9  
1951.00000 746.00000  
1895.00000 762.00000  
1836.00000 746.00000  
1790.00000 715.00000  
1756.00000 679.00000  
1860.00000 619.00000  
1875.00000 660.00000  
1901.00000 697.00000  
1927.00000 727.00000  
IMAGE=  
20190513\_114541.jpg  
ID=78  
SCALE=0.009182  
LM=9  
1575.00000 723.00000  
1506.00000 710.00000  
1450.00000 680.00000  
1404.00000 638.00000  
1365.00000 590.00000  
1488.00000 527.00000  
1505.00000 575.00000  
1526.00000 624.00000  
1554.00000 669.00000  
IMAGE=  
20190513\_114609.jpg  
ID=79  
SCALE=0.008916

LM=9  
1744.00000 855.00000  
1698.00000 868.00000  
1649.00000 858.00000  
1606.00000 830.00000  
1570.00000 792.00000  
1666.00000 732.00000  
1680.00000 776.00000  
1702.00000 808.00000  
1724.00000 835.00000  
IMAGE=  
20190513\_114638.jpg  
ID=80  
SCALE=0.009054  
LM=9  
1795.00000 1039.00000  
1756.00000 1053.00000  
1713.00000 1041.00000  
1676.00000 1015.00000  
1646.00000 976.00000  
1757.00000 932.00000  
1761.00000 970.00000  
1771.00000 999.00000  
1782.00000 1019.00000  
IMAGE=  
20190513\_114744.jpg  
ID=81  
SCALE=0.008329  
LM=9  
2031.00000 837.00000  
1984.00000 846.00000  
1937.00000 832.00000  
1899.00000 809.00000  
1870.00000 775.00000  
1964.00000 724.00000  
1975.00000 760.00000  
1987.00000 794.00000  
2009.00000 818.00000  
IMAGE=  
20190513\_114822.jpg  
ID=82  
SCALE=0.009419  
LM=9  
2192.00000 1036.00000  
2125.00000 1052.00000  
2054.00000 1033.00000  
1994.00000 994.00000  
1950.00000 949.00000  
2087.00000 850.00000  
2117.00000 910.00000  
2141.00000 959.00000  
2171.00000 1002.00000  
IMAGE=  
20190513\_114857.jpg  
ID=83  
SCALE=0.008108  
LM=9  
1871.00000 842.00000  
1828.00000 837.00000  
1788.00000 811.00000  
1756.00000 780.00000  
1734.00000 742.00000  
1831.00000 696.00000  
1838.00000 734.00000  
1850.00000 774.00000  
1859.00000 810.00000  
IMAGE=  
20190513\_114923.jpg  
ID=84  
SCALE=0.009110  
LM=9  
1733.00000 990.00000  
1661.00000 976.00000  
1605.00000 933.00000  
1559.00000 874.00000  
1528.00000 804.00000  
1676.00000 774.00000  
1679.00000 844.00000  
1691.00000 900.00000  
1714.00000 946.00000  
IMAGE=  
20190513\_115005.jpg  
ID=85  
SCALE=0.007041

LM=9  
1624.00000 885.00000  
1580.00000 872.00000  
1546.00000 840.00000  
1521.00000 798.00000  
1509.00000 749.00000  
1618.00000 744.00000  
1613.00000 787.00000  
1611.00000 825.00000  
1615.00000 856.00000  
IMAGE=  
20190513\_115038.jpg  
ID=86  
SCALE=0.008536  
LM=9  
1830.00000 819.00000  
1778.00000 848.00000  
1715.00000 844.00000  
1659.00000 822.00000  
1611.00000 788.00000  
1715.00000 704.00000  
1743.00000 747.00000  
1765.00000 792.00000  
1796.00000 810.00000  
IMAGE=  
20190513\_115140.jpg  
ID=87  
SCALE=0.008196  
LM=9  
1658.00000 1001.00000  
1598.00000 1033.00000  
1517.00000 1029.00000  
1451.00000 999.00000  
1390.00000 952.00000  
1512.00000 864.00000  
1549.00000 917.00000  
1583.00000 956.00000  
1619.00000 981.00000  
IMAGE=  
20190513\_115214.jpg  
ID=88  
SCALE=0.007298  
LM=9  
1522.00000 834.00000  
1476.00000 818.00000  
1442.00000 789.00000  
1415.00000 754.00000  
1391.00000 706.00000  
1480.00000 692.00000  
1484.00000 737.00000  
1496.00000 774.00000  
1508.00000 804.00000  
IMAGE=  
20190513\_115238.jpg  
ID=89  
SCALE=0.008393  
LM=9  
1901.00000 872.00000  
1848.00000 894.00000  
1788.00000 888.00000  
1729.00000 864.00000  
1679.00000 826.00000  
1778.00000 736.00000  
1810.00000 785.00000  
1842.00000 821.00000  
1875.00000 849.00000  
IMAGE=  
20190513\_115307.jpg  
ID=90  
SCALE=0.008605  
LM=9  
1849.00000 979.00000  
1779.00000 996.00000  
1722.00000 972.00000  
1666.00000 934.00000  
1617.00000 876.00000  
1751.00000 801.00000  
1777.00000 866.00000  
1801.00000 913.00000  
1823.00000 953.00000  
IMAGE=  
20190513\_115345.jpg  
ID=91  
SCALE=0.006611



## Annexe II

LM=9  
1688.00000 1009.00000  
1632.00000 1005.00000  
1589.00000 981.00000  
1552.00000 948.00000  
1525.00000 908.00000  
1637.00000 878.00000  
1646.00000 920.00000  
1656.00000 955.00000  
1672.00000 982.00000  
IMAGE=  
20190513\_115412.jpg  
ID=92  
SCALE=0.007678  
LM=9  
1790.00000 852.00000  
1726.00000 852.00000  
1675.00000 827.00000  
1627.00000 789.00000  
1591.00000 737.00000  
1700.00000 677.00000  
1716.00000 738.00000  
1743.00000 782.00000  
1766.00000 816.00000  
IMAGE=  
20190513\_115440.jpg  
ID=93  
SCALE=0.007975  
LM=9  
1917.00000 884.00000  
1855.00000 898.00000  
1801.00000 883.00000  
1749.00000 856.00000  
1707.00000 816.00000  
1813.00000 756.00000  
1834.00000 797.00000  
1854.00000 831.00000  
1884.00000 860.00000  
IMAGE=  
20190513\_115516.jpg  
ID=94  
SCALE=0.008129  
LM=9  
1809.00000 947.00000  
1753.00000 958.00000  
1696.00000 937.00000  
1650.00000 907.00000  
1610.00000 863.00000  
1702.00000 802.00000  
1723.00000 852.00000  
1741.00000 893.00000  
1772.00000 925.00000  
IMAGE=  
20190513\_115543.jpg  
ID=95  
SCALE=0.007394  
LM=9  
1734.00000 919.00000  
1672.00000 941.00000  
1613.00000 936.00000  
1559.00000 915.00000  
1507.00000 877.00000  
1600.00000 787.00000  
1630.00000 831.00000  
1662.00000 863.00000  
1696.00000 892.00000  
IMAGE=  
20190513\_115612.jpg  
ID=96  
SCALE=0.007287

LM=9  
1698.00000 911.00000  
1645.00000 910.00000  
1599.00000 889.00000  
1562.00000 857.00000  
1531.00000 811.00000  
1642.00000 774.00000  
1654.00000 820.00000  
1665.00000 856.00000  
1681.00000 884.00000  
IMAGE=  
20190513\_115656.jpg  
ID=97  
SCALE=0.007927

LM=9  
1646.00000 946.00000  
1591.00000 945.00000  
1546.00000 913.00000  
1509.00000 874.00000  
1481.00000 818.00000  
1600.00000 779.00000  
1596.00000 838.00000  
1602.00000 886.00000  
1617.00000 926.00000  
IMAGE=  
20190513\_115717.jpg  
ID=98  
SCALE=0.008052  
LM=9  
1764.00000 793.00000  
1711.00000 783.00000  
1670.00000 755.00000  
1635.00000 720.00000  
1609.00000 673.00000  
1715.00000 641.00000  
1722.00000 696.00000  
1732.00000 733.00000  
1744.00000 764.00000  
IMAGE=  
20190513\_115740.jpg  
ID=99  
SCALE=0.008693