

Research Article

Analyse morpho-géométrique de la forme du bec chez deux génotypes de poule locale : Cou-nu et normalement emplumé

DAHLOUM Lahouari^{1,*}, BENAMEUR Qada², ARABI Abed³, BETTAHAR Satia¹¹Département d'agronomie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Mostaganem, 27000, Algérie²Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Mostaganem, 27000, Algérie.³Département de biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Mostaganem, 27000, Algérie*Contact: lahouari.dahloum@univ-mosta.dz

Reçu: 8 Mai 2022/ Accepté: 25 Mai 2022/ Publié: 30 Juin 2022

Résumé. Cette étude a consisté à analyser la variabilité de la forme du bec chez deux génotypes de poule locale Cou-nu (Nana) et normalement emplumé (nana), par l'utilisation de la morphométrie géométrique basée sur les points repères. Au total, 81 pondeuses locales (Nana=21 ; nana=60) ont été utilisées dans la présente étude. Le bec de chaque oiseau a été photographié. La digitalisation des images a été réalisée à l'aide du logiciel tpsDig. La méthode de superposition Procruste a été appliquée sous MorphoJ. Treize points repères homologues ont été retenus sur la mandibule supérieure de chaque poule. L'analyse en composantes principales a permis d'extraire 3 composantes, expliquant ensemble 75,3% de l'inertie totale. L'analyse discriminante et le test de Hotelling ont permis de mettre en évidence une différence de la forme du bec ($P < 0,001$) entre les deux génotypes. L'analyse procrustéenne appliquée dans la présente étude s'est avérée précise pour identifier, et visualiser la conformation du bec chez la poule locale. Des études complémentaires devraient permettre de mieux comprendre les caractéristiques comportementales, en particulier l'adaptation à des régimes alimentaires variés chez la volaille.

Mots-clés : Poule, bec, morphométrie-géométrique, sélection

Introduction

La forme du bec est un élément souvent caractéristique d'un ordre, d'une famille ou d'un genre, ce qui en fait un paramètre qualitatif pouvant se révéler très intéressant dans le cadre d'une clé de détermination (Lebédel 2017). Le comportement de picage chez les volailles, par exemple, est en partie sous contrôle génétique. Sélectionner contre le picage pourrait donc constituer une solution, en réduisant les pertes économiques liées au phénomène, sans recourir au débéquage ou à l'élevage en obscurité, tous deux fortement contestés (Beaumont et Chapuis, 2004).

La morphologie du bec est aussi 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 (Dahloum et al, 2019). Les analyses de la morphométrie traditionnelle du bec chez la volaille sont généralement basées sur des mesures linéaires notamment de longueur, de profondeur, et de largeur (Foster et al, 2007). Cependant, ces mesures sont limitées car elles ne véhiculent aucune donnée géométrique sur la forme du bec, et le peu d'informations fournies dépend de la taille du bec. La morphométrie géométrique (MG) 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 (Moksnes 2014 ; Shao et al, 2016 ; Dalton et al, 2017 ; Bright et al, 2019). La MG est une méthode morphométrique basée sur l'analyse de la forme plutôt que les distances et les angles (Bookstein 1991 ; Tatsuta et al. 2018). Cette approche moderne bénéficie également d'une puissance statistique accrue (Bustamante et al. 2020). L'objectif de cette étude consiste, en effet, à analyser la forme du bec chez la poule locale à l'aide de la MG, pour voir comment il serait possible de sélectionner des animaux plus adaptés à des conditions d'élevage différentes.

Matériel et Méthodes

Les photographies du bec ont d'abord été traitées par tpsUtil 1.61 (Rohlf 2015). La forme de la mandibule supérieure de chaque bec a été numérisée avec des coordonnées cartésiennes bidimensionnelles (x,y) de 13 points repères (Figure 1), à l'aide du logiciel tpsDig 2.05 (Rohlf 2005). Les coordonnées des points repères obtenues à partir du tpsDig ont été utilisées et traitées sous MorphoJ 1.07a (Klingenberg 2011). Les coordonnées cartésiennes des spécimens ont ensuite été alignées pour éliminer les variations de taille, de position et d'orientation, à l'aide de la méthode de Superposition Procuste Généralisée des moindres carrés (Bookstein 1991) (Figure 2). Afin de quantifier la variation de la forme du bec, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à partir de la matrice des variances-covariances des coordonnées de la forme Procuste à l'aide du logiciel MorphoJ 1.07a (Klingenberg 2011).



Figure 1. Digitalisation de 13 points-repères sur la mandibule supérieure du bec

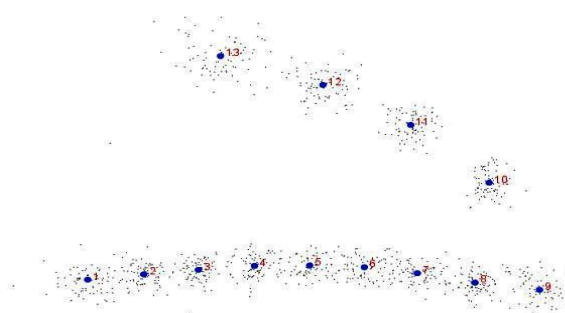


Figure 2. La forme consensus du bec obtenue par superposition Procruste.

Analyse de la variation de la taille et de la forme du bec

La taille de la mandibule supérieure du bec a été estimée par la "taille centroïde" (Sandoval-Ramirez *et al*, 2015), qui correspond à la racine carrée de la somme des distances au carré entre le centre de la configuration du landmark (ou centroïde) et chaque landmark (Bookstein 1991). La normalité de la distribution des données a été vérifiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Le test de Levene a été réalisé pour vérifier l'homogénéité des variances entre les groupes. Les moyennes ont été comparées par le test T. Pour l'analyse, une transformation logarithmique a été appliquée aux valeurs de la taille centroïde. Les contributions relatives de chaque landmark dans la variation de la forme du bec ont été produites par le logiciel tpsRelw 1.36 (Rohlf 2003).

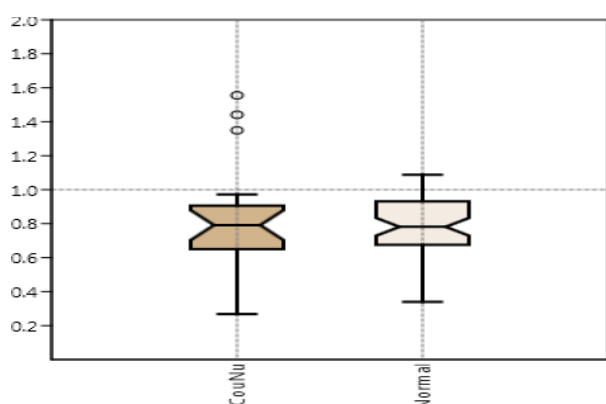


Figure 3. Box plot de la taille centroïde du bec chez les génotypes Nana et nana

L'Analyse discriminante a été utilisée pour la classification des 2 génotypes étudiés. La signification statistique de la différence de la forme moyenne du bec entre les génotypes a ensuite été analysée à l'aide du test de permutation. La procédure de classification à validation croisée a été utilisée en

complément de l'analyse discriminante pour évaluer l'exactitude de la classification, basée sur les distances Mahalanobis.

Effet allométrique

Pour estimer l'effet allométrique, nous avons ajusté séparément un modèle de régression multivariée des coordonnées Procrustéennes (variables dépendantes) sur la taille (variable indépendante) à l'aide d'un test de permutation (10000). La taille du centroïde a d'abord été transformée en son logarithme naturel pour augmenter l'ajustement du modèle, traduit ici par le pourcentage de la variance de la forme du bec expliquée par sa taille.

Résultats et Discussion

Variation de la taille du bec

Selon le test de Shapiro-Wilk, les distributions de la taille du bec chez le poulet Cou-nu et le poulet normalement emplumé ne s'écartaient pas de la normalité ($P > 0,05$). Les statistiques descriptives de la taille du bec, calculée sur la base de son logarithme décimal chez les deux génotypes sont données dans le tableau 1. Le test des égalités des variances de la taille du bec a montré une différence significative ($F=3,28$, $P < 0,05$) entre les deux groupes génétiques. Ce caractère était significativement plus hétérogène (+15% ; $T= 30,13$, $P < 0,05$) chez les animaux Cou-nu, comparés à leur homologues normalement emplumés.

Variation de la forme du bec

Au total, 22 composantes principales (CP) ont été obtenues à partir des coordonnées procrustéennes des 13 landmarks retenus sur la mandibule supérieure, mais 3 composantes seulement ont été nécessaires pour expliquer près de 75,3% de la variation totale de la forme du bec (tableau 2). Les pourcentages expliqués par la CP₁, CP₂, et la CP₃ étaient respectivement 35,1%, 26,0%, et 14,1% de l'inertie totale. Des résultats similaires ont été rapportés dans une étude précédente (Dahloum *et al*, 2019), menée sur deux souches de poulet de chair Cobb500 et Hubbard classique

Tableau 1. Statistiques descriptives du Logarithme de la taille centroïde du bec chez les génotypes Nana et nana.

	Nana	nana
Effectif	(n=21)	(n=60)
Minimum	0,27	0,34
Maximum	1,55	1,08
Moyenne	0,82a	0,78b
Ecart-type	0,31	0,17
Coefficient de variation (%)	37,87	22,21

Tableau 2. Valeurs propres, pourcentage de la variance expliquée et pourcentage de la variance cumulée traduites par les 3 composantes.

CP	Valeur propre	Variance (%)	Variance cumulée (%)
CP ₁	0,0062	35,15	35,15
CP ₂	0,0046	26,00	61,14
CP ₃	0,0025	14,13	75,27

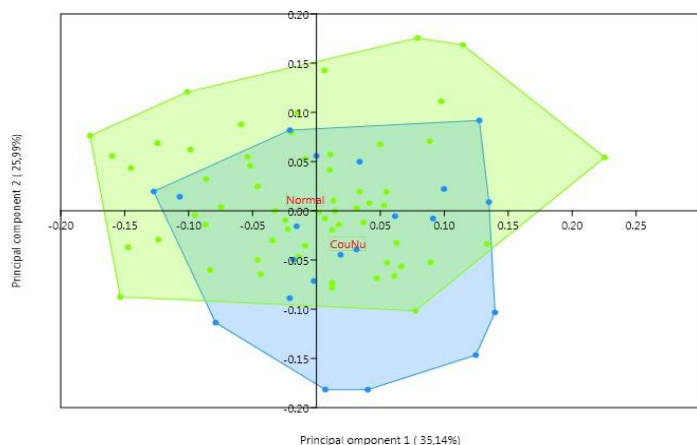


Figure 4. ACP de la configuration du bec. Cou-nu (bleu), plumage normal (vert). Axe 1 (35,14 %) ; Axe 2 (25,99%)

Bien qu'il y ait un chevauchement clair entre les individus (Figure 4), nous pouvons observer une légère séparation entre les deux groupes génétiques, à partir du nuage de points obtenu en utilisant les scores du premier plan factoriel (PC₁-PC₂). Une différence significative (10.000 permutations, $P < 0,0001$) sur la forme de la mandibule supérieure (Figure 5) a été constatée entre les deux génotypes. La distances Mahalanobis (2,197; $T^2 = 75,09$, $P = 0,0028$) et la distance Procruste (0,001; $T^2 = 0,003$, $P = 0,0028$) ont été très significatives ($P < 0,0001$). Des résultats similaires ont été rapportés dans une autre étude comparative menée sur la souche Cobb500 et la pondeuse IsaBrown (Données non publiées). En utilisant la MG, Moksnes (2014) a mis en évidence des effets significatifs des facteurs climatiques et génétiques sur la forme du bec chez trois groupes génétiques (le moineau italien, le moineau domestique, et leur croisement). Selon plusieurs auteurs, ces éléments génétiques ont un effet important sur le développement embryonnaire (Abzhanov et al. 2004 ; Mallarino et al., 2011).

Dan la présente étude, la classification réalisée à l'aide du test de validation croisée (tableau 5) a donné un taux de classification de 62,9%, justifiant ainsi la fiabilité de la MG pour quantifier les différences de la forme du bec entre les deux groupes génétiques étudiés. Si on considère à la fois les deux paramètres (taille+forme). Le pourcentage d'échantillon correctement classé est légèrement amélioré (65,4%).

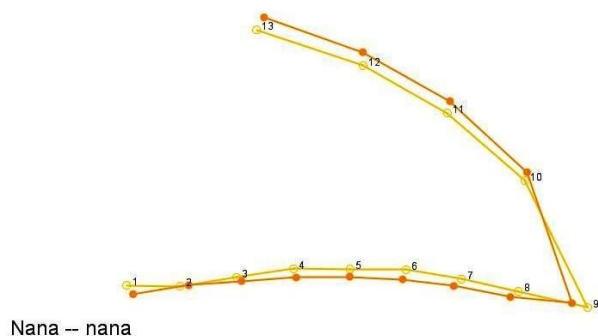


Figure 5. Différence de la forme de la mandibule supérieure entre le poulet Nana (jaune) et le poulet nana (orange).

Tableau 5. Pourcentage des individus correctement classés

Génotype	% de classification correcte
Cou-nu	57% (12/21)
Plumage normal	65% (39/60)

Les valeurs entre parenthèses indiquent le nombre d'individus correctement classés/ nombre total des individus.

Allométrie

La régression des coordonnées procrustes sur la taille centroïde du bec a montré une différence très significative ($P < 0,0001$). La relation entre la forme et la taille du bec dans chaque groupe génétique a montré que la variation de la forme du bec était significativement liée à sa taille (test de permutation 10000, $P < 0,0001$). Ainsi, le pourcentage de variation de la forme du bec expliqué par les changements de la taille était respectivement 8,1% et 0,77% chez le Cou-nu et le génotype à plumage normale.

Conclusion

La morphométrie géométrique appliquée ici, a permis de mettre en évidence une variabilité assez nette de la forme du bec chez le poulet local Cou nu. Cette variabilité pourrait être utile pour mieux comprendre le comportement alimentaire des animaux, et considérer la forme du bec comme nouveau critère de sélection de volailles plus adaptées aux conditions d'élevage différentes, et réduire les dommages causés par le picage.

Références

1. Abzhanov, A., Protas, M., Grant, B. R., Grant, P. R. et al. (2004). Bmp4 and morphological variation of beaks in Darwin's finches. *Science* (New York, N.Y.), 305(5689), 1462–5.
2. Beaumont C., Chapuis H., 2004. Génétique et sélection avicoles : évolution des méthodes et des caractères. *INRA Prod. Anim.*, 17, 35-43
3. Bookstein FL. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge University Press, New York:435 pp.
4. Bright J A, Marugán-Lobón J, Rayfield E J. and Samuel N. Cobb (2019). The multifactorial nature of beak and skull shape evolution in parrots and cockatoos (Psittaciformes), *BMC Evolutionary Biology* 19:104
5. Bustamante T, Baiser B, Ellis JD. 2020. Comparing classical and geometric morphometric methods to discriminate between the South African honey bee subspecies *Apis mellifera scutellata* and *Apis mellifera capensis* (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie* (Celle) 51: 123-136. DOI: 10.1007/s13592-019-00651-6.
6. Dahloum L, Soltani F, Arabi A, Fassih A, Bettahar S, Belaiche Z, Halbouche Miloud (2019). Analyse Procruste Généralisée de la forme du bec chez le poulet de chair. 9èmes Journées Nationales de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Mostaganem, les 6 et 7 novembre 2019
7. Dalton HA, Wood BJ, Widowski TM, Guerin MT, Torrey S (2017) An analysis of beak shape variation in two ages of domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*) using landmark-based geometric morphometrics. *PLOS ONE* 12(9): e0185159. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185159>
8. Foster DJ, Podos J, Hendry AP. A geometric morphometric appraisal of beak shape in Darwin's finches. *J Evol Biol.* 2007;21: 263–75. pmid:18021202
9. Klingenberg CP. 2011. MorphoJ: An integrated software package for geometric morphometrics. *Mol Ecol Resour* 11:353-357.
10. Lebédél A. (2017). Etude ostéomorphologique et clé de détermination de têtes osseuses de l'avifaune autochtone non captive de France. *Cahiers d'Anatomie Comparée*, 2017 (NS°2): 1-35, C@C Tous droits réservés.
11. Mallarino, R., Grant, P. R., Grant, B. R., Herrel, A. et al. (2011). Two developmental modules establish 3D beak-shape variation in Darwin's finches. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(10), 4057–62.
12. Mendez DA, Rodríguez NO, Otálora-Luna F, Aldana, E. J. 2015. Morphometric analysis of the host effect on phenotypical variation of *Belminus ferroae* (Hemiptera: Triatominae). *Psyche*:1-12. DOI: 10.1155/2015/613614
13. Moksnes J (2014). The Effect of Hybridization on Beak

Morphology in the House Sparrow (*Passer domesticus*) and Italian Sparrow (*P. italiae*), Master of Science Thesis, Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

14. Rohlf FJ. 2005. tpsDig, digitize landmarks and outlines, version 2.05. Department of Ecology and Evolution. State University of New York at Stony Brook, NY.
15. Rohlf FJ. 2015. tpsUtil, fileutility program. version 1.61. Department of Ecology and Evolution. State University of New York at Stony Brook, NY.
16. Sandoval Ramirez CM, Nieves Blanco EE, Gutiérrez Marin R, Jaimes Rohlf FJ. 2003. tpsRelw-Relative Warp Analysis, version 1.36. Stony Brook University, Stony Brook, NY.
17. Shao S, Quan Q , Cai T, Song G , Qu Y and Lei F (2016). Evolution of body morphology and beak shape revealed by a morphometric analysis of 14 Paridae species. *Frontiers in Zoology* 13:30 . DOI :10.1186/s12983-016-0162-0