

## Modélisation du dimorphisme sexuel chez la chèvre de race Arabia en Algérie (*Capra hircus* L., 1758) : étude ostéométrique prédictive de têtes osseuses

Rania Ridouh<sup>1</sup>, Faïza Tekkouk-Zemmouchi<sup>1</sup>, Baaïssa Babelhadj<sup>2,3</sup>, Ana Guintard<sup>4</sup>,  
Chantal Thorin<sup>5</sup> & Claude Guintard<sup>6,\*</sup>

<sup>1</sup> Université Constantine 1, Institut des Sciences Vétérinaires, Laboratoire de gestion de la santé et productions animales, El Khroub, Algérie; anatomiste27@outlook.fr; ftekkouk@yahoo.fr

<sup>2</sup> Ecole normale supérieure de Ouargla, Algérie, babelhadj.baaïssa@ens-ouargla.dz

<sup>3</sup> Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie

<sup>4</sup> Chaire de télémedecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes-Atlantique ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, F-44307 Nantes Cedex 03, France; ana.guintard@oniris-nantes.fr

<sup>5</sup> Statistique, Unité de pharmacologie, Ecole Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes-Atlantique ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, F-44307 Nantes Cedex 03, France; chantal.thorin@oniris-nantes.fr

<sup>6</sup> Unité d'anatomie comparée, Département d'Anatomie, ONIRIS Ecole vétérinaire de Nantes, Atlanpole – La Chantrerie, F-44307 Nantes Cedex 3, France; claud.guintard@oniris-nantes.fr

\* Auteur correspondant

**Résumé:** La réalisation de référentiels pour l'archéozoologie est du plus haut intérêt afin de pouvoir identifier avec précision les os issus des chantiers de fouille archéologique. La craniométrie dans l'espèce caprine fait défaut. Ce travail propose, en se focalisant sur le dimorphisme sexuel qui est un facteur de diagnose important, d'approfondir la connaissance d'une race rustique de format moyen, la race Arabia de la région de Constantine en Algérie. Un échantillon équilibré de 30 mâles et 30 femelles de format adulte (animaux de plus de 2 ans) a été constitué et les crânes et mandibules de chaque animal ont été mesurés. Au total, 16 mesures ont été prises sur le crâne, 8 sur la mandibule et 4 rapports (index) ont été calculés (2 pour le crâne et 2 pour la mandibule). Les analyses univariées permettent de donner des valeurs de référence. La variabilité globale de la population entière pour les différents paramètres oscille entre 5,8 % (CB14) et 16,3 % (MH9). Les paramètres du crâne sont plus variables que ceux de la face avec respectivement des valeurs moyennes des coefficients de variation égaux à 9,2 % et 8,7 %. L'analyse multivariée (Analyse en Composantes principales ou ACP) fait ressortir de façon claire le dimorphisme sexuel : une ségrégation selon le sexe est observée dans le plan factoriel principal et les nuages des points des individus mâles et femelles se distinguent avant tout sur l'axe I (axe de taille). Les ellipses de confiance à 95 % ne se chevauchent pas. L'analyse discriminante a permis de proposer une liste de variables permettant de séparer au mieux les deux sexes. L'analyse pas à pas fait ressortir comme valeur la plus discriminante CB19, à la suite de quoi la régression logistique a permis de proposer des valeurs seuils afin de séparer les mâles des femelles pour les 16 mesures ayant un taux d'erreur inférieur à 0,40.

**Mots-clés:** Chèvre, ostéométrie, race Arabia, dimorphisme sexuel, crâne, mandibule.

**Abstract: Modelling of sexual dimorphism in the Arab goat of Algeria (*Capra hircus* L., 1758): predictive skull osteometric study.** - The creation of references for zooarchaeology is of the highest interest in order to be able to accurately identify the bones left from archaeological excavation sites. Craniometry in the caprine species is lacking and this work proposes, focusing on sexual dimorphism which is an important diagnostic factor, to deepen a rustic breed of medium size, the Arabia breed of the region of Constantine in Algeria. A balanced sample of 30 males and 30 females of adult-sized (animals older than 2 years) was collected and the skulls and mandibles of each animal were measured. A total of 16 measurements were made on the skull, 8 on the mandible and 4 ratios (index) were calculated (2 for the skull and 2 for the mandible). Univariate analyses provide reference values. The overall variability of the entire population for the different parameters ranges from 5.8% (CB14) to 16.3% (MH9). The parameters of the skull are more variable than those of the face with mean values of coefficients of variation equal to 9.2% and 8.7% respectively. Multivariate analysis (Principal Component Analysis or PCA) clearly highlights sexual dimorphism : sex segregation is observed in the main factorial plane and the clouds of the points of the males and female individuals are distinguished mainly on the axis I (size axis). The 95% confidence ellipses do not overlap. The discriminant analysis made it possible to propose a list of variables allowing to separate the two sexes at best. The

step-by-step analysis highlights as the most discriminant value CB19. As a result of the logistic regression made, it was possible to propose threshold values in order to separate the males from the females for the 16 measurements with an error rate of less than 0.40.

**Keywords:** Goat, osteometry, Arabia breed, sexual dimorphism, skull, mandible.

## 1. INTRODUCTION

La chèvre est une espèce largement rencontrée dans les restes osseux issus des chantiers de fouilles archéologiques, notamment dans le pourtour méditerranéen. Le nombre de restes atteint, dans la région Languedoc-Roussillon, 20 à 25 % du groupe morphologique des ovicaprins (Fabre *et al.*, 2002; Forest, 2003, 2018), parfois légèrement plus, pour les périodes historiques. Au-delà de la simple diagnose osseuse, non évidente vis-à-vis du mouton (Boessneck, 1969; Boessneck *et al.*, 1964; Prummel & Frisch, 1986), il est intéressant de préciser le sexe des individus présents, car il peut témoigner d'un mode d'élevage. Peu de travaux ont approfondi ce point de vue et les populations de référence ne sont pas nombreuses. Ce travail se positionne dans le prolongement de plusieurs études ostéobiométriques déjà publiées chez les ruminants autochtones d'Algérie (bovins, moutons et dromadaires) (Adamou *et al.*, 2013; Babelhadj *et al.*, 2016; Guintard & Tekkoul-Zemmouchi, 2010; Tekkoul & Guintard, 2007), ainsi qu'après l'examen de résultats ostéométriques préliminaires obtenus sur des métapodes de chèvres algériennes (Guintard *et al.*, 2018; Ridouh *et al.*, 2019; Tekkoul-Zemmouchi *et al.*, 2013). La biométrie de l'espèce caprine a, par ailleurs, fait l'objet d'études dans de nombreuses races (Bouchel *et al.*, 1997, 2006; Habbi, 2014; Manallah & Dekhili, 2011; Moustaria, 2008; Madani *et al.*, 2003). Alors qu'un certain nombre d'études se sont penchées sur la crâniométrie chez les bovins et les ovins (Antonot, 2000; Grigson, 1974, 1978, 1982; Guintard *et al.*, 2001; Guintard & Fouché, 2008; Fouché, 2006), très peu se sont intéressées à la chèvre. Le but de ce travail est donc :

- de réaliser une base de données statistiques à partir d'un large échantillon de crânes et de mandibules de caprins;
- de prolonger les études ostéobiométriques déjà publiées chez la chèvre autochtone, auxquelles nous avions contribué (Guintard *et al.*, 2018; Ridouh *et al.*, 2019; Tekkoul-Zemmouchi *et al.*, 2013);
- de déterminer les variables les mieux corrélées entre elles au niveau de la tête osseuse, composée du massif osseux supérieur ou crâne et de la mandibule;
- d'approfondir l'analyse du dimorphisme sexuel dans l'espèce caprine, sachant qu'elle n'a donné lieu qu'à très peu d'études.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Matériel expérimental

#### 2.1.1. Animaux

Les chèvres présentes en Algérie sont principalement de types traditionnels, la majorité d'entre elles étant élevées en extensif (Madani, 2000). Une population relativement homogène est formée par une race locale caractérisée par un corps anguleux, des poils longs, une robe de différentes couleurs et la présence de cornes irrégulière dans les deux sexes. Le poids des chevreaux à la naissance est de 2,5 kg et à 5 mois de 25 kg (Khelifi, 1997). La race caprine algérienne Arabia est une population ancienne. Sa taille petite à moyenne répond parfaitement à l'attente des archéozoologues en termes de modèle (Ridouh *et al.*, 2019). Les animaux de l'étude sont originaires de divers abattoirs des wilayas de l'est de l'Algérie (notamment de Constantine, mais aussi de Biskra et Guelma). Ils ont été récupérés ponctuellement sur des marchés ou dans des boucheries. Certains proviennent de la collection de référence de l'Institut des Sciences Vétérinaires de Constantine.

#### 2.1.2. Matériel osseux

Un échantillon de 60 têtes osseuses (60 crânes et 60 mandibules droites) provenant de 30 mâles (M) et 30 femelles (F) de chèvres de race Arabia a été constitué entre 2018 et 2020. L'âge des animaux varie de 2,5 ans à 12,5 ans; les animaux ont donc tous leur gabarit adulte. Pour chaque animal, le poids de carcasse, l'âge et le sexe ont été renseignés (Ridouh, 2021). Le poids de carcasse ne fera pas l'objet d'une étude approfondie pour cet article.

#### 2.1.3. Matériel de réalisation des mesures linéaires

Un pied à coulisse électronique de sensibilité 0,02 mm a permis de réaliser les mesures. Certaines d'entre elles, impossibles à réaliser de cette manière, ont été prises à l'aide d'un compas d'épaisseur (CH6) ou d'une règle graduée au millimètre (CL1, CL2 et parfois ML6).

### 2.2. Méthodes

#### 2.2.1. Préparation du matériel osseux

Les têtes, une fois récupérées, ont été préparées selon la méthode classiquement utilisée en anatomie de décarnisation et de cuisson dans de l'eau portée à ébullition.

### 2.2.2. Réalisation des mesures ostéométriques

Au total, 28 variables ont été analysées. Seize mesures ont été retenues pour le crâne et 8 pour les mandibules. Elles permettent d'avoir un aperçu global sur la tête, grâce à des mesures de longueur, largeur et hauteur à tous les niveaux du crâne et de la mandibule. La nomenclature est celle publiée pour le mouton (*Ovis aries*) (Guintard & Fouché, 2008), elle-même basée sur le travail de Von den Driesch (1976). Ces mesures sont listées dans les Tableaux I et II : celles du crâne débutent par la lettre C et celles de la mandibule par la lettre M. Elles sont représentées dans les Figs 1 à 5. A partir de ces mesures, et afin de ne pas surcharger l'analyse, seuls 4 index ont été calculés : 2 pour le crâne et 2 pour la mandibule (Tableau III).

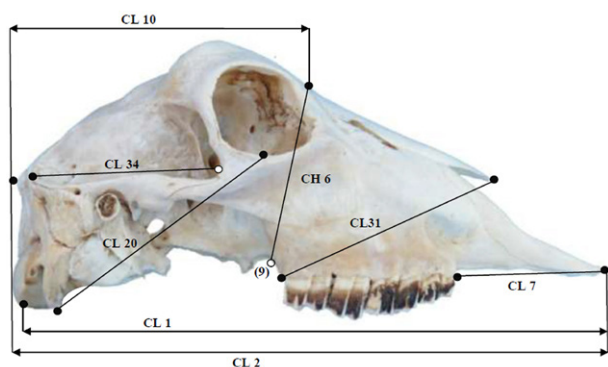


Fig. 1. Mesures réalisées sur le crâne (vue latérale droite).

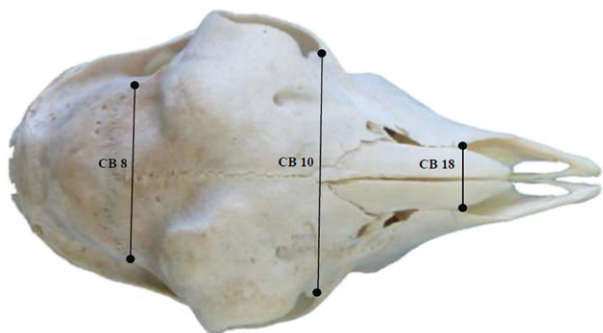


Fig. 2. Mesures réalisées sur le crâne (vue dorsale).

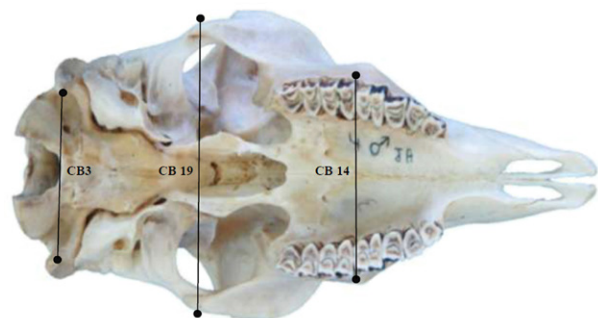


Fig. 3. Mesures réalisées sur le crâne (vue ventrale).

### 2.2.3. Analyses statistiques

#### 2.2.3.1. Analyse univariée

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide des logiciels informatiques R3.6.2 ® et Excel 2007 pour les variables mesurées ou les rapports. Pour chaque variable mesurée, les paramètres statistiques de position (moyenne, minimum, maximum) ont été calculés dans l'échantillon des mâles et des femelles d'une part, et dans la population globale d'autre part. La variabilité a été estimée par l'écart-type  $\sigma$  et par le coefficient de variation CV [ $CV \% = (\sigma/m) \times 100$  : rapport entre l'écart-type  $\sigma$  et la moyenne  $m$ ], ce dernier permettant de s'affranchir de l'unité de la mesure.

L'hypothèse de normalité des échantillons a été vérifiée grâce au test de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ). Pour chaque mesure, après vérification de l'égalité des variances (test de Fischer), un test de Student avec la correction de Welch (non-égalité des variances) a été mis en œuvre ; le risque de première espèce lié à ce test (pvalue) est alors donné. Le seuil de significativité de 5 % a été retenu.

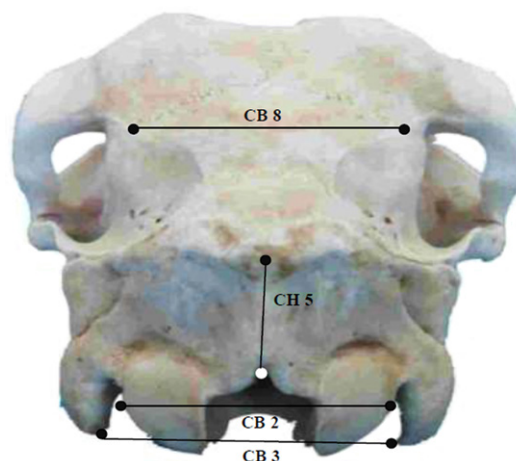


Fig. 4. Mesures réalisées sur le crâne (vue caudale).

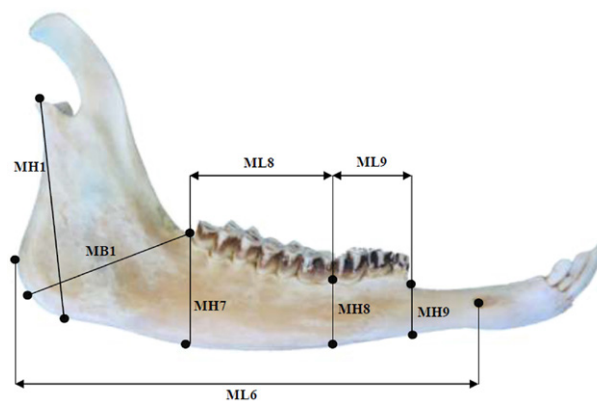


Fig. 5. Mesures réalisées sur la mandibule (vue latérale droite).

Tableau I. Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur du crâne.

Mesure	Dénomination / description	Correspondance Von den Driesch (1976)
CL1	Longueur totale du profil	1
CL2	Longueur condylo-basale	2
CL7	Longueur oblique du museau	-
CL10	Longueur frontale médiane	8
CL20	Longueur base de l'orbite – processus jugulaire	-
CL31	Longueur oblique naso-dentaire	-
CL34	Longueur de la fosse temporale	-
CB2	Plus grande largeur des condyles occipitaux	27
CB3	Largeur des processus jugulaires à leur extrémité	-
CB8	Plus petite largeur frontale	-
CB10	Plus petite largeur entre les orbites	35
CB14	Plus grande largeur palatine	-
CB18	Largeur incisive dorsale	-
CB19	Largeur zygomatique	-
CH5	Petite hauteur occipitale	-
CH6	Hauteur du splanchnocrâne	-

Tableau II. Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur de la mandibule.

Mesure	Dénomination / description	Correspondance Von den Driesch (1976)
ML6	Longueur au foramen mentonnier	6
ML8	Longueur des dents molaires	8
ML9	Longueur des dents prémolaires MB1	9
MB1	Largeur dans l'angle de la mandibule	3
MH1	Hauteur alvéolaire de la branche montante	12
MH7	Hauteur mandibulaire derrière M3	15a
MH8	Hauteur mandibulaire devant M1	15b
MH9	Hauteur mandibulaire devant P1	15c

Tableau III. Définition des indices du crâne et de la mandibule.  
RC = Rapport Crânien ; RM = Rapport Mandibulaire.

Rapports	Définition	Formule
<b>RC5</b>	Petite largeur frontale sur longueur totale	$(CB8 / CL1) \times 100$
<b>RC7</b>	Petite hauteur occipitale sur longueur totale	$(CH5 / CL1) \times 100$
<b>RM1</b>	Hauteur de la branche horizontale sur longueur de la branche horizontale	$(MH7 / ML6) \times 100$
<b>RM2</b>	Largeur dans l'angle de la mandibule sur hauteur de la branche montante	$(MB1 / MH1) \times 100$

### 2.2.3.2. Analyse bivariée

Les corrélations entre variables ont été évaluées par le coefficient de corrélation de Pearson. Si ce dernier est proche de 1, les variables sont fortement corrélées, s'il est proche de 0, elles ne le sont pas du tout. La construction d'une matrice de corrélation permet de visualiser l'ensemble des coefficients de corrélation correspondant à chaque couple de variables. Les principaux graphes bivariés utilisés en archéozoologie sont présentés, entre les valeurs ostéométriques ou entre les valeurs ostéométriques et le poids de carcasse.

### 2.2.3.3. Analyse multivariée

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode permettant de représenter une population d'individus sur un plan à partir de caractéristiques multidimensionnelles. Pour cela, chaque axe du plan est calculé comme une combinaison linéaire des différentes dimensions – ici nos variables –, apportant un maximum de variabilité (Antonot, 2000; Betti *et al.*, 2000; Davis, 1996; Guintard, 1998; Guintard *et al.*, 2001). Cette méthode est habituellement utilisée dans le but de :

- partitionner ou analyser des populations à forts effectifs, pour lesquelles un nombre important de variables a été mesuré;
- identifier des « profils cachés » dans un jeu de données ;
- réduire les dimensions des données en enlevant la redondance des données ;
- identifier les variables corrélées ;
- mettre en évidence les caractéristiques d'un os en considération de certaines variables quantitatives ou qualitatives.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel R 3.6.2 ® avec le package Factosiny, sur les différentes variables mesurées et sur les rapports. Le sexe et les rapports ont été inclus comme variables supplémentaires. L'analyse a permis de construire le cercle des corrélations qui illustre la contribution des variables au premier plan factoriel, ainsi que le nuage de points qui permet de visualiser la dispersion des individus des deux sexes dans le premier plan factoriel I-II. Sur ce graphe est reportée la position des centres de gravité pour chaque sexe dans le premier plan factoriel avec leur ellipse de confiance à 95 %.

Dans le but de séparer au mieux les deux sexes, une analyse discriminante (LDA *linear discriminant analysis*) associée à une procédure pas à pas (*step by step*) a été réalisée. Pour chacune des variables, une régression logistique a permis de proposer des valeurs seuils qui pourront être utilisées facilement pour sexer les individus issus d'une population de cette race. La régression logistique a été réalisée pour chaque mesure selon le modèle :

$$P\left(Y = \frac{\text{Mâles}}{X}\right) = \frac{\exp^{\beta_0 + \beta_1 X}}{1 + \exp^{\beta_0 + \beta_1 X}}$$

Le modèle ainsi proposé a permis, dans un second temps, de calculer les paramètres suivants :

- les coefficients estimés de chaque modèle : Beta0 et Beta1 ;
- la valeur discriminante entre les deux sexes (= -Beta0/Beta1) ;
- le taux d'erreur de classement, présenté pour chaque variable.

## 3. RÉSULTATS

### 3.1. Analyses statistiques univariées

Les résultats de l'analyse univariée sont regroupés dans le Tableau IV. La variabilité des différents paramètres, exprimée par le coefficient de variation CV (%), s'étend de 5,8 % à 16,3 % (Fig. 6). Avec 5 mesures sur 8 dont le CV dépasse 10 %, les paramètres de la mandibule sont plus variables que ceux du crâne chez lequel seulement 3 (CH6, CH5 et CB18) sur 16 sont dans cette situation.

Les différences de moyennes observées entre les mâles et les femelles sont pratiquement toujours significatives, à l'exception des paramètres suivants : CB8, ML8, ML9, MH7, RC7, RM1 et RM2.

La variabilité maximale de l'échantillon étudié est illustrée grâce aux Figs 7 et 8 qui montrent les crânes et les mandibules des individus extrêmes.

Même si cet article n'inclut pas l'allométrie de croissance de sorte que les classes d'âge n'ont pas été présentées dans la partie « matériel et méthodes », il est intéressant de noter (Figs 7 et 8) que le dimorphisme sexuel s'exprime différemment entre les jeunes adultes (<4 ans) et les animaux plus âgés (>4 ans). Le remodelage osseux affecte en effet très fortement la mandibule (Fig. 8) après le comblement des espaces situés sous les racines des dents prémolaires et molaires inférieures suite à l'usure de ces dents hypsodontes au cours du temps. Le corps de la mandibule devient alors plus fin.

### 3.2. Analyses statistiques bivariées

Les coefficients de corrélation entre les variables figurent dans le Tableau V. D'une façon générale, les grandes longueurs sont fortement corrélées entre elles ( $r > 0,8$ ), ainsi qu'avec les largeurs. Les hauteurs et les rapports ne sont pas aussi corrélés, voire sont non corrélés.

Les autres résultats de l'analyse bivariée sont présentés sous forme de graphiques qui reprennent les principales variables utilisables en archéozoologie. Ils permettent ainsi d'avoir une présentation très visuelle du dimorphisme sexuel au sein de cette population caprine. Les variables du crâne sont présentées sur les Figs 9 à 13, celles incluant des valeurs de la mandibule sur les Figs 14 à 16. Le dernier graphique permet de visualiser le

Tableau IV. Résultats de l'analyse statistique univariée : paramètres statistiques de position (moyenne, minimum, maximum) et variabilité (écart-type  $\sigma$  - coefficient de variation CV).

Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

Variables du crâne :

	CL1	CL2	CL7	CL10	CL20	CL31	CL34	CB2
Mâles (n=30)	<b>231,2</b> (210,3-280,4) 16,1-0,07	<b>225,8</b> (200,1-280,3) 18,4-0,08	<b>61,7</b> (53,8-74,0) 4,8-0,08	<b>120,6</b> (108,0-152,3) 10,1-0,08	<b>100,2</b> (84,5-134,7) 10,5-0,10	<b>101,4</b> (87,4-130,7) 10,6-0,10	<b>83,0</b> (74,0-102,6) 5,8-0,07	<b>53,7</b> (45,0-74,0) 5,8-0,11
Femelles (n=30)	<b>221,1</b> (190,1-250,6) 14,5-0,07	<b>214,8</b> (180,3-240,6) 14,3-0,07	<b>59,1</b> (44,7-68,6) 5,1-0,09	<b>114,0</b> (96,5-126,0) 7,5-0,07	<b>93,1</b> (78,4-106,1) 7,5-0,08	<b>95,9</b> (78,5-109,3) 6,0-0,06	<b>78,5</b> (68,4-91,9) 5,0-0,06	<b>49,4</b> (44,6-58,5) 2,8-0,06
p	<b>0,013</b>	<b>0,011</b>	<b>0,048</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>	<b>0,017</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>
Population totale (n=60)	<b>226,1</b> (190,1-280,4) 15,8-0,07	<b>220,2</b> (180,3-280,3) 17,1-0,08	<b>60,3</b> (44,7-74,0) 5,1-0,08	<b>117,3</b> (96,5-152,2) 9,3-0,08	<b>96,6</b> (78,4-134,6) 9,6-0,10	<b>98,6</b> (78,4-130,7) 8,9-0,09	<b>80,7</b> (68,4-102,5) 5,7-0,07	<b>51,5</b> (44,5-74,0) 4,9-0,10

	CB3	CB8	CB10	CB14	CB18	CB19	CH5	CH6
Mâles (n=30)	<b>54,8</b> (44,5-68,1) 5,4-0,10	<b>63,6</b> (53,8-81,0) 6,2-0,10	<b>82,4</b> (69,9-98,9) 6,0-0,07	<b>67,8</b> (58,7-76,8) 3,8-0,06	<b>32,9</b> (28,5-46,3) 4,6-0,14	<b>103,0</b> (88,2-122,4) 6,7-0,07	<b>29,0</b> (24,7-40,4) 3,7-0,13	<b>67,9</b> (58,0-88,0) 6,5-0,10
Femelles (n=30)	<b>52,2</b> (48,0-59,1) 3,1-0,06	<b>63,7</b> (48,1-77,1) 5,8-0,09	<b>77,8</b> (67,2-86,9) 5,7-0,07	<b>65,4</b> (59,5-73,0) 3,6-0,06	<b>29,9</b> (23,0-36,3) 2,9-0,10	<b>97,6</b> (83,3-109,6) 6,7-0,07	<b>26,4</b> (22,6-32,7) 2,2-0,08	<b>60,7</b> (50,0-72,0) 4,6-0,08
p	<b>0,028</b>	0,957	<b>0,003</b>	<b>0,018</b>	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>
Population totale (n=60)	<b>53,5</b> (44,5-68,1) 4,5-0,08	<b>63,6</b> (48,1-81,0) 5,9-0,09	<b>80,1</b> (67,2-98,9) 6,2-0,08	<b>66,6</b> (58,7-76,8) 3,9-0,06	<b>31,4</b> (23,0-46,3) 4,1-0,13	<b>100,3</b> (83,3-122,4) 7,2-0,07	<b>27,7</b> (22,6-40,4) 3,3-0,12	<b>64,3</b> (50,0-88,0) 6,6-0,10

Variables de la mandibule :

	ML6	ML8	ML9	MH1	MH7	MH8	MH9	MB1
Mâles (n=30)	<b>142,7</b> (120,1-164,5) 9,6-0,07	<b>49,2</b> (42,5-55,3) 3,1-0,06	<b>25,6</b> (21,8-32,2) 2,7-0,11	<b>72,8</b> (63,1-92,2) 6,9-0,09	<b>35,8</b> (26,8-44,3) 4,4-0,12	<b>23,1</b> (18,0-33,2) 3,0-0,13	<b>17,6</b> (13,6-27,7) 3,3-0,19	<b>53,1</b> (41,7-64,0) 5,4-0,10
Femelles (n=30)	<b>137,3</b> (108,5-160,3) 10,5-0,08	<b>48,4</b> (40,0-56,5) 3,8-0,08	<b>24,7</b> (19,4-28,8) 2,1-0,08	<b>67,7</b> (53,3-82,7) 6,7-0,10	<b>35,3</b> (27,3-41,0) 3,9-0,11	<b>21,3</b> (14,5-25,1) 2,1-0,10	<b>15,9</b> (12,6-19,4) 1,7-0,11	<b>50,3</b> (39,5-67,2) 6,9-0,14
p	<b>0,040</b>	0,361	0,141	<b>0,005</b>	0,604	<b>0,005</b>	<b>0,016</b>	<b>0,079</b>
Population totale (n=60)	<b>140,0</b> (108,5-164,5) 10,3-0,07	<b>48,8</b> (40,0-56,4) 3,4-0,07	<b>25,1</b> (19,4-32,2) 2,4-0,10	<b>70,2</b> (53,3-92,2) 7,2-0,10	<b>35,6</b> (26,8-44,3) 4,1-0,12	<b>22,2</b> (14,5-33,3) 2,7-0,12	<b>16,8</b> (12,6-27,7) 2,7-0,16	<b>51,7</b> (39,5-67,2) 6,2-0,12

Index :

	RC5	RC7	RM1	RM2
Mâles (n=30)	<b>27,5</b> (23,3-32,4) 2,2-0,08	<b>12,6</b> (10,7-16,7) 1,4-0,11	<b>25,3</b> (18,4-34,8) 3,9-0,15	<b>73,1</b> (63,7-82,1) 5,0-0,07
Femelles (n=30)	<b>28,8</b> (25,3-32,9) 1,7-0,06	<b>12,0</b> (10,7-14,2) 0,9-0,08	<b>25,9</b> (19,3-37,4) 4,3-0,16	<b>74,4</b> (61,3-87,1) 7,1-0,09
p	<b>0,020</b>	0,055	0,518	0,418
Population totale (n=60)	<b>28,2</b> (23,3-32,9) 2,1-0,08	<b>12,3</b> (10,7-16,7) 1,2-0,10	<b>25,6</b> (18,4-37,4) 4,0-0,16	<b>73,8</b> (61,3-87,1) 6,1-0,08

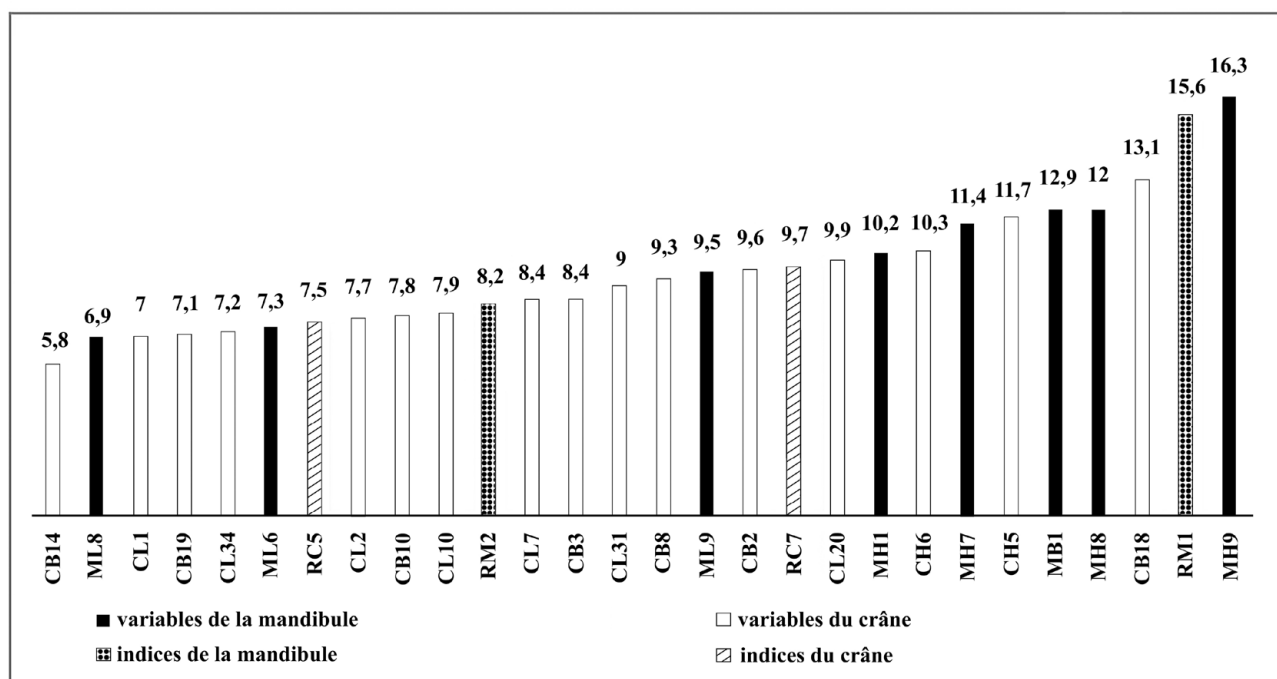


Fig. 6. Variables du crâne et de la mandibule classées en fonction du CV (%) croissant. Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

Tableau V. Variables fortement corrélées entre elles ( $r \geq 0,8$ ). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

Variables	$r \geq 0,8$
CL1	CL2, CL7, CL34, CB10, CB18, ML6, MH1,
CL2	CL1, CL7, CL20, CL34, CB10, CB18
CL7	CL1, CL2, ML6
CL10	CL20
CL20	CL2, CL10, CL34, CB18
CL34	CL1, CL2, CL20, CB18, CB19
CB10	CL1, CL2, CB14, CB18, CB19
CB14	CB10, CB19
CB18	CL1, CL2, CL20, CL34, CB10, CB19
CB19	CL34, CB10, CB14, CB18
ML6	CL1, CL7, MB1
MH1	CL1
MB1	ML6
RM1	MH7

dimorphisme sexuel selon le poids de carcasse, en prenant comme paramètre ostéométrique de référence la largeur incisive dorsale du crâne CB18 (Fig. 17). Seuls des couples de valeurs dont  $R^2$  est supérieur ou égal à 0,5 ont été retenus.

### 3.3. Analyses statistiques multivariées

Les résultats de l'ACP sont présentés sur les Figs 18 (graphique des variables) et 19 (projection des individus). Le plan factoriel principal (I-II) décrit pratiquement 70 % de la variance totale, ce qui est correct en morphométrie. L'axe I est clairement un axe de taille qui inclut la majorité des mesures (qui sont des variables quantitatives linéaires de longueur, largeur et hauteur), alors que l'axe II est un axe de forme. Il n'est donc pas surprenant de voir les indices se projeter sur ce dernier.

Le dimorphisme sexuel apparaît selon un gradient de taille des individus le long de l'axe I de l'ACP, les ellipses de confiance étant disjointes. Toutefois, le point Origine du repère est recouvert par l'ellipse de confiance à 95 % des mâles. Mathématiquement, on comprend dès lors mieux le manque de discrimination importante des valeurs moyennes entre les mâles et les femelles, le point d'origine (O) étant le barycentre des valeurs ou le point moyen de l'ensemble des données.

Au centre du graphique de la Fig. 19, on note un mélange des individus femelles et mâles, notamment les plus grosses femelles qui se retrouvent à droite de l'axe des ordonnées et les plus petits mâles qui se positionnent à gauche.

Aussi, afin de rechercher le modèle séparant le plus les deux sexes, une analyse discriminante (LDA) a été conduite, pas à pas. Le modèle le plus discriminant sélectionne une seule variable: CB19. Ce fait est dû à une forte corrélation entre les mesures. Le taux d'erreur

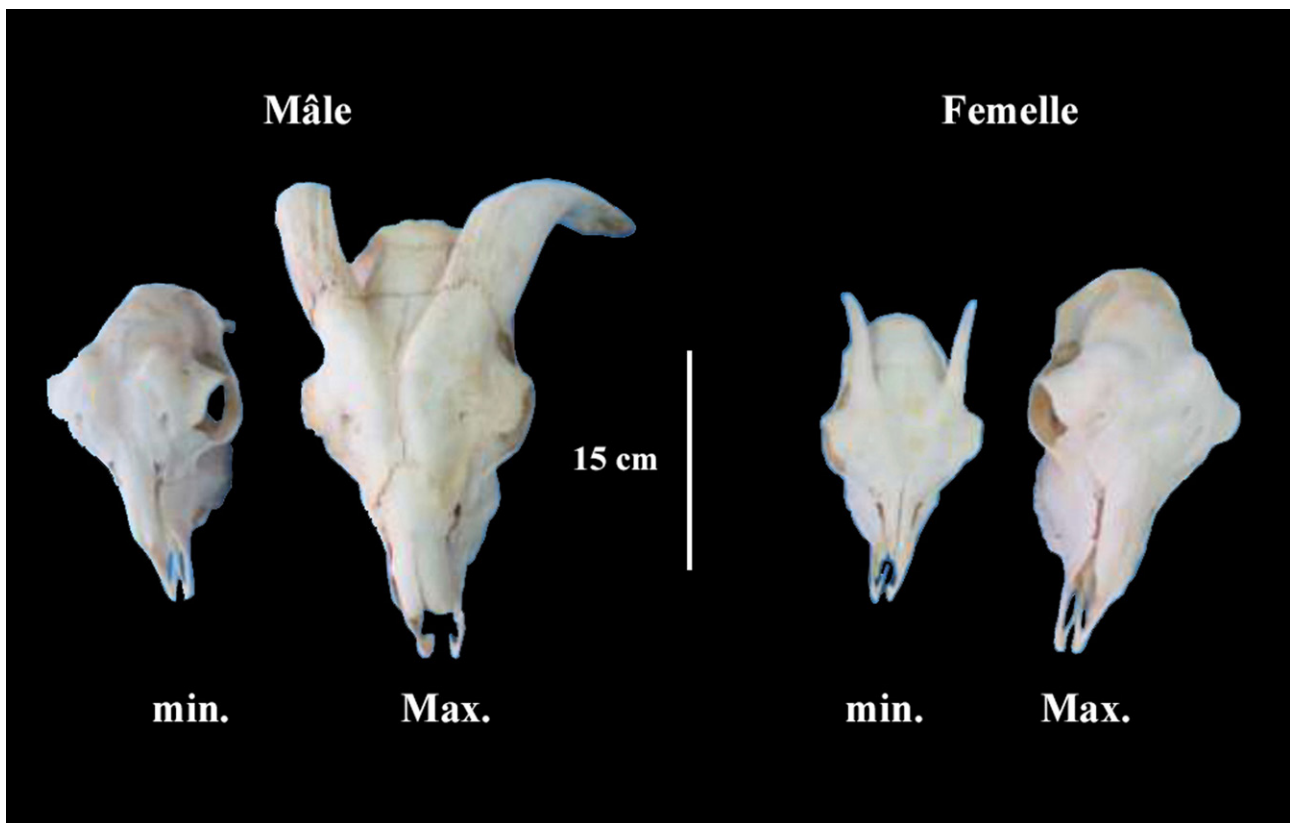


Fig. 7: Variabilité maximale des crânes en fonction de leur grande longueur (CL1) (Vue dorsale).

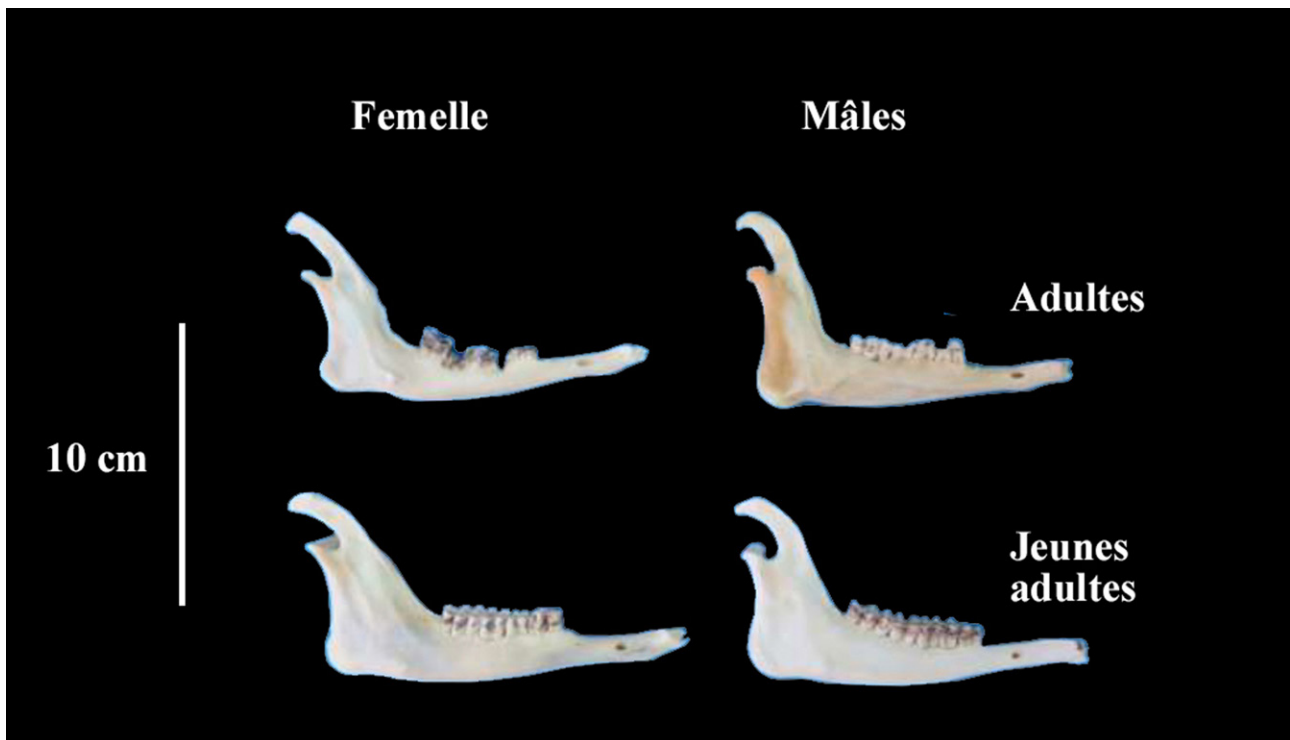


Fig. 8: Variabilité des mandibules en fonction de leur grande longueur (ML6) (Vue latérale droite).



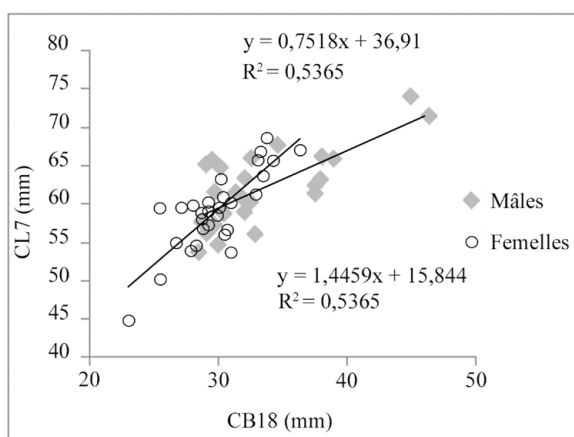


Fig. 9. CL7 = f (CB18) en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

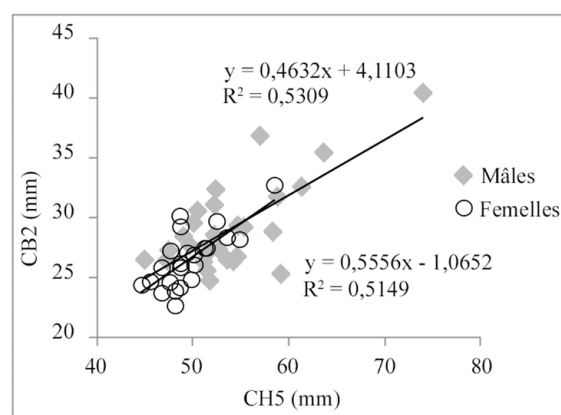


Fig. 12. CB2 = f (CH5) en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

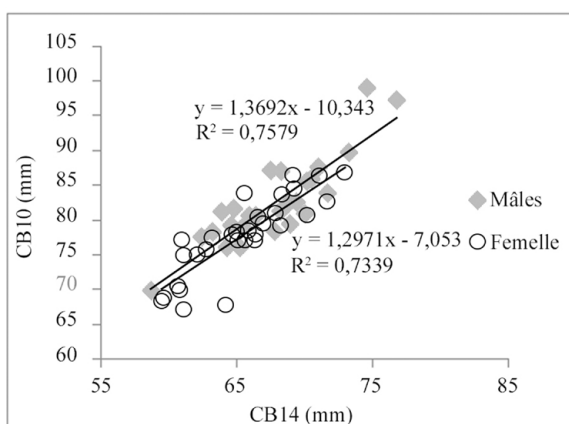


Fig. 10. CB10 = f (CB14) en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

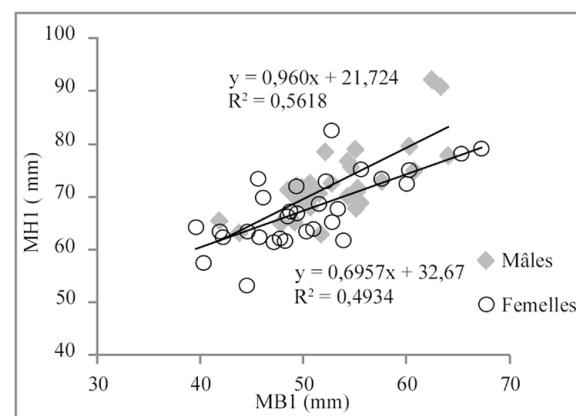


Fig. 13. MH1 = f (MB1) en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

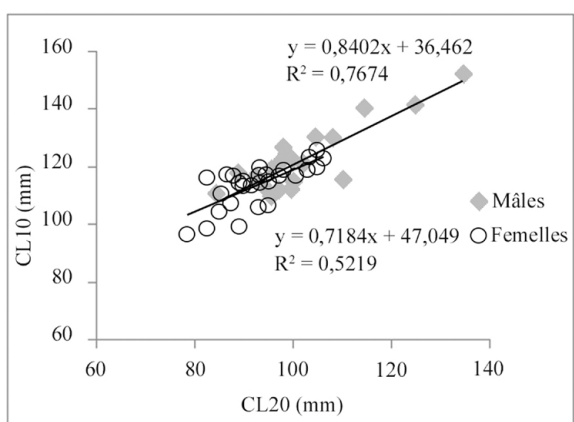


Fig. 11. CL10 = f (CL20) en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

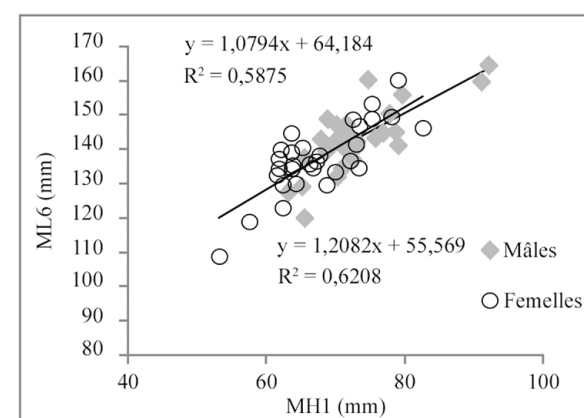


Fig. 14. ML6 = f (MH1) en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

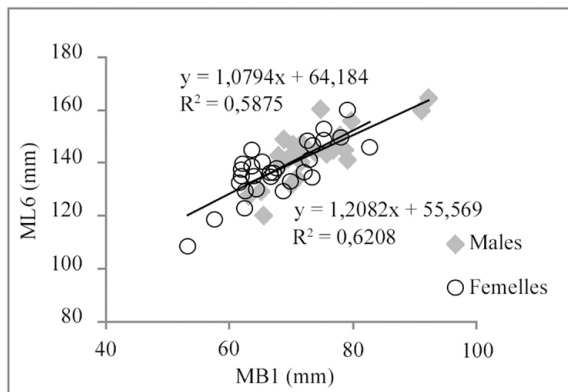


Fig. 15.  $ML6 = f(MB1)$  en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

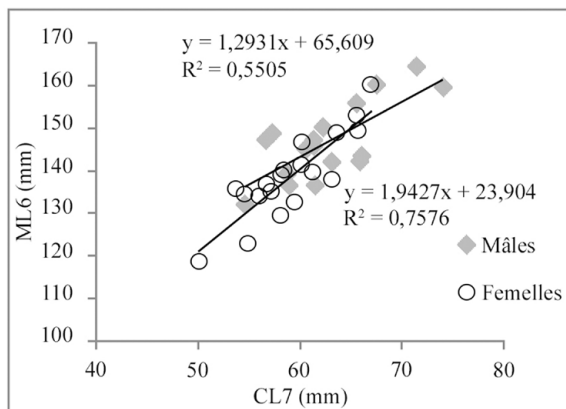


Fig. 16.  $ML6 = f(CL7)$  en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

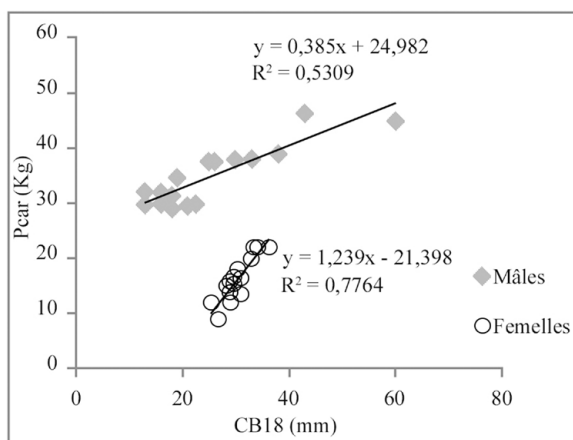


Fig. 17.  $Pcar = f(CB18)$  en fonction du sexe. Equations de régression linéaire et  $R^2$ : en haut (mâles), en bas (femelles). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

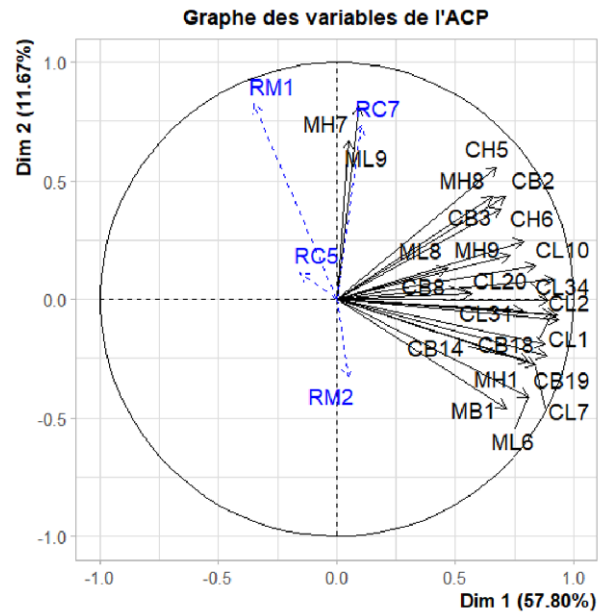


Fig. 18. Graphique des variables de l'ACP (60 individus, 28 variables, plan factoriel I-II). Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

de classement avec cette LDA (restreinte à CB19) est de 26 %, exactement le même que celui obtenu par régression logistique pour cette mesure (cf. ultérieurement).

En archéozoologie, il peut être intéressant de travailler avec peu de variables, car les mesures ne sont pas toutes forcément accessibles selon l'état de conservation du matériel osseux des chantiers de fouille. Aussi, nous avons réalisé une régression logistique qui permet de proposer des valeurs seuils (VS) permettant de sexer ( $<VS$  = femelle,  $>VS$  = mâle, selon le modèle proposé). Le taux d'erreur des individus étant toutefois un bon critère du pouvoir discriminant du paramètre mesuré, nous l'afficherons en plus de la valeur discriminante (Tableau VI). Les paramètres ayant des taux d'erreur inférieurs à 0,40 sont ceux que l'on utilisera préférentiellement pour sexer les individus (cf. ci-dessous). Les rapports ne sont pas intéressants de ce point de vue, ce qui recoupe les résultats de l'ACP, parce que les différences entre sexes observées dans ce travail sont avant tout liées à la taille plus qu'à la forme.

Paramètres de sexage retenus (pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III):

Paramètres de longueur de la tête: CL7, CL20, CL31, CL34,

Paramètres de largeur de la tête: CB2, CB3, CB10, CB14, CB18, CB19,

Paramètres de hauteur de la tête: CH5, CH6,

Paramètre de longueur de la mandibule: ML6,

Paramètres de hauteur de la mandibule: MH1, MH8, MH9.

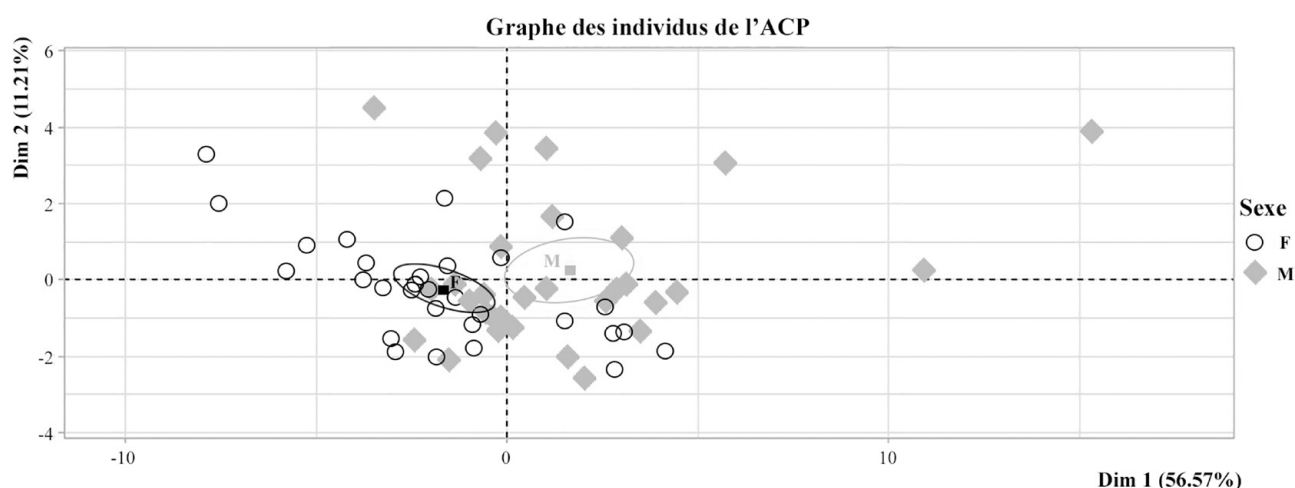


Fig. 19. Graphique des individus de l'ACP (60 individus, 28 variables, plan factoriel I-II).

Tableau VI. Valeurs discriminantes (dans l'unité de la mesure) et taux d'erreur de la régression logistique. Pour les abréviations des variables, se référer aux Figs 1 à 5 et aux Tableaux I à III.

Variables du crâne :

	CL1	CL2	CL7	CL10	CL20	CL31	CL34	CB2
Valeur discriminante	225,8	220,0	60,4	117,0	96,2	98,2	80,5	51,0
Taux d'erreur	0,42	0,40	0,38	0,42	0,32	0,38	0,32	0,25

	CB3	CB8	CB10	CB14	CB18	CB19	CH5	CH6
Valeur discriminante	53,4	63,6	80,1	66,6	31,1	100,2	27,4	63,9
Taux d'erreur	0,35	0,50	0,35	0,38	0,35	0,27	0,37	0,28

Variables de la mandibule :

	ML6	ML8	ML9	MH1	MH7	MH8	MH9	MB1
Valeur discriminante	140,1	48,8	25,1	70,1	35,6	22,1	16,6	51,7
Taux d'erreur	0,33	0,45	0,42	0,32	0,55	0,30	0,40	0,42

Index :

	RC5	RC7	RM1	RM2
Valeur discriminante	28,2	12,2	25,6	73,8
Taux d'erreur	0,40	0,47	0,42	0,45

#### 4. DISCUSSION

Le total de 28 variables initiales sur les têtes osseuses de chèvres dans le but de cerner au mieux le dimorphisme sexuel peut se simplifier à 16 variables linéaires : 4 mesures de longueur du crâne, 6 mesures de largeur du crâne, 2 mesures de hauteur du crâne, une mesure de longueur de la mandibule et 3 mesures de hauteur de la mandibule. Les largeurs des os sont des paramètres dimorphiques chez les ruminants. Ces résultats sont en

accord avec ceux déjà mentionnés dans des études de crâniométrie réalisées antérieurement sur d'autres espèces de ruminants domestiques (Davis, 1996 ; Guintard *et al.*, 2001 ; Guintard & Fouché, 2008 ; Guintard & Tekkouk-Zemmouchi, 2010). Un prolongement de cette étude pourrait permettre d'envisager l'effet de l'âge sur le dimorphisme sexuel et la mise en évidence d'une allométrie de croissance différente chez les mâles et les femelles. La caractérisation d'un morphotype peut enfin permettre de caractériser l'utilisation de l'animal, Trixl

(2022) démontrant que l'introduction de races lainières a changé l'aspect des moutons dans la région alpine sur de longues périodes (plusieurs millénaires).

Afin d'inclure ce type de référentiel dans des bases de données plus complètes, il serait intéressant, de compléter ce corpus, au-delà du seul poids de carcasse, par des données biométriques caractérisant mieux l'animal vivant (hauteur au garrot, valeurs baryométriques, etc.). La comparaison avec d'autres éléments osseux du squelette, notamment post crânien, dans une approche classique de l'ostéométrie (Guintard, 1998 ; Betti *et al.*, 2000) pourrait également permettre d'élargir le corpus de référence.

Enfin, en s'inspirant de travaux basés sur la morphométrie géométrique réalisés récemment (Hanot *et al.*, 2021 ; Brassard *et al.*, 2023), il serait utile d'approfondir les différences entre sexes, entre classes d'âge et de caractériser plus finement cette population autochtone peu sélectionnée, tout à fait originale et très utile comme référentiel pour l'archéozoologie.

## 5. CONCLUSION

Cette étude a permis de constituer un référentiel ostéométrique de la tête osseuse dans l'espèce caprine, à partir d'un échantillon conséquent de la race Arabia. Cette dernière est une race autochtone d'Algérie qui, peu sélectionnée et bien adaptée aux conditions de l'Afrique du Nord, constitue, à ce titre, une population de comparaison intéressante pour les archéozoologues. A partir des 28 variables de départ, il a été possible de proposer des valeurs seuils permettant de sexer l'échantillon étudié, pour 16 paramètres linéaires, en proposant à chaque fois une valeur seuil entre les mâles et les femelles et en estimant le pouvoir discriminant par le taux d'erreur du modèle. Les études sur l'archéozoologie des petits ruminants domestiques nécessitent de mettre au point des référentiels sur des morphotypes aussi variés que possible, afin de pouvoir comparer les os des fouilles archéologiques à des modèles les plus proches possible des populations anciennes.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier bien chaleureusement toutes les personnes qui à un moment ou à un autre de ce travail ont permis qu'il puisse avoir lieu, tout particulièrement Nedjouda Lakhdara, Saïd Boukhechem, Latifa Boulouf, Ibrahim Ghomrani pour leur aide importante. Merci également à Catherine Picard pour son aide à la mise en forme de ce manuscrit et à M. et Mme Ridouh pour leur aide précieuse lors de la réalisation de la partie pratique de ce travail.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Thorin C., Brerhi E.-H., Borvon A., Babelhadj B. & Guintard C. 2013. Etude ostéo-biométrique de la «race» cameline algérienne Sahraoui (*Camelus dromedarius* L., 1758). *Revue de Médecine Vétérinaire* 164 (5): 230-244.
- Antonot P. 2000. *Etude ostéométrique de têtes osseuses de bovins de l'île Amsterdam*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole ONIRIS, Nantes, 109 pp.
- Babelhadj B., Adamou A., Thorin C., Tekkouk-Zemmouchi F., Benaïssa A. & Guintard C. 2016. Etude ostéo-biométrique comparée des races camelines algériennes Sahraoui et Targui (*Camelus dromedarius* L., 1758). *Revue de Médecine Vétérinaire* 167(3-4): 77-92.
- Betti E., Douart C. & Guintard C. 2000. Statistiques uni- et multivariées appliquées à la biologie : étude ostéométrique du coxal et du fémur chez le Chien (Berger allemand et Beagle) I. Etude ostéométrique du coxal et du fémur. *Revue de Médecine Vétérinaire* 151 (4): 317-336.
- Boessneck J. 1969. Osteological difference between sheep (*Ovis aries* Linné) and goat (*Capra hircus* Linné). In: Brothwell D. & Higgs E.-S. (ed.). *Science in archeology, a survey of progress and research*. Thames & Hudson, London: 331-358.
- Boessneck J., Müller H.-H. & Teichert M. 1964. Osteologische Unterscheidungsmerk male zwischen Schaf (*Ovis aries* Linnaeus) und Ziege (*Capra hircus* Linnaeus). *KuhnArchiv* 78: 1-129.
- Bouchel D., Lauvergne J.-J., Guibert E. & Minvielle R. 1997. Etude morpho-biométrique de la chèvre du Rove. Hauteur au garrot (HG), profondeur du thorax (PT), vide sous-sternal (VSS) et indice de gracilité sous-sternale (IGS) chez les femelles. *Revue de Médecine Vétérinaire* 148(1): 37-46.
- Bouchel D., Sow R.-S., Bibe B., Tixier-Boisard M., Lauvergne J.-J., Poivey J.-P. & Rognon X. 2006. Caractérisation et cartographie des ressources génétiques caprines du Sénégal à l'aide d'indices phanéroptiques, d'indices morphobiométriques et de marqueurs moléculaires : méthodologie et résultats préliminaires. *Rencontres Recherche Ruminants* 13: 257.
- Brassard C., Evin A., Ameen C., Curth S., Michaud M., Tamagnini D., Dobney K., Guintard C., Porcier S. & Jerbi H. 2023. Wild or domestic? A 3D approach applied to crania to revisit the identification of mummified canids from ancient Egypt. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 15:59. <https://doi.org/10.1007/s12520-023-01760-1>
- Davis S.J.M. 1996. Measurements of a Group of Adult Female Shetland Sheep Skeletons from a Single Flock : a Baseline for Zooarchaeologists. *Journal of Archaeological Science* 23(4): 593-612. DOI:10.1006/jasc.1996.0056
- Driesch von den A. 1976. A guide to the measurement of animal bone from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin* 1. Harvard: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, 138 pp.
- Fabre L., Forest V. & Ginouvez O. 2002. Blancaria et maroquinerie à Montpellier (Hérault) au bas Moyen Age. In: Audoin-Rouzeau F. & Beyries S. (eds). *Travail du cuir de la préhistoire à nos jours*. XXII<sup>e</sup> Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APDCA, Antibes, 437-450.

- Forest V. 2003. Etude archéozoologique. Eglise Saint-Jacques - Elne (XI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles). In : Grau M. & Poisson O. (coord.). *Elne, ville et territoire*. 2<sup>e</sup> Rencontres d'histoire et d'archéologie d'Elne, 1999, Société des Amis d'Illibérus (eds), Perpignan : 193-212.
- Forest V. 2018. Le Champ du Poste (Carcassonne, Aude). Etude archéozoologique – ostéologie, conchyliologie – du Vézazien. In : Convertini F. & Georjon C. (dir.). *Le Champ du Poste (Carcassonne, Aude), Une succession d'occupations du début du Néolithique moyen à l'âge du Bronze ancien*. Archives d'Ecologie Préhistorique (ed.), Toulouse : 243-285.
- Fouche S. 2006. *Etude ostéométrique de têtes osseuses de moutons (Ovis aries, L.)*. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole ONIRIS, Nantes, 223 pp.
- Grigson C. 1974. The craniology and relationship of four species of Bos.1, Basic Craniology: *Bos taurus* L. and its Absolute Size. *Journal of Archaeological Science* 1: 353-379.
- Grigson C. 1978. The craniology and relationship of four species of Bos. 4, the relation between *Bos primigenius* Boj. and *Bos taurus* L. and its implications for the phylogeny of the domestic breed. *Journal of Archaeological Science* 5: 123-152.
- Grigson C. 1982. Sexing Neolithic domestic cattle skulls and horn cores. In : Wilson B., Grigson C. & Paynes S. (eds). *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites : BAR British. Series 109* : 25-35.
- Guintard C. 1998. Identifier et mesurer l'évolution de l'élevage bovin : un problème de méthode en archéozoologie (comment appréhender la variabilité biologique?). *Actes du VI<sup>e</sup> Congrès International d'archéologie médiévale, L'innovation technique au Moyen Âge, Dijon 1 au 5 octobre 1996*, sous la dir. P. Beck, Errance Ed., 21-29.
- Guintard C., Betti E., Thorin C. & Antonot P. 2001. Etude crâniométrique des bovins de l'île Amsterdam : modélisation du dimorphisme sexuel. *Revue d'Archéométrie* 25: 157-177.
- Guintard C. & Tekkouk-Zemmouchi F. 2010. Aperçu ostéo-biométrique de la race ovine (*Ovis aries*, L.) Ouled Djellal (Algérie). *Revue de Médecine Vétérinaire* 161(11): 521-531.
- Guintard C. & Fouché S. 2008. Etude ostéométrique de têtes osseuses de moutons (*Ovis aries*, L.). *Revue de Médecine Vétérinaire* 159 (12): 603-617.
- Guintard C., Betti E., Thorin C. & Antonot P. 2001. Etude crâniométrique des bovins de l'île Amsterdam : modélisation du dimorphisme sexuel. *Revue Archéométrie* 25: 157-177.
- Guintard C., Ridouh R., Thorin C. & Tekkouk-Zemmouchi F. 2018. Etude ostéométrique des métapodes de Chèvres (*Capra Hircus*, L., 1758) d'Algérie : cas de la race autochtone Arabia. *Revue de Médecine Vétérinaire* 169(10-12): 221-232.
- Habbi W. 2014. *Caractérisation phénotypique de la population caprine de la région de Ghardaïa*. Mémoire Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 44 pp. (inédit)
- Hanot P., Bayarsaikhan J., Guintard C., Haruda A., Mijiddorj E., Schafberg R. & Taylor W. 2021. Cranial Shape diversification in horses : variation and covariation patterns under the impact of artificial selection. *BMC Ecology and Evolution* 21:178.  
<https://doi.org/10.1186/s12862-021-01907-5>
- Khelifi Y. 1997. Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes. *Cihem options méditerranéennes*, 245-246.
- Madani T. 2000. L'élevage caprin dans le Nord Est de l'Algérie. In : Gruner L. & Chabert Y. (eds). INRA et Institut de l'Elevage Publique, Tours 2000. Actes de la 7<sup>e</sup> Conférence Internationale sur les Caprins, Tours (France) 15-21/05/00 : 351-353.
- Madani T., Yakhlef H. & Abbache N. 2003. Les races bovines, ovines, caprines et camelines. In : Ramdane S.-A. (coord). *Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture en Algérie, Alger 22-23/01/2003*. Recueil des Communications Atelier N°3 «Biodiversité Importante pour l'Agriculture» MATEGEF/PNUD, Projet ALG/97/G31 : 44-51.
- Manallah I. & Dekhili M. 2011. *Caractérisation morphologiques des caprins dans la zone des hautes plaines de Sétif*. Département d'Agronomie, Université Ferhat ABBAS, Sétif, Algérie, Agriculture N° 2 : 7-13 pp.
- Moustaria A. 2008. Identification des races caprines des zones arides en Algérie. *Revue des régions arides* 21: 1378-1382.
- Prummel W. & Frisch H.-J. 1986. A Guide for the distinction of Species, Sex and Body in Bones of Sheep and Goat. *Journal of Archaeological Science* 13: 567-577.  
DOI: 10.1016/0305-4403(86)90041-5.
- Ridouh R. 2021. *Crâniométrie et ostéométrie des métapodes de la chèvre autochtone*. Thèse de Doctorat en Science, Université des Frères Mentouri, Constantine, 174 pp.
- Ridouh R., Tekkouk-Zemmouchi F., Thorin C. & Guintard C. 2019. Prédiction du sexe à partir d'un échantillon de métacarpes de chèvres (*Capra hircus* L., 1758) de race Arabia (Algérie): réalisation d'un référentiel pour l'archéozoologie. *Revue de Paléobiologie*, Genève 38 (1): 255-265.
- Tekkouk F. & Guintard C. 2007. Approche ostéométrique de la variabilité des métacarpes de bovins et recherche de modèles applicables pour l'archéozoologie : cas de races rustiques françaises, algériennes et espagnoles. *Revue de Médecine Vétérinaire* 158: 388-396.
- Tekkouk-Zemmouchi F., Ridouh R., Betti E., Altoama K., Benhamza L., Brerhi E.-H., Bouaziz O., Adamou A., Desfontis J.-C. & Guintard C. 2013. Osteometric approach of Goat cannon bones (*Capra hircus*, L. 1758) : case of the metacarpal bones of native Algerian breeds. Poster inédit, YGVA meeting, July 17th - July 20th 2013, Leipzig, Germany.
- Trixl S. 2022. The biometry of prehistoric Alpine sheep : exploring four millennia of human-sheep interaction by means of osteometry. *Anthropozoologica* 57 (4): 117-139.  
<https://doi.org/10.5252/anthropozoologica2022v57a4>.  
<http://anthropozoologica.com/57/4>