



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Frères Mentouri Constantine 1
Institut des Sciences Vétérinaires



Thèse

**Pour l'obtention du diplôme de
Doctorat Es-Sciences Vétérinaires**

Option : Anatomie et anatomie pathologique vétérinaires

Spécialité : Anatomie

Thème

Crâniométrie et ostéométrie des métapodes de la chèvre autochtone

Soutenue publiquement par

Dr RIDOUH RANIA

Devant le Jury

Présidente

Dr BENHAMZA-MANSAR L. Professeure Université des Frères Mentouri Constantine 1

Directrice de Thèse

Dr TEKKOUK-ZEMMOUCHI F. Professeure Université des Frères Mentouri Constantine 1

Examineurs

Dr AISSI A. Professeur Université Hadj Lakhdar Batna
Dr BABELHADJ B. MCA Ecole Normale Supérieure Ouargla
Dr LAKHDARA N. MCA Université des Frères Mentouri Constantine 1
Dr GUINTARD C. MC ONIRIS ENV Nantes France

Année universitaire 2020 /2021

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie DIEU le tout puissant de m'avoir accordé la volonté, la patience et le courage pour réaliser ce modeste travail, atteindre mon but et réaliser ainsi un rêve.

Mes vifs remerciements à mes parents pour leur aide importante lors de la collecte et la préparation de l'échantillon ostéologique.

A Monsieur le Docteur **BRERHI EL HACENE**

Professeur et Directeur de l'Institut des Sciences Vétérinaires. Université Constantine 1.

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse, je lui exprime ma vive reconnaissance et mon profond respect.

A ma Directrice de thèse Madame le Docteur **TEKKOUK née ZEMMOUCHI FAÏZA**

Professeure à l'Institut des Sciences Vétérinaires. Université Constantine 1.

Pour m'avoir proposé un sujet qui m'a passionnée et qui m'a permis de laisser libre cours à ma passion qui est la biologie de l'évolution.

Pour m'avoir encadrée, pour sa patience à mon égard et pour avoir pris le temps de relire et de corriger mon travail.

Pour son soutien intellectuel et moral. J'ai grandement apprécié de travailler avec elle.

Pour m'avoir fait l'honneur de m'apporter son expérience, son soutien et ses conseils avisés au cours de la réalisation de notre travail.

Pour m'avoir laissée mener à bien ce travail en toute liberté, et pour son écoute attentive qu'elle m'a toujours accordée, lorsque je sollicitais ses conseils.

Pour la confiance, la patience et l'intérêt qu'elle a porté dans la réalisation de ce travail.

Qu'elle trouve dans ces quelques lignes et dans l'aboutissement de ce travail, le gage de mon plus profond respect et de ma sincère gratitude.

A Monsieur le Docteur **GUINARD CLAUDE**

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes.

Je le remercie infiniment pour sa collaboration scientifique. Pour m'avoir accompagnée tout au long de la réalisation de cette thèse ; qu'il soit ici remercié de sa disponibilité, de sa gentillesse et de l'intérêt porté à mon travail. Pour ses fructueuses explications et son aide plus que précieuse dans la réalisation de ce travail, qu'il reçoive ici toute ma gratitude.

A Monsieur le Docteur **AISSI ADEL**

Professeur à l'Université Hadj Lakhdar Batna.

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail, je lui adresse ici mes sincères remerciements.

A Madame le Docteur **BENHAMZA-MANSSAR LOUIZA**

Professeure à l'Institut des Sciences Vétérinaires. Université Constantine 1.

Pour avoir accepté de faire partie de notre jury, je lui adresse ici mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur **BABELHADJ BAAISSA**

Maître de Conférences -A- à Ecole Normale Supérieure Ouaragla.

Pour sa participation généreuse à notre jury de thèse et nous le remercions infiniment pour sa collaboration scientifique.

A Madame le Docteur **LAKHDARA NEDJOUA**

Maître de Conférences -A- à l'Institut des Sciences Vétérinaires. Université Constantine 1.

Mes chaleureux remerciements pour son aide à la traduction anglaise du résumé et des mots-clés, pour les innombrables services qu'elle m'a toujours rendus, pour ses conseils, sa générosité et sa gentillesse dont elle a fait preuve au cours de ma carrière.

Je tiens à remercier chaleureusement Monsieur le Docteur **BOUKHECHEM SAID** pour son aide à la réalisation des statistiques avec le logiciel R. Notamment Madame le Docteur **BOULTIF LATIFA** et son mari qui m'ont aidée à l'acquisition d'un compas d'épaisseur. Ainsi que Monsieur **GHOMRANI IBRAHIM** pour son aide à la réalisation des photos par le logiciel Photoshop.

Enfin, je souhaite également témoigner toute ma gratitude et mes remerciements à tous les membres du corps de l'institut des Sciences Vétérinaires, Université Constantine 1 et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail et qui m'ont soutenue.

DEDICACES

A MES PARENTS,

Pour tout le soutien qu'ils m'ont apporté, et qui m'a permis de devenir ce que je suis aujourd'hui, sans lesquels je n'aurais jamais pu réaliser ce travail, qui est le reflet de mon infinie reconnaissance.

A MON MARI,

qui m'a toujours encouragée, aidée et soutenue dans mes fréquents moments de doutes

A MES CHÈRES PETITS BÉBÉS

Mohamed & Lina

A TOUTE MA FAMILLE

A MES AMI(E)S,

Avec qui j'ai partagé les bons moments et qui m'ont soutenue dans les mauvais.....

A LA PETITE

Zibha Baylassaine

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1

Partie 1 Etude bibliographique

I. Archéologie

1. Histoire de l'archéologie	3
2. Qu'est-ce que l'archéologie ?	5
2.1. Définition	5
2.2. Quelle différence avec l'histoire ? Les sources utilisées	5
2.3. Spécialistes en archéologie	5

II. Archéozoologie

1. Restes animaux	7
2. Significance de la zooarchéologie	7
3. Ostéométrie	8
3.1. Définition	9
3.2. Intérêts et objectifs de l'ostéométrie	9
3.3. Mesures	10
3.3.1. Mesures d'os	10
3.3.2. Mesures de dents	11
4. Différentes étapes sur un site archéologique	11
4.1. Techniques de fouille, de collecte et de tamisage sur le site	11
4.2. Présentation et analyse du matériel	12
4.2.1. Déterminations	12
4.3. Mise en œuvre de l'ostéométrie dans l'archéozoologie	13
4.3.1. Données provenant de l'ostéométrie chez les mammifères	13
4.3.1.1. Différenciation des espèces voisines, sauvages et domestiques	13
4.3.1.2. Détermination des âges au décès et représentation des fréquences d'abattage	14
4.3.1.3. Détermination du sexe	17
4.3.1.4. Stature des animaux – hauteur au garrot	18
4.3.2. Données provenant de l'ostéométrie chez les poissons	19
4.4. Données provenant d'autres techniques	19
4.5. Caractères extrinsèques	20
4.5.1. Condition de la conservation	20
4.5.2. Conservation des vestiges osseux	20
4.5.3. Observation des traces	21
4.5.4. Affections osseuses « paléopathologie »	22

III. Rappels zootecniques

1. Domestication	23
1.1. Définition	23
1.2. Lieux et dates	23
1.3. Croissant fertile	24
1.4. Compréhension de la domestication	24
1.4.1. Données archéozoologiques	24
1.4.2. Données génétiques	25
1.4.3. Approches archéobiologiques	25

1.5.	Domestication de la chèvre	26
1.6.	Domestication de la chèvre en Afrique	28
1.7.	Domestication de la chèvre en Algérie	29
2.	Elevage caprin en Algérie	29
2.1.	Population nord-africaine	29
2.2.	Races caprines Algériennes	30
2.2.1.	Chèvre Arabe	30
2.2.1.1.	Race Arabia	31
2.2.1.2.	Race Makatia	31
2.2.2.	Race Kabyle	32
2.2.3.	Race M'zabit	32
2.2.4.	Population introduite	33
2.2.5.	Produit de croisement	33
3.	Effectif et répartition des caprins	33
3.1.	Dans le monde	33
3.2.	Dans l'Algérie	34
3.2.1.	Répartition de cheptel	35
3.2.2.	Evolution des effectifs caprins en Algérie	36

IV. Rappels anatomiques

1.	Tête	37
1.1.	Os du crâne	38
1.1.1.	Os occipital	38
1.1.2.	Os sphénoïde	38
1.1.3.	Os ethmoïde	38
1.1.4.	Os frontal	39
1.1.5.	Os pariétal	39
1.1.6.	Os temporal	39
1.2.	Os de la face	39
1.2.1.	Vomer	40
1.2.2.	Cornets nasaux	40
1.2.3.	Os nasal	40
1.2.4.	Os lacrymal	40
1.2.5.	Os zygomatique	40
1.2.6.	Os ptérygoïde	41
1.2.7.	Os palatin	41
1.2.8.	Os maxillaire	41
1.2.9.	Os incisif	41
1.2.10.	Mandibule	43
1.2.11.	Appareil hyoïdien	44
1.3.	Particularités de la tête osseuse de la chèvre	44
2.	Os métacarpiens	45
2.1.	Conformation	45
2.2.	Particularités des caprins	46
3.	Dentition	47
3.1.	Formule dentaire	48
3.2.	Connaissance de l'âge des caprins	48
3.3.	Chronologie dentaire	48
3.4.		

Partie 2

Matériels et Méthodes

I. Matériel expérimental

1.	Matériel biologique	50
2.	Matériel osseux	50
2.1.	Composition du matériel osseux	50
2.2.	Provenance du matériel osseux	51
3.	Matériel utilisé pour l'obtention des têtes osseuses	51

4. Matériel de mesure	51
4.1. Mesures linéaires	51
4.2. Mesures pondérales	51
5. Traitement statistique	52

II. Méthodes utilisées

1. Préparation du matériel osseux	52
2. Réalisation des mesures	53
2.1. Mesures pondérales	53
2.2. Mesures ostéométriques	54
2.2.1. Repères anatomiques	54
2.2.2. Mesures effectuées	59
2.3. Difficultés rencontrées	65
2.4. Erreurs sur les mesures	66
2.5. Rapports calculés	66
3. Analyse des données	67
3.1. Présentation des résultats	67
3.1.1. Analyse univariée	67
3.1.2. Analyse bivariée	67
3.1.3. Analyse multivariée	68
3.1.4. Dimorphisme sexuel	69

Partie 3 Résultats et Discussion

I. Analyse univariée

1. Paramètres biométriques	70
1.1. Valeurs biométriques par population totale	70
1.2. Valeurs biométriques par sexe	71
1.3. Valeurs biométriques par classe (sexe et âge)	72
2. Paramètres ostéométriques	73
2.1. Crâne	73
2.1.1. Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne de la population totale	74
2.1.2. Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne par sexe	76
2.1.3. Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne par classe (sexe et âge)	77
2.1.4. Valeurs des rapports	79
2.2. Mandibule	81
2.2.1. Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule pour la population totale	82
2.2.2. Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule par sexe	83
2.2.3. Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule par classe (sexe et âge)	84
2.2.4. Valeurs des rapports	85
2.3. Métacarpe	87
2.3.1. Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe de la population totale	88
2.3.2. Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe par sexe	89
2.3.3. Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe par classe (sexe et âge)	89
2.3.4. Valeurs des indices de gracilité	92

II. Etude bivariée

1. Coefficient de corrélation et de régression linéaire des paramètres biométriques	94
2. Coefficient de corrélation et de régression linéaire des paramètres ostéométriques	95
2.1. Coefficient de corrélation de chaque os	95
2.1.1. Crâne	95
2.1.1.1. Couples de mesures les mieux corrélées	97
2.1.1.2. Sélection de mesures	98
2.1.2. Mandibule	99
2.1.3. Métacarpe	102
2.2. Coefficient de corrélation des paramètres ostéométriques entre eux	104
3. Coefficient de corrélation et de régression linéaire pour les paramètres biométriques et ostéométriques	108

3.1. Couples de mesures les mieux corrélées	110
4. Coefficient de corrélation et de régression linéaire pour les paramètres biométriques et ostéométriques avec l'âge	111
III. Analyse multivariée	
1. Analyse en composantes principales du crâne	112
2. Analyse en composantes principales de la mandibule	117
3. Analyse en composantes principales du métacarpe	123
IV. Dimorphisme sexuel	
V. Variabilité maximale	
1. Crâne	130
2. Mandibule	131
3. Métacarpe	132
VI. Position relative de la population caprine Algérienne par rapport aux données ostéométriques des races ovines et caprines actuelles de référence	
1. Position de la population caprine par rapport aux crânes : $CB19 = f(CL10)$	134
2. Position de la population caprine par rapport aux métacarpes : $d/GL = f(GL)$	136
Conclusion	139
Références bibliographiques	141
Annexes	157
Résumés	171
Productions scientifiques	

Liste des figures

Figure 01 : Chaîne opératoire du tri des vestiges retrouvés dans les sédiments archéologiques tamisés	11
Figure 02 : Ancienne et nouvelle hypothèse de la domestication de la chèvre	27
Figure 03 : Réserve des caprins dans le monde	34
Figure 04 : Structure du cheptel national	35
Figure 05 : Répartition de caprins dans l'Algérie	35
Figure 06 : Évolution des effectifs du cheptel caprin en Algérie en Million têtes	36
Figure 07 : Squelette de caprin	37
Figure 08 : Os et articulations de la tête osseuse d'un ovin en vue latérale gauche	42
Figure 09 : Os et articulations de la tête osseuse d'un ovin en vue caudale	42
Figure 10 : Os et articulations de la tête osseuse d'un ovin en vue ventrale	43
Figure 11 : Os et articulation de la mandibule d'un ovin en vue latérale droite	43
Figure 12 : Os métacarpien d'un caprin en vue dorsale	47
Figure 13 : Repères anatomiques pour le crâne en vue latérale droite	56
Figure 14 : Repères anatomiques pour le crâne en vue dorsale	56
Figure 15 : Repères anatomiques pour le crâne en vue ventrale	57
Figure 16 : Repères anatomiques pour le crâne en vue caudale	57
Figure 17 : Repères anatomiques pour la mandibule en vue latérale droite	58
Figure 18 : Repères anatomiques pour le métacarpe en vue dorsale	59
Figure 19 : Mesures du crâne en vue latérale droite	61
Figure 20 : Mesures du crâne en vue dorsale	61
Figure 21 : Mesures du crâne en vue ventrale	62
Figure 22 : Mesures du crâne en vue caudale	62
Figure 23 : Mesures de la mandibule en vue latérale droite	63
Figure 24 : Mesures du métacarpe en vue proximale (extrémité proximale)	64
Figure 25 : Mesures du métacarpe -Vue dorsale-	65
Figure 26 : Mesures du métacarpe- Vue médiale-	65
Figure 27 : Pcar en fonction de PM pour les deux sexes	71
Figure 28 : Comparaison des valeurs moyennes des crânes des différentes populations	75
Figure 29 : Tri des mesures réalisées sur les crânes de la population totale, par CV croissant	76
Figure 30 : Tri des mesures réalisées sur les crânes de la population totale, des mâles et des femelles par CV	77
Figure 31 : Photo de la variabilité maximale des crânes en fonction de leur grande longueur (CL1)	80
Figure 32 : Photo de la variabilité maximale des crânes en fonction de leurs rapports (RC5, RC7)	80

Figure 33 : Comparaison des valeurs moyennes des mandibules des différentes populations	82
Figure 34: Tri des mesures réalisées sur les mandibules de la population totale, par CV croissant	83
Figure 35 : Tri des mesures réalisées sur les crânes et les mandibules de la population totale, par CV croissant	83
Figure 36 : Différence entre les mandibules des jeunes et des adultes chez les deux sexes	86
Figure 37 : Tri des mesures réalisées sur les métacarpes de la population totale, par CV croissant	88
Figure 38 : Photo de la variabilité maximale des métacarpes en fonction de (GL)	91
Figure 39 : Photo de la variabilité maximale des métacarpes en fonction de (d.GL)	91
Figure 40 : Nuage de points des individus dans le graphique $d/GL=f(GL)$ pour l'ensemble de la population	93
Figure 41 : $PMC = f(Pcar)$ en fonction du sexe	94
Figure 42 : $PM = f(Pcar)$ en fonction du sexe	94
Figure 43 : $PMC = f(PM)$ en fonction du sexe	94
Figure 44 : Distribution de r pour les mesures de crânes (histogramme)	96
Figure 45 : $CL7 = f(CB18)$ en fonction du sexe	99
Figure 46 : $CB10 = f(CB14)$ en fonction du sexe	99
Figure 47 : $CL10 = f(CL20)$ en fonction du sexe	99
Figure 48 : $CB2 = f(CH5)$ en fonction du sexe	99
Figure 49 : Distribution de r pour les mesures des mandibules (histogramme)	100
Figure 50 : $MH1 = f(MB1)$ en fonction du sexe	101
Figure 51 : $ML6 = f(MH1)$ en fonction du sexe	101
Figure 52 : $ML6 = f(MB1)$ en fonction du sexe	102
Figure 53 : $MB1 = f(MH7)$ en fonction du sexe	102
Figure 54 : Distribution de |r| pour les mesures de métacarpes (histogramme)	103
Figure 55 : $GL = f(Bd)$ en fonction du sexe	104
Figure 56 : Distribution de r pour les mesures des différents os entre eux (histogramme)	106
Figure 57 : $ML6 = f(CL7)$ en fonction du sexe	107
Figure 58 : $e = f(MH1)$ en fonction du sexe	107
Figure 59 : $CL10 = f(Bd)$ en fonction du sexe	108
Figure 60 : $Pcar = f(CB18)$ en fonction du sexe	110
Figure 61 : $PMC = f(e)$ en fonction du sexe	110
Figure 62 : Contribution des variables pour le crâne aux axes F1 et F2 de l'ACP (Analyse en Composantes principales) : 20 variables, 60 individus. F1= axe de taille générale du crâne. F2= axe de forme du crâne	112
Figure 63 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres du crâne: chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens	112
Figure 63 : A : Selon l'âge et le sexe	114
Figure 63 : B : Selon le sexe	115
Figure 63 : C : Selon l'âge	116

Figure 64 : Contribution des variables pour la mandibule aux axes F1 et F2 de l'ACP (Analyse en Composantes principales) : 13 variables, 60 individus. F1= axe de taille générale de la mandibule. F2= axe de forme de la mandibule	117
Figure 65 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres de la mandibule : chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens	119
Figure 65 : A : Selon l'âge et le sexe	119
Figure 65 : B : Selon le sexe	120
Figure 65 : C : Selon l'âge	121
Figure 66 : Profils des mandibules selon la dispersion des individus sur le plan factoriel (I-II)	122
Figure 67 : Contribution des variables pour le métacarpe aux axes F1 et F2 de l'ACP (Analyse en Composantes principales) : 11 variables, 36 individus. F1= axe de taille générale du métacarpe. F2= axe de forme du métacarpe	123
Figure 68 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres du métacarpe: chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens	124
Figure 68 : A : Selon l'âge et le sexe	124
Figure 68 : B : Selon le sexe	125
Figure 68 : C : Selon l'âge	126
Figure 69 : Représentation graphique $CB19 = f(CL10)$ pour les femelles de races actuelles	135
Figure 70 : Représentation graphique $Bp = f(GL)$ pour les femelles de races actuelles	136
Figure 71 : Représentation graphique $d/GL = f(GL)$ pour les femelles de races actuelles	137
Figure 72 : Représentation graphique $Bp = f(GL)$ pour les femelles de races actuelles utilisées pour la comparaison des crânes	138
Figure 73 : Représentation graphique $d/GL = f(GL)$ pour les femelles de races actuelles utilisées pour la comparaison des crânes	138

Liste des tableaux

Tableau 01 : Synthèse des données bibliographiques concernant les dates d'épiphyse des principales parties du squelette de la Chèvre	16
Tableau 02 : Synthèse des principaux coefficients d'estimation des hauteurs au garrot du bœuf, du mouton, de la chèvre et du porc	18
Tableau 03 : Evolution du cheptel caprin dans le monde	34
Tableau 04 : Répartition des animaux	51
Tableau 05 : Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur du crâne	60
Tableau 06 : Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur de la mandibule	60
Tableau 07 : Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur du métacarpe	64
Tableau 08 : Définition des rapports calculés pour le crâne et la mandibule	66
Tableau 09 : Valeurs biométriques de la population totale et en fonction du sexe	70
Tableau 10 : Valeurs biométriques en fonction de la classe (du sexe et de l'âge)	72
Tableau 11 : Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne de la population totale et en fonction du sexe	73
Tableau 12 : Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne en fonction de sexe et d'âge	77
Tableau 13 : Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule de la population totale et en fonction du sexe	81
Tableau 14 : Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule en fonction (sexe et âge)	85
Tableau 15 : Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe de la population totale et en fonction du sexe	87
Tableau 16 : Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe en fonction du sexe et de l'âge	90
Tableau 17 : Répartition des coefficients de corrélation (r) des différentes matrices	95
Tableau 18 : Présentation détaillée des couples de variables satisfaisant à la condition (r) dans l'intervalle [0,8 -1] pour les crânes	97
Tableau 19 : Répartition des coefficients de corrélation (r) des différentes matrices	105
Tableau 20 : Répartition des coefficients de corrélation (r) des différentes matrices des paramètres biométriques et ostéométriques	109
Tableau 21 : Présentation détaillée des couples de variables satisfaisant à la condition (r) dans l'intervalle [0,8 -1] pour les paramètres biométriques et ostéométriques	110
Tableau 22 : Valeurs des coefficients de régression linéaires entre l'âge et les paramètres par os qui lui sont le mieux corrélés ($|r| > 0,35$)	111
Tableau 23 : Dimorphisme sexuel pour les paramètres des crânes	128
Tableau 24 : Dimorphisme sexuel pour les paramètres des mandibules	129
Tableau 25 : Dimorphisme sexuel pour les paramètres des métacarpes	129

Tableau 26 : Variabilité maximale des crânes	130
Tableau 27 : Variabilité maximale des mandibules	131
Tableau 28 : Variabilité maximale des métacarpes	132

Introducción

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, environ 20 à 25 % (Fabre & al. 2002, Forest 2003, 2018), parfois légèrement plus, pour les périodes historiques. Au-delà de la simple diagnose osseuse, qui n'est pas forcément toujours évidente avec le mouton (Boessneck 1969, Boessneck & al. 1964, Prummel & Frisch 1986), il peut être intéressant de préciser l'espèce et le sexe des individus présents. 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 & al. 2013, Babelhadj & al. 2016, Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010, Tekkouk & Guintard 2007), ainsi qu'après avoir examiné les résultats ostéométriques préliminaires obtenus sur des métapodes de chèvres algériennes (Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019, Tekkouk-Zemmouchi & al. 2013). La biométrie de l'espèce caprine a, par ailleurs, fait l'objet d'études dans de nombreuses races (Bouchel & al. 1997, 2006, Habbi 2014, Manallah & Dekhili 2011, Moustaria 2008, Madani & 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 & al. 2001, Guintard & Fouché 2008, Fouché 2006), très peu se sont intéressées à la chèvre.

Pour faire le point sur cette espèce qui a été relativement marginalisée et demeure méconnue pour la plupart des anatomistes, zootechniciens et archéozoologues, nous nous sommes fixés comme objectifs d'étudier un échantillon de 60 têtes et 36 métacarpes appartenant à des caprins autochtones, regroupant des types morphologiques très différents en tenant compte de certains paramètres dont l'âge, le sexe et le poids de la carcasse.

L'étude ethnologique de la chèvre (*Capra hircus* L., 1758) repose en grande partie sur les caractéristiques de la tête : profil, finesse, port de cornes...etc.

De plus, la tête osseuse joue un rôle fondamental dans la détermination de l'âge des animaux, notamment par la présence des dents. Les soudures entre les différents os constitutifs renseignent une fois encore sur l'âge mais aussi sur l'espèce. La morphologie des chevilles osseuses permet de se faire une idée du sexe de l'animal.

Cependant la complexité de cette tête rend les possibilités des mesures osseuses très nombreuses voire trop nombreuses, ce qui conduit souvent à limiter l'étude ostéométrique d'un squelette animal à la mesure des os longs et notamment des métapodes.

Chez les ruminants, d'une façon générale, le métapode, ou os canon, est un élément du squelette suffisamment solide pour être régulièrement retrouvé entier ou peu altéré lors des

fouilles archéologiques. Cette caractéristique se retrouve chez les caprins (Pazvant & al. 2015), tout comme pour le bœuf (Berteaux & al. 1995, Daas & Djebir 2005, Davis & al. 2012, Deghfel & Merir 2006, Fock 1966, Forest & Rodet-Belarbi 2000, Guintard 1991, 1993, 1996, 1997, 1998, Wiig 1985), le mouton (Alpak & al. 2009, Guintard & Betti 1999, Guintard & Lallemand 2003, Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010, Prummel & Frisch 1986, Rosset & al. 2002) ou le dromadaire (Adamou & al. 2013, Babelhadj & al. 2016). Une première analyse ostéométrique des métapodes (métacarpe ou métatarse) chez la chèvre, au sein de la race Arabia (Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019), a démontré que cet os était en mesure d'apporter des informations intéressantes en relation avec l'animal vivant.

Le but de cette étude est donc ;

- La réalisation d'une base de données statistiques à partir d'un large échantillon de crânes et de mandibules de caprins.
- La prolongation des études ostéobiométriques déjà publiées chez la chèvre autochtone, auxquelles nous avons contribué (Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019, Tekkouk-Zemmouchi & al. 2013) à partir des métacarpes appartenant à des individus adultes (épiphysés).
- De déterminer les variables les plus corrélées entre les têtes osseuses et les métapodes afin d'apporter des informations sur la tête à partir du métapode lequel est un élément solide pour être régulièrement retrouvé entier sur les sites archéologiques et la simplicité de leurs mesures.
- L'analyse du dimorphisme sexuel dans l'espèce caprine n'a fait l'objet que de très peu d'études, nous nous proposons donc d'approfondir la question, à partir d'un échantillon de têtes et de métacarpes d'une même population.

Notre étude se propose donc de faire, tout d'abord une présentation générale de l'historique de l'archéologie et de l'achéozoologie, de l'utilisation de l'ostéométrie sur les sites archéologiques et de poursuivre avec l'histoire de la domestication des caprins, ainsi que des rappels zootechniques et anatomiques de têtes et de métacarpes.

Une seconde partie s'attachera à la présentation du matériel et de la méthode employée.

Enfin, les résultats de cette étude seront exposés dans la troisième partie qui, elle-même, permettra de discuter les résultats obtenus. Il sera alors possible de comparer des données à celles de la littérature, et d'apprécier les profils ostéométriques de diverses populations, qui renseigneront sur l'évolution du caprin, de sa domestication à nos jours.

Partie 1

Etude bibliographique

I. Archéologie

1. Histoire de l'archéologie

Dans cette introduction résumant à grands pas la naissance de l'archéologie, de sa genèse à son élaboration en tant que science moderne, nous parcourons rapidement les étapes clés de cette discipline.

Déjà en Égypte ancienne, on peut voir naître un attrait pour les vestiges du passé, à l'image du prince Khâemouaset, fils de Ramsès II, qui se désolait de l'état de délabrement de certains monuments envahis par le sable. S'attachant à les sauvegarder et les restaurer en faisant inscrire le nom de leur propriétaire (le pharaon Ramsès II), Khâemouaset peut être considéré comme un des tous premiers archéologues de l'Histoire.

C'est au V^{ème} siècle avant J.-C. que les historiens grecs Hérodote et Thucydide jettent les bases de l'archéologie moderne en vérifiant l'exactitude des dires rapportés. Ils s'écartent des mythes et développent un regard critique. Créant la méthodologie historique moderne, leurs récits constituent également une mine d'or pour les archéologues, en dressant un état des lieux précis des principaux monuments et cités du monde méditerranéen du V^{ème} siècle avant J.-C. C'est ainsi que la liste des sept Merveilles du monde fut dressée.

La redécouverte de la culture antique à la Renaissance engendre une chasse aux vestiges dans toute l'Europe, sans considération aucune pour le contexte dans lequel ils s'inscrivent.

On assiste aux XVI^{ème} et XVII^{ème} siècles à la création des cabinets de curiosités. Dans ces lieux étaient présentées des trouvailles faisant merveille à l'époque : tout ce qui avait trait aux sciences naturelles et humaines d'une manière générale, assorti d'un goût certain pour le « surnaturel » et l'hétéroclite. Ainsi cohabitaient des herbiers, des os et des animaux empaillés de toutes espèces, des ratés de la médecine, des amphores de Caere ou encore des fragments de textes antiques.

Au siècle des Lumières, la découverte des sites d'Herculanum puis de Pompéi provoque une vive réaction. L'incroyable conservation de ces vestiges rend palpable une Antiquité à laquelle on accédait jusqu'alors par bribes.

Organisées en 1738 par le roi de Naples, les fouilles d'Herculanum sont gérées de manière inédite. Pour cela, une académie, une école de fouille ainsi qu'une école de restauration sont créées. Les nouvelles puissances européennes qui apparaissent dès le XVIII^{ème} siècle instrumentalisent les chasses aux vestiges s'appropriant les idées nouvelles déferlant en Europe, à l'image de la Campagne d'Égypte organisée par Napoléon, à la charnière des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles. L'expédition militaire est doublée d'une expédition scientifique à

laquelle prennent part de nombreux historiens, botanistes et dessinateurs. L'engouement classique gagne ainsi l'Orient qui devient un nouveau terrain de fouilles à ciel ouvert.

Dans la seconde moitié du XIX^{ème} siècle, sont créés les différents instituts de recherches à l'étranger, telles l'École française d'Athènes ou celle de Rome. L'intérêt exclusif pour la période classique est révolu et on s'intéresse maintenant à tout type d'objet que l'on trouve. Ainsi, un silex devient aussi intéressant qu'un vase à figures rouges. Toujours dans le courant du XIX^{ème} siècle, on commence à pressentir l'importance de la stratigraphie. Cette notion est indispensable pour que naisse l'archéologie moderne, dont la «révolution» est de prendre en compte le vestige sans le dissocier du contexte dans lequel il se présente. L'archéologie moderne naît ainsi d'une meilleure approche et de la corrélation des sciences naturelles et des sciences humaines. Elle se revendique désormais comme une discipline indépendante. (Briand & al. 2017)

C'est encore au XIX^{ème} siècle que l'on va commencer à s'intéresser à « l'Homme antédiluvien». S'il n'est pas le seul à se questionner sur le sujet, Jacques Boucher de Perthes est un personnage décisif en la matière. Il est le premier à employer cette expression et à insinuer par là même que l'Homme est antérieur au déluge. Il jette les bases de la science préhistorique dont il est considéré comme l'un des fondateurs et contribue à la mise en place de l'archéologie moderne en appliquant à la fouille le principe stratigraphique.

Au cours du XX^{ème} siècle, les méthodes de fouilles consistant à lire le terrain en coupe et en plan sont sans cesse affinées. On peut citer G. Laplace et A. Leroi-Gourhan, qui modifient profondément l'approche de la Préhistoire, mais aussi celle du terrain. Au premier, nous devons la méthode du carroyage, consistant à diviser le site en carrés de tailles équivalentes et localisés de manière orthonormée, afin de repérer l'endroit exact d'extraction d'un vestige. Au deuxième, nous devons la normalisation du décapage systématique du terrain, permettant de mieux faire ressortir les structures en plan. (Briand & al. 2017)

La dernière partie du XX^{ème} siècle constitue un tournant décisif en archéologie, car de nouvelles technologies de pointe se mettent à son service. Les prospections géophysiques et électromagnétiques, la localisation par GPS et les photographies aériennes (cerf-volant, ballon, drone) constituent quelques exemples des évolutions les plus récentes.

Mais ce qui a réellement révolutionné l'archéologie est son association avec les sciences «dures» (parfois regroupées sous le terme d'archéométrie), principalement la physique et la chimie et tous les outils essentiels qu'elles regroupent. L'adaptation de ces outils aux sciences connexes de l'archéologie (biologie, géologie/pétrographie, anthropologie), a permis de faire un bond monumental. De là sont nées, ou se sont perfectionnées, une cohorte de sciences que l'on décline également en professions. Parmi elles, le céramologue,

l'anthropologue, le numismate (pour les plus connus) ; mais également le palynologue, le tracéologue, l'antracologue, ainsi que le topographe, qui représentent autant de transversalités entre les nouvelles technologies et l'Histoire. (Briand & al. 2017)

Sur la base de ce constat, l'archéologie : une science de notre temps à l'origine « fille des Beaux-Arts », une discipline scientifique et une science inscrite dans la société (Garcia 2013)

2. Qu'est-ce que l'archéologie ?

2.1. Définition

Le mot « archéologie » est composé de deux racines grecques. La première vient du mot αρχεος « archaion » qui signifie ancien, passé, et la seconde est tirée du mot λογος « logos » qui veut dire discours raisonné, la science. (Dao 2014)

C'est une discipline scientifique qui essaie de comprendre et de reconstituer le passé des anciennes sociétés humaines. Pour ce faire, elle recherche, étudie et analyse les objets et autres artefacts retrouvés lors des fouilles de différents sites archéologiques, tels que des habitations, d'autres types de bâtiments, des nécropoles, des zones d'artisanat, des jardins ou encore des routes (Dao 2014), c'est-à-dire des traces directes, mais aussi indirectes, par leur impact dans l'environnement ancien. (Briand & al. 2017)

2.2. Quelle différence avec l'histoire ? Les sources utilisées

L'historien travaille essentiellement sur les écrits du passé quand l'archéologue se penche sur les vestiges matériels : murs, objets fabriqués, ... etc.

Ces sources matérielles sont enfouies dans la terre ou sous l'eau et leur exhumation comme leur exploitation demande des méthodes et un savoir particuliers. Les sources écrites, parfois peu faciles d'accès, restent malgré tout consultables sans limite, dans le temps et dans le nombre de lecteurs. Les vestiges matériels, eux, sont en partie détruits au fur et à mesure que l'on avance vers les niveaux les plus anciens. Restent les notes, les dessins de relevés et ce qui a pu être prélevé de ces différents niveaux...(Learning center 2012)

2.3. Spécialistes en archéologie

Les premières recherches archéologiques cherchaient l'anecdotique, le rare, l'exceptionnel ; seuls les objets jugés beaux pouvaient être étudiés attentivement. Aujourd'hui, la datation radiocarbone, la dendrochronologie, les études archéozoologiques et anthropologiques comme les disciplines de l'archéobotanique donnent à tous les vestiges, même les plus modestes, le statut de source pour l'étude du passé. (Learning center 2012, Briand & al. 2017)

Les archéologues ont entrepris de reconstituer à grande échelle l'environnement des sites étudiés et son évolution dans le temps. Sur le terrain comme en laboratoire, ce travail d'équipe met à contribution des disciplines scientifiques de plus en plus spécialisées : anthracologie, anthropologie, archéozoologie, carpologie, céramologie, géomorphologie, palynologie, sédimentologie, topographie, tracéologie, xylologie... Chacune de ces sciences apporte des données et des hypothèses qui contribuent à reconstituer la vie quotidienne des sociétés qui se sont succédées sur un site, leurs techniques, le paysage et le climat qui formaient leur environnement. (Inrap 2013, Dao 2014). Donc, chaque spécialité contribue à comprendre chaque facette d'un site archéologique. (Bibracte 2006)

On peut reprocher sans doute à juste titre aux archéologues de réaliser trop souvent des catalogues descriptifs totalement indigestes d'objets et de structures en tout genre, mais cette critique ne peut être adressée à d'autres qui ouvrent pourtant la voie à certainement l'une des disciplines les plus descriptives en archéologie, l'archéozoologie. Par exemple, François Poplin, dès ses premiers textes (1976, 1983a, 1983b) portant notamment sur les méthodes archéozoologiques — textes fondateurs de la discipline. Il est l'un des premiers à avoir revendiqué la nécessité d'étudier les vestiges osseux animaux, trop longtemps négligés dans les analyses archéologiques. À travers ses nombreuses études archéozoologiques ou palethnozoologiques, il a su redonner « **la parole aux os** ».

Démontrant qu'il était « [...] **abrasif de ramener les animaux aux seuls ossements, encore plus de n'en traiter qu'en termes de déchets de cuisine** » (1983a), et « **rien dans l'animal de nous laisse indifférent** » (1990), il les étudia non en tant que simples écofacts, mais en s'intéressant à toute information connexe permettant de faire ressurgir l'histoire conjointe de l'animal et de l'Homme à fin de montrer que l'animal à la fois éloigné (anatomiquement) et proche (historiquement). (Julien 2017)

I. Archéozoologie «*Des vestiges animaux et des comportements humains*»

Depuis le milieu du XXe siècle, l'archéozoologie s'est développée et les études fauniques sont devenues systématiques et codifiées dans les études des sites archéologiques de toute période. Petit à petit, les ossements furent mesurés selon diverses méthodes en fonction des chercheurs et des données ostéométriques furent enregistrées pour un certain nombre de sites (**Arbogast 1994, Bönkönyi 1974, Hachem 1995, Müller 1964, Meniel 1984, Poulain 1984, Tresset 1996**). L'archéozoologie est un champ de recherches en pleine activité.

1. Restes animaux

Des restes animaux sont souvent retrouvés lors de fouilles archéologiques. Les matériaux les plus résistants au temps sont l'os, le bois de cervidés, l'ivoire et l'émail dentaires, les cornes, les formations calcaires (coquilles et opercules de mollusques). Dans des contextes propices à une bonne conservation, on peut retrouver des restes plus fragiles: excréments fossiles, parasites, élytres d'insectes, écailles de poisson, coquilles d'œuf, pelages et plumes. Si ces restes animaux résultent parfois de dépôts naturels «reliquats de repas de prédateurs ou mort naturelle sur le site», ils sont le plus souvent issus des activités humaines comme la chasse, la pêche, l'élevage, l'alimentation, l'artisanat ou le culte. (**Inrap 2013**)

Ces restes d'animaux, aussi appelés écofacts, sont porteurs de signification culturelle au même titre que les artefacts de pierre taillée, de céramique, de verre, ou de métal, car leur présence dans le registre archéologique résulte à l'accoutumée, de l'activité humaine. (**Ostéothèque 2006**)

2. Signification de la zooarchéologie

L'archéozoologie est la science «qui étudie les relations de l'homme avec le monde animal dans le passé» (**Chaix & Meniel 2001**). Fruit de la jonction de deux disciplines, la zoologie et l'archéologie, la zooarchéologie se conjugue avec d'autres champs d'études, telles l'ethnohistoire, l'écologie et l'ostéologie, pour les seconder dans le travail de décodage des comportements humains enchâssés dans les restes fauniques. Placée à l'interface des sciences humaines et des sciences biologiques, la zooarchéologie ouvre de larges avenues de connaissance sur les sociétés humaines. (**Ostéothèque 2006**)

L'étude des vestiges animaux provenant des sites archéologiques contribue à la compréhension de l'histoire des interactions naturelles et culturelles entre l'homme et l'animal et leurs interactions avec l'environnement... (**ICAZ 2010, Briand & al. 2017, Méniel 2008, Bibracte 2006, Ostéothèque 2006, Guillaume 2004, Chaix & Meniel 2001**).

Au sein des sociétés traditionnelles, l'animal est omniprésent dans la vie quotidienne des hommes. Mais l'usage que l'on fait des animaux et la place qu'on leur accorde est très variable selon les sociétés et les époques. (Archéochartres 2015)

Par conséquent, l'archéozoologie aborde de nombreux aspects des relations que les sociétés humaines entretiennent avec les animaux, depuis les temps préhistoriques jusqu'à nos jours : l'histoire de la chasse, de la pêche, des peuplements animaux et de la diffusion des espèces, de la domestication, de l'élevage (gestion des troupeaux, pastoralisme), de l'alimentation (viande, lait, boucherie, cuisine, conserves), de l'artisanat (outils et armes, statuettes et parures, tabletterie, travail de la corne, de la peau, de la laine), du commerce et des échanges, de la place des animaux dans les religions et les rituels (interdits alimentaires, offrandes, dépôts funéraires), des statuts sociaux, des comportements en temps de famine, des flux commerciaux tracés par la consommation de poissons ou de mollusques, les épizooties (analyse des pathologies qui permet de mieux comprendre les conditions de vie). Toutes ces informations insoupçonnées au premier abord sont fournies au-delà du simple témoignage alimentaire. (ICAZ 2010, Briand & al. 2017, Méniel 2008, Bibracte 2006, Eveha 2017, Chaix & Méniel 2001, Vigne 2004)

Le grand nombre d'espèces étudiées explique la création de plusieurs spécialités autour des différentes classes d'animaux, aussi bien les vertébrés ; mammifères, oiseaux (archéo-ornithologie), amphibiens, reptiles (archéo-herpétologie) ou poissons (archéoichtyologie), que les invertébrés, insectes (archéo-entomologie), les invertébrés marins : les coquillages, les crustacées, les mollusques,...etc (archéomalacologie) ou parasites pluri- ou unicellulaires (paléoparasitologie). (ICAZ 2010)

Les espèces étudiées sont principalement les mêmes qu'aujourd'hui, mais certaines ont migré (rennes) ou disparu (aurochs). (Archéochartres 2015)

Les méthodes de travail sont issues de disciplines proches comme la zoologie, la paléontologie et la médecine vétérinaire. (Inrap 2013)

3. Ostéométrie

« En archéozoologie, comme dans de nombreuses disciplines naturalistes contribuant à la connaissance du passé humain, la triade : morphologie, mesure, contexte archéologique constitue le fondement de la démarche du spécialiste ; lorsque l'analyse porte sur des ossements, cette contribution de la mesure devient alors fondamentale » (Chaix & Desse 1994). Il s'agit donc de cerner au mieux les caractéristiques ostéologiques, en évitant les redondances et en appréhendant les trois dimensions fondamentales, longueur, largeur, épaisseur ou hauteur. (Chaix & Méniel 1996)

3.1. Définition

À la fin du XIXe siècle apparaît une des formes de scientisme, par laquelle des chercheurs européens tentent de mettre en place un système ayant pour but de prouver la supériorité des Blancs. Le plus célèbre de ces savants est sans aucun doute Paul Broca, fondateur de la Société d'anthropologie de Paris en 1859 et inventeur d'une « science » étonnante, la crâniométrie, qui découle de la crâniologie. On rassembla des collections de crânes et on mesura sans relâche. Avec la crâniométrie, les savants de l'époque établissent une sorte de palmarès des intelligences. En 1882, le collègue et principal disciple de Broca, le Dr Paul Topinard, dresse le tableau d'années de recherches et de mesures : en moyenne, la capacité crânienne chez les hommes européens est de 1560 cm³ ; chez les asiatiques, de 1510 ; chez les Noirs d'Océanie, de 1460; enfin, chez les Noirs d'Afrique, de 1405. Les recherches portèrent également sur les diverses parties du squelette, colonne vertébrale, ceintures scapulaires et pelviennes, os longs des membres et extrémités (mains et pieds), bien que, dans ce domaine, les différences raciales furent en général moins accusées qu'en crâniométrie. C'est ce qu'on nomma l'ostéométrie. (Patry 2008, PAIR 2011)

L'ostéométrie est la science « qui étudie la mesure de l'ensemble des os du squelette ». On calcula également la taille et les proportions du corps et des membres sur le sujet vivant. La variabilité suivant l'âge, le sexe, la race fut soumise au contrôle rigoureux des mensurations. Des silhouettes schématiques furent dressées et leurs superpositions permirent la comparaison rapide de la constitution générale des types ethniques et l'étude des variations sexuelles ou individuelles au sein d'un même groupe. C'est ainsi que l'anthropométrie devint une branche scientifique de l'anthropologie. (Patry 2008, PAIR 2011)

3.2. Intérêts et objectifs de l'ostéométrie

Malgré l'étendue des problématiques archéozoologiques reposant sur l'étude des formes, l'archéozoologie n'a profité que tardivement des grandes avancées de la morphométrie, qu'elle soit traditionnelle ou géométrique. Durant les trente dernières années du XXe siècle, l'archéozoologie a, pour l'essentiel, continué de traiter l'information ostéométrique à l'aide de simples histogrammes et diagrammes bivariés, limitant le traitement des données aux statistiques descriptives classiques (moyenne, écart type, coefficient de variation) et, dans le meilleur des cas, à des tests de comparaison de variance ou de moyenne. Très rares furent les tentatives d'utiliser des outils multivariés. Ce retard est probablement dû au fait que l'archéozoologie est longtemps restée une science descriptive, basée sur des données qualitatives, très éloignée de la biologie. Mais depuis une dizaine d'années, l'archéozoologie s'est approprié les avancées méthodologiques de la

morphométrie, en particulier géométrique, notamment pour mieux aborder les processus à l'échelle intra-spécifique. (Cucchi & al. 2015)

L'ostéométrie présente des intérêts différents suivant le groupe de vertébré considéré (Boessneck & Driesch von den 1978, Chaix & Desse 1994), et en fonction des objectifs de l'étude : permettre la discrimination d'espèces ou de sous-espèces voisines, la détermination du sexe et des âges d'abattage permet de comprendre les finalités d'un élevage : alimentation, industrie textile, labour, transport,...etc. L'observation des traces permet de reconstituer les gestes de l'homme : techniques de boucherie, préparation culinaire, procédés de conservation, travail de l'artisan. Les pathologies observées traduisent les efforts fournis par les animaux mais aussi leurs conditions de vie et aident à la compréhension des causes de mortalité ; l'analyse des déjections et des parasites, donne également une bonne idée du niveau de santé. L'étude des tailles et des morphologies permet de mettre en évidence des processus de domestication ou de comparer des cheptels. La détermination des âges des espèces sauvages donne des informations sur la saisonnalité des activités de chasse, pêche et collecte. Parfois l'étude des objets d'origine animale permet de comprendre des pratiques rituelles ou religieuses: sacrifices, dépôts funéraires, porte-bonheur,...etc (Inrap 2013)

Ces intérêts font l'objectif de nombreux auteurs sur plusieurs sites archéologiques (Guintard & al. 2010, Clavel & Yvinec 2010, Putelat 2015, Putelat 2013, Borvon 2012, Hardy 2014, Clavel 2007, Lepetz & Hanot 2012, Dereclenne 2001, Horard-Herbin 2014, Borvon & al. 2008, Rousseau & al. 2008, Trbojević Vukičević & al. 2017, Méniel 2008, Vila 2014)

3.3. Mesures

3.3.1. Mesures d'os

Selon Putelat (2015), les mesures concernent systématiquement les ossements épiphysés, dans un but patrimonial, afin d'enrichir le corpus de données métriques. Il en est parfois de même pour des restes non épiphysés, lorsqu'ils proviennent de squelettes complets, et sont donc d'âges connus. Ces mesures sont prises à 0,1 mm près, au moyen d'un pied à coulisse numérique à lecture directe, selon les procédures normalisées par l'ICAZ (International Council for Archaeozoology). Les dimensions supérieures à 15 cm sont documentées, selon les cas, avec un pied à coulisse à grand développement (précision 0,1 mm), ou à l'aide d'une planchette ostéométrique précise au mm. Leurs dénominations (ainsi que leurs abréviations) suivent les recommandations de Driesch Von Den (1976) dans son guide de mesures en langue anglaise. Dans le cas particulier des équidés, les mesures sont effectuées d'après les préconisations d'Eisenmann (1980, 1981, 1986 et 2013), d'Eisenmann & Bekouche (1986), de Dive & Eisenmann (1991), ainsi que celles de Mourer-Chauviré (1975) pour les Oiseaux.

3.3.2. Mesures de dents

Les mesures effectuées sur les dents concernent les longueurs et les largeurs des dents jugales (Putelat 2015). La méthode utilise la hauteur des dents jugales des herbivores qui décroît avec l'usure et donc avec l'âge (Borvon 2012). À l'aide de référentiels actuels, Ducos (1968) propose par exemple des estimations de l'âge pour les bovins et les caprins, Levine (1982) pour le Cheval et Payne & Bull (1988) pour les dents jugales de Suidés.

4. Différentes étapes sur un site archéologique

4.1. Techniques de fouille, de collecte et de tamisage sur le site

La fouille des restes animaux est réalisée avec précaution. Elle nécessite de bien connaître l'agencement du squelette des différentes espèces.

La première étape du travail a consisté à la récolte du matériel faunique macroscopique et au tamisage à l'eau des sédiments prélevés lors des fouilles afin de récolter les petits vestiges animaux.

Après sa mise au jour, le mobilier osseux est lavé puis inventorié, individuellement ou par lot. Chaque fragment est ensuite pesé à 0,1 g près au moment de l'étude archéozoologique. (Borvon 2012)

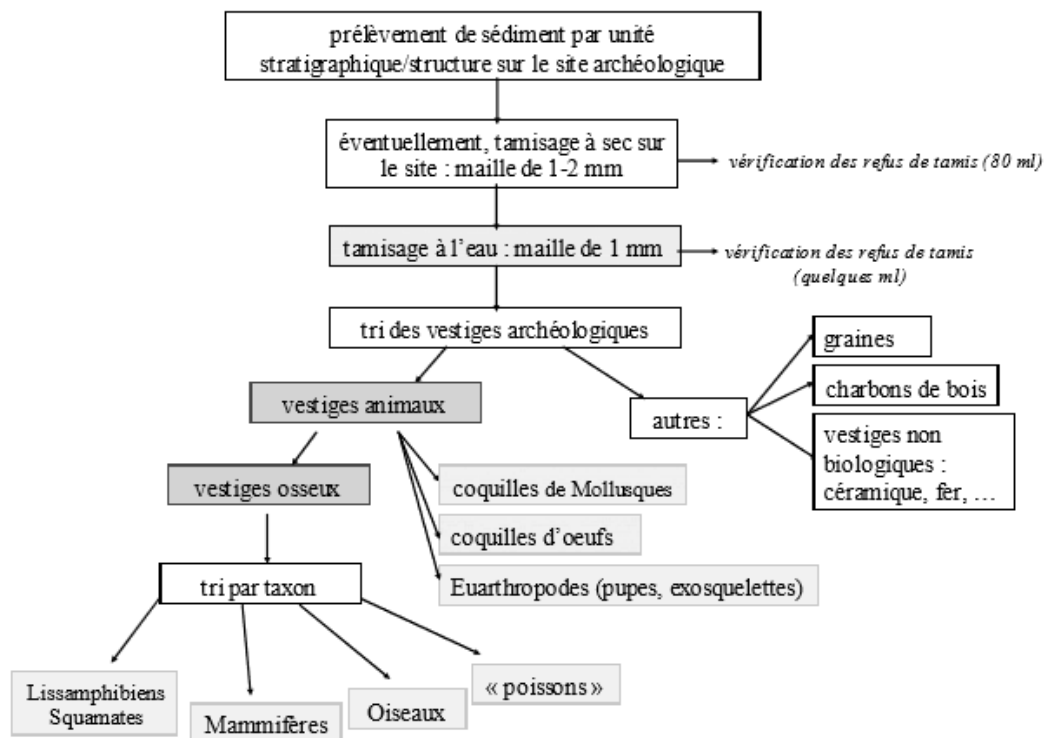


Figure 01: Chaîne opératoire du tri des vestiges retrouvés dans les sédiments archéologiques tamisés (le groupe des Squamates comprend les Lézards et les Serpents) (Borvon 2012)

La réalisation de prélèvement de sédiments en vue d'un tamisage et d'un tri des vestiges est une étape extrêmement importante pour l'obtention du matériel faunique de petite taille (d'œufs, d'ichtyofaune, de petits passeriformes). (Casteel 1972, 1976a, Payne 1972, 1975, Barker 1975, Clason & Prummel 1977, Colley 1990, Gordon 1993, Bullock 1994, Shaffer & Sanchez 1994, Sternberg 1994, Desse-Berset & Radu 1996, Cannon 1999, Desse et al. 2002, Zohar & Belmaker 2005, Bødker Enghoff 2007, Wheeler & Jones 2009 : chap. 4, Barker 1975, Clason & Prummel 1977, Carrère & Forest 2003, Studer 2002b, Borvon 2011 cités par Borvon 2012)

4.2. Présentation et analyse du matériel

A l'observation, deux groupes de caractères sont distingués : ceux liés à l'os et à l'animal lui-même, « caractères constants caractéristiques d'une famille, d'un genre, ou même, dans certains cas, d'une espèce » (Chaix & Méniel 2001), dits caractères intrinsèques ; ceux liés à l'évolution du reste osseux durant la vie de l'animal et après sa mort, dits caractères extrinsèques. Le reste osseux est déterminé anatomiquement, latéralisé, éventuellement mesuré, puis attribué à un taxon. Les restes non attribués taxonomiquement sont dits indéterminés. Les caractères extrinsèques sont ensuite enregistrés. (Putelat 2015)

4.2.1. Déterminations

Comparer les caractéristiques anatomiques des vestiges d'animaux (vertébrés ou invertébrés) issus des contextes archéologiques est au cœur de l'approche archéozoologique.

Les archéozoologues utilisent des critères morphologiques et morphométriques pour effectuer une classification taxinomique, c'est-à-dire l'identification de la famille, du genre ou de l'espèce, des vestiges animaux. Mais aussi pour identifier, à l'échelle intraspécifique, les différences entre individus liées à l'âge (croissance), au sexe (dimorphisme), aux conditions environnementales (alimentation, maladies, climat) ou encore à l'espace et au temps (chrono-populations).

L'identification taxinomique s'appuie, en général, sur les caractéristiques d'une famille ou d'une espèce qui sont visibles (morphoscopie), et sur une comparaison du spécimen archéologique avec celles de la collection de référence moderne et les ressources bibliographiques. (Learning center 2012, Inrap 2013, Putelat 2015)

En revanche, la distinction de taxons morphologiquement proches, ainsi que les facteurs de variation intrinsèques (génétique, ontogénétique) et extrinsèques (géographie, climat, maladie, alimentation,...) au sein d'une espèce, requiert l'exploration quantifiée de ces variations et co-variations entre facteurs et formes biologiques et ne peut s'effectuer qu'à l'aide de la morphométrie. (Cucchi & al. 2015)

La détermination permet de connaître les espèces existantes sur les différents sites et les périodes, par exemple, sur le site de La Barrera (Bonares, Huelva, Espagne) daté de la période Almohade (XIIe-XIIIe siècle), **Borvon & al. (2008)**, ont montré l'absence du porc (et également de son équivalent sauvage, le sanglier). Cette absence peut en partie s'expliquer par le faible corpus, mais aussi par le rôle joué par l'Islam, même s'il existe une certaine tolérance quant à cet interdit.

4.3. Mise en œuvre de l'ostéométrie dans l'archéozoologie

4.3.1. Données provenant de l'ostéométrie chez les mammifères

4.3.1.1. Différenciation des espèces voisines, sauvages et domestiques

La même espèce permet de mettre en évidence certaines modifications morphologiques qui accompagnent la domestication. L'une des principales est une réduction de la stature (**Learning center 2012**)

La différenciation entre espèces voisines, par exemple, vison européen /américain (**Camby & Maizeret 1990**), cheval/âne ou entre formes spécifiques sauvages et domestiques : porc/sanglier bœuf/aurochs, fait souvent appel à l'ostéométrie, en complément de l'utilisation de critères anatomiques. (**Putelat 2015**)

Comme l'étude de **Guintard & Arnaud (2003)** pour la séparation des têtes osseuses de trois espèces de félidés d'Europe de l'ouest (le lynx, le chat sauvage et le chat domestique), qui est menée en deux temps distincts : une première partie qualitative (caractères morphologiques) et une seconde partie quantitative (ostéométrie).

❖ Cas des caprinés

Pour différencier les trois espèces, mouton, chèvre, chamois, il faut être particulièrement rigoureux quant au choix des critères de différenciation selon (**Putelat 2015, Borvon 2012, Dereclenne 2001**).

Dans un premier temps, on peut utiliser les méthodes de différenciation entre le mouton et la chèvre basées sur l'étude des restes mandibulaires, proposées par **Payne (1985), Helmer (2000), Halstead & al. (2002)**. Mais des réserves méthodologiques ont été émises sur ces diverses méthodes par **Zeder & Pilaar (2010)**. Les travaux de **Balasse & Ambrose (2005)**, de **Gillis & al. (2011)**, montrent néanmoins l'efficacité d'un certain nombre de critères de différenciation.

Aussi, la différenciation des différents caprinés sur une partie du squelette axial et sur le squelette appendiculaire. Sur la base de l'examen des chevilles osseuses, la distinction entre les ovins et les caprins est relativement aisée (**Schmid 1972, Ridouh 2014, Daikh 2007**). Les vertèbres cervicales (atlas et axis), le squelette cingulaire et les phalanges sont attribués à

une espèce ou à l'autre, grâce aux quelques critères de **Boessneck (1969)** qui ont été favorablement testés par **Clutton-Brock & al. (1990)**. Pour déterminer les restes du squelette appendiculaire, l'utilisation des combinaisons de critères ostéologiques sont publiés par **Fernandez (2001)**.

4.3.1.2. Détermination des âges au décès et représentation des fréquences d'abattage

La détermination de l'âge des individus au moment de leurs décès constitue un estimateur de la gestion des populations animales, qu'elles soient élevées ou chassées. Il est important de savoir, par exemple, si le chasseur épargnait certaines classes d'âge ou si l'éleveur pratiquait un élevage de boucherie ou un élevage mixte consacré à la production de viande et de lait. (**Learning center 2012, Clavel & Yvinec 2010, Borvon 2012, Putelat 2015, Clavel 2007, Dereclenne 2001**)

Les âges de mortalité sont estimés à l'aide de caractères distinctifs qui sont de deux ordres, puisqu'ils sont basés d'une part sur l'observation des restes osseux et d'autre part sur l'observation des restes dentaires. (**Putelat 2015**)

a) Ages osseux

Les âges de mortalité estimés d'après les restes osseux, dits « âges osseux », portent sur l'ontogénèse du squelette, c'est-à-dire sur l'observation du degré d'ossification de ses différentes parties. (**Barone 1986, Vigne 1988, Chaix & Méniel 2001**)

On s'appuie ici sur les caractéristiques de l'évolution du squelette, puisqu'au cours de la croissance toutes ses parties ne se développent ni dans les mêmes proportions, ni à la même vitesse, ce qui implique que la croissance ne s'achève pas au même moment de la vie de l'individu pour tous ses os (**Barone 1986**). Chaque espèce présente sa propre chronologie, au sein de laquelle les différentes parties du squelette effectuent leurs soudures dans un ordre qui est à peu près invariable, et qui reste assez uniforme chez tous les mammifères. Cependant, cette chronologie de l'ossification varie au sein d'une même espèce, sous l'effet de facteurs hormonaux, nutritionnels et génétiques (**Barone 1986, Forest 1997**).

De plus, de nombreux auteurs soulignent le fait qu'à âges égaux, les femelles ont souvent une ossification plus précoce que celle des mâles. La pratique de la castration accentue cet état de fait : dans les premières étapes de leurs vies, les castrats ont souvent une ossification encore plus tardive que les mâles entiers (**Moran & O'Connor 1994, Barone 1996, Forest 1997, Borvon 2012, Popkin & al. 2012**). Lorsque cela est justifié par la nature de l'assemblage faunique, nous relevons le degré d'ossification des divers os du crâne et de la face. Sur le squelette postcrânien, nous enregistrons la fusion des épiphyses à la diaphyse

de l'os, afin de déterminer le degré d'ossification du reste observé. L'«épiphysation» est effective lorsque l'épiphyse ne peut plus se séparer de la diaphyse autrement que par cassure (Vigne 1988).

Par ailleurs, dans certains cas, l'ostéométrie peut venir en appoint pour aider à évaluer l'âge de jeunes individus, périnataux par exemple (Habermehl 1975, Prummel 1989). Il convient alors de garder à l'esprit que, pour les espèces domestiques, les données bibliographiques ont été le plus souvent élaborées à partir de l'observation d'individus contemporains, pour lesquels les poids des fœtus et des périnataux sont souvent très supérieurs à ce que laissent entrevoir nos données archéozoologiques, ce qui entraîne sans doute des marges d'erreurs relativement conséquentes. Les diverses observations effectuées sur l'ossification du squelette sont ensuite transformées en « âges osseux absolus » à l'aide de référentiels connus. Ces âges absolus sont ensuite exprimés sous la forme d'intervalles. (Borvon 2012)

Certains auteurs soulignent cependant les faiblesses inhérentes à cette méthode : les os de jeunes animaux se conserveraient encore plus mal que leurs dents, les âges d'épiphysation varient d'une population à l'autre et d'un auteur à l'autre au sein d'un même taxon, les classes d'âges sont moins précises que celles obtenues à partir de l'observation des restes dentaires. (Watson 1979, Bull & Payne 1982, Vigne 1988)

b) Ages dentaires

Les âges de mortalité estimés d'après les restes dentaires, dits « âges dentaires » portent sur l'éruption des dents et l'usure de leurs surfaces triturantes (Vigne 1988). Leurs modalités de détermination prennent en compte les stades d'apparition des dents rostrales et jugales (voir par exemple les compilations de Schmid 1972, Habermehl 1975, Barone 1997). Lorsque la dentition définitive est en place, l'estimation de l'âge peut être réalisée par l'observation des usures dentaires.

Pour les Mammifères domestiques, les usures dentaires de la quatrième prémolaire déciduale ou définitive et des molaires, ont été enregistrées grâce au système de codification établi par Grant (1982). Cette méthode est fondée sur l'observation des surfaces occlusales, définissant différents stades d'usure de la dent, nommés TWS. Ces stades sont notés a, b, c, ... et peuvent ensuite être convertis numériquement $a = 6$, $b = 7$, ... Cette codification détaillée de l'usure dentaire permet une description relativement précise et objective de chacune des dents, et donc de les classer les unes par rapport aux autres, théoriquement par ordre d'usure croissant (âge relatif).

En revanche, l'attribution d'un âge précis aux individus originels reste difficile, particulièrement car l'usure de la dentition dépend fortement de la qualité de l'alimentation

des animaux, elle-même fonction du milieu environnant (Chaix & Méniel 2001). Bien que les dents, plus spécialement les dents jugales mandibulaires, soient fréquemment les mieux conservées au sein des assemblages osseux. (Greenfield & Arnold 2008, Twiss 2008)

En résumé, les deux séries de critères « osseux » et « dentaire » sont utilisées de concert pour pallier les dégradations des assemblages fauniques (Studer 2005). Dans ce cas on parle de critères odonto-ostéologiques.

❖ Cas des caprinés

Les biais déjà évoqués précédemment (facteurs génétiques, différences de sexe, castration) pénalisent la détermination précise de l'âge au décès des animaux domestiques. Chez les caprinés, un biais supplémentaire a trait à la différence de rythme de croissance qui existe entre le mouton et la chèvre (Noddle 1976), mal prise en compte en raison de la fréquente indifférenciation archéozoologique de ces deux taxons.

Car nous sommes intéressés par les caprins, nous avons pris le parti de présenter ici de manière séparée les références utilisées pour estimer les âges d'épiphyssation des caprins, cette estimation est basée sur un vaste recensement de données bibliographiques (Tab.01).

Tableau 01 : Synthèse des données bibliographiques concernant les dates d'épiphyssation des principales parties du squelette de la Chèvre (Putelat 2015)

Chèvre Âges osseux		Habermehl 1975 (chèvre) d'après Rajtová (1974)	Noddle 1974 (chèvre) M, F, castrats	Zeder 2006 M & F (sauvages)	Intervalles retenus
Scapula		11 m	9-13 m	6-12 m	6-13 m
Humérus	Prox.	30 m	24-48 m (et + si castrés)	48 m et +	24-48 m (et + si castrés)
	Dist.	6 m (trochlée) 11 m (épicondyle) 8 m	11-13 m	6-12 m	6-13 m
Radius	Prox.	18-30 m synostose radio-ulnaire	4-9 m	avant 6 m	4-9 m
	Dist.	60 m	33-48 m (et + si castrés)	30-48 m	30-60 m
Ulna	Prox.	42 m	24-60 m (et + si castrés)	30-48 m	24-60 m
	Dist.	42 m	?		30-48 m
Métacarpe		42 m	23-24 m	18-30 m	18-48 m
Coxal	Acetabulum	14 m	(?)	6-12 m	6-14 m
	Tubérosité ischiatique	42 m			42 m
Fémur	Prox.	21-24 m	24-36 m (et + si castrés) Petit trochanter 15-24 m	30-48 m	21-48 m (et + si castrés)
	Dist.	42 m	23-48 m	30-48 m	23-48 m
Tibia	Prox.	54 m	24-36 m (et + si castrés)	30-48 m	24-54 m (et + si castrés)
	Dist.	24 m	19-24 m	18-30 m	18-30 m
Calcanéus		42 m	24-48 m (et +)	30-48 m	24-48 m (et +)
Métatarse		36 m	23-30 m (et +)	18-30 m	18-36 m
Phalange proximale			11-15 m	12-18 m	11-18 m
Phalange intermédiaire (ou moyenne)			9-13 m	12-18 m	9-18 m

La littérature zootechnique et archéozoologique ne facilite pas toujours une compréhension claire de ces phénomènes. Par exemple, le terme de « précoce » fréquemment employé n'est pas univoque. En effet, une race qualifiée de précoce en boucherie, en référence à une bête à croissance et engraissement rapides, peut en effet être une race à ossification tardive. Au contraire, de petits ovins ou caprins à croissance lente peuvent avoir une ossification précoce. (Putelat 2015)

4.3.1.3. Détermination du sexe

Le sexage des mammifères est un axe de recherche primordial, qui permet l'approche zootechnique des modes d'élevage (Putelat 2015). Par exemple, il a permis de mettre en évidence l'apparition de la castration des animaux dès le Néolithique pour les bovins. (Learning center 2012)

a) Critères morphologiques

Certaines espèces mammaliennes et aviaires présentent un dimorphisme sexuel (Chaix & Méniel 2001). Divers critères morphologiques permettent de déterminer le sexe : la morphologie du bassin (forme des os coxaux, plus spécialement celle de l'os pubien, et sur l'épaisseur de la paroi médiale de l'acétabulum (Lemppenau 1964, Grigson 1982, Greenfield 2005), les chevilles osseuses (os qui portent les cornes), les canines, os pénien du chien, ergot du coq,...etc.

b) Critères ostéométriques

Ces critères sont utilisés pour certaines espèces et sur différents os, par exemple pour les métapodes de bovins (Boessneck & Driesch von den 1978, Chaix & Desse 1994, Guintard 1996a, 1998a, Guintard & Borvon 2009), d'ovins (Guintard & lallemand 2003, Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010), de caprins (Ridouh 2014, Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019, Tekkouk-Zemmouchi & al. 2013), de dromadaires (Adamou & al. 2013, babelhadj & al. 2016) ; pour les têtes osseuses de bovins (Guintard & al. 2001) et d'ovins (Guintard & Fouché 2008) et le dimorphisme sexuel des os longs chez le chien (Belhaoues & al. 2016).

❖ Cas des Caprinés

Chez les caprinés, la différenciation sexuelle s'est le plus souvent effectuée par la prise en compte des dimensions, de la section et de l'aspect des chevilles osseuses, qui permettent parfois de différencier les mâles des femelles (Hatting 1975, 1983, Lepetz 1996, Oueslati 2006, Ridouh 2014). Ce critère est cependant soumis à deux biais conséquents : celui de la présence fréquente d'ovins et de caprins acères dans les assemblages fauniques (Bökönyi 1974, Vigne 1988, Benecke 1994, Chaix & Méniel 1996, Peters 1998, Putelat 2001, Oueslati

2006...) et la présence de mâles castrés, mal différenciés par l'ostéométrie, car ils occupent des valeurs intermédiaires entre les mâles entiers et les femelles (Hatting 1983, Lepetz 1996, Oueslati 2006). Ici aussi, procéder à l'observation macroscopique des os coxaux (Lemppenau 1964, Greenfield 2005).

4.3.1.4. Stature des animaux – hauteur au garrot

La mesure des ossements détermine les variations morphologiques des espèces souvent liées à des sélections faites par l'homme (zootéchnie), en relation avec des événements historiques (conquêtes, guerres, innovations ...) ou à la domestication (Putelat 2015, Clavel & Yvinec 2010, Borvon 2012, Dereclenne 2001, Lepetz & Hanot 2012, Méniel 2008)

La gracilité est décrite au moyen de l'indice de gracilité (rapport entre la largeur minimale de la diaphyse et de la longueur totale de l'os). Elle s'inscrit dans un cadre beaucoup plus large que celui de l'étude d'un seul site archéozoologique. Ainsi la synthèse de résultats obtenus sur différents sites ou différentes périodes permet de suivre l'évolution staturale des espèces animales dans l'espace ou le temps (Chaix & Méniel 2001). La stature, estimée par le calcul de la hauteur au garrot, est un concept plus concret à comprendre que l'analyse des données ostéométriques brutes. Mais ce calcul est entaché de nombreuses imprécisions (Forest 1998).

Pour les Mammifères, les grandes longueurs de certains os entiers d'adultes permettent d'estimer la hauteur au garrot des animaux, à l'aide de coefficients multiplicateurs proposés par différents auteurs (Tab. 02) (Boessneck & Driesch von den 1978).

Tableau 02 : Synthèse des principaux coefficients d'estimation des hauteurs au garrot du bœuf, du mouton, de la chèvre et du porc (Putelat 2015)

	Matolcsi (1970)		Teichert (1975)	Teichert (1969)	Schramm (1967)
	Bovins		Ovins	Porc	Chèvre
Scapula			HS x 0,422	HS x 0,380	
Humérus	GLC x 0,477	GL x 0,414	GL x 0,428	GL x 0,405	GL x 0,386
Radius	GL x 0,430		GL x 0,402	GL x 0,526	GL x 0,398
Métacarpe	F : GL x 0,603 M : GL x 0,633		GL x 0,489	Mtc III : GL x 1,072 Mtc IV : GL x 1,053	GL x 0,575
Fémur	GLC x 0,347	GL x 0,323	GL x 0,353	GL x 0,365	GL x 0,345
Tibia	GL x 0,345		GL x 0,301	GL x 0,392	GL x 0,297
Talus			GL x 2,268	GL x 1,790	
Calcaneus			GL x 1,140	GL x 0,934	
Métatarse	F : GL x 0,533 M : GL x 0,562		GL x 0,454	Mtt III : GL x 0,934 Mtt IV : GL x 0,884	GL x 0,534

Les données concernant ces hauteurs au garrot sont utiles pour se représenter l'animal, mais sont à manipuler avec précautions, car ce sont seulement des indications / approximations de taille. (Driesch von den & Boessneck 1974, Forest & RodetBelarbi 1997, Forest 1998a)

Cette estimation de la « hauteur au garrot » est parfois critiquée. Il est reproché, à juste titre, à ce critère d'ajouter un biais au résultat final par le truchement des coefficients

multiplicateurs (Forest & Rodet-Belarbi 1998), de ne pas assurer un report exact entre la mesure de l'os et l'estimation du vivant (Guintard 1998b) surtout avec certaines pièces : talus calcanéum (Chaix & Meniel 2001), la variation pouvant atteindre une dizaine de centimètres pour un même individu (Driesch Von den & Boessneck 1974, Forest & Rodet-Belarbi 1997, Forest 1998a), de n'explorer qu'une dimension de l'os et de varier selon : les coefficients proposés par les auteurs, les segments anatomiques mesurés, le sexe attribué aux animaux (Forest & Rodet-Belarbi 2002, Méniel 2008)

4.3.2. Données provenant de l'ostéométrie chez les poissons

Dans le cas des « poissons », l'ostéométrie permet de reconstituer la taille et la masse des individus pour les premières applications en archéozoologie (Casteel 1974a, 1976b, Morales & Rosenlund 1979, Bødker Enghoff 1983, Noe-Nygaard 1983, Desse 1984, Van Neer 1986, Desse & al. 1987a, b, Wheeler & Jones 2009 cités par Borvon 2012). La reconstitution de la taille des individus permet de proposer des hypothèses quant aux techniques et aux lieux de pêche et l'estimation de l'âge et de la saison de capture (Desse & Desse-Berset 1992), et l'estimation de la masse des individus permet de fournir une estimation de l'apport alimentaire (Clavel & Yvinec 2010).

Les « poissons » ont une croissance dite « continue » car ils grandissent tout au long de leur vie. Du fait de cette croissance continue, il existe une forte corrélation entre la mesure d'un os et la longueur du « poisson », et entre sa longueur et sa masse (Desse & Desse-Berset 1992, Libois & al. 1987).

4.4. Données provenant d'autres techniques

Ces dernières années, de nouvelles techniques comme la biochimie qui interroge les composantes de la matière ont trouvé leurs applications dans le domaine de l'archéozoologie. Les résultats obtenus complètent les informations délivrées par une étude traditionnelle. Les isotopes sont des éléments stables (non radioactifs) qui sont assimilés dans les tissus osseux/dentaires au cours du développement de l'animal, au travers des aliments et des boissons qu'il a consommé. La composition des différents isotopes fixés dans les os (notamment C, N, O, Sr, S) informe sur le type d'alimentation de l'animal, sur le paysage végétal, le climat et la géologie de son habitat. Ces nouvelles méthodes d'investigation permettent de réviser certains scénarii sur l'exploitation des animaux, tout en apportant de nouvelles informations plus précises sur les populations animales locales. (Archéochartres 2015)

4.5. Caractères extrinsèques

«Faire parler les os», étudier les ostéorestes, implique préalablement de comprendre la chaîne de processus destructifs qui transforment l'assemblage osseux initial, du jour J (mort de l'animal), en échantillon ostéologique, au jour J+n (exhumation du reste osseux par les fouilles archéologiques). (Putelat 2015)

4.5.1. Condition de la conservation

La conservation des ossements relève de processus complexes, interactifs et cumulatifs. Elle est conditionnée par les capacités intrinsèques qu'ont les restes osseux à se conserver, puis par les modifications qu'ils subissent avant leur recouvrement, durant leur enfouissement, et après leur mise au jour. Les causes de la modification de l'échantillon d'origine préoccupent les chercheurs depuis le XIX^{ème} S. (Auguste 1994 b, Lyman 1994, Castel 1999)

Avant l'enfouissement, la dislocation de l'assemblage osseux peut être due à l'action d'agents biologiques : prélèvements ou remaniements anthropiques (y compris l'ustion des restes), animaux nécrophages (chiens, porcs, oiseaux charognards), ou les intempéries (Binford 1981, Davis 1987, Lyman 1994). La «préservation différentielle» des ossements caractérise cette étape (Binford 1981, Symmons 2002 et 2005). De plus, des phénomènes d'altération climatique s'exercent sur les surfaces osseuses entre la mort de l'animal et l'enfouissement de ses restes. Ils provoquent des attaques microscopiques (dissolution, altération chimique) et des fissurations macroscopiques. Il est donc certain que la rapidité d'enfouissement est un préalable à la bonne conservation d'un assemblage osseux (Auguste 1994a, Lyman 1994).

Après l'enfouissement, les caractères physico-chimiques liés à la pédologie du sol affectent les restes animaux. Les tissus squelettiques ne se comportent pas de façon identique face à ces destructions, ce qui occasionne leur «conservation différentielle» (Auguste 1994a).

4.5.2. Conservation des vestiges osseux

La conservation différentielle des tissus s'exprime sur trois niveaux :

* Premièrement, le cartilage, l'os et les dents possèdent des propriétés physico-chimiques propres, ce qui implique que certains tissus se conservent mieux que d'autres. (Barone 1986, Lyman 1994, Symmons 2002), si les dents semblent présenter la résistance maximale aux diverses altérations, les otolithes, comme les cartilages des jeunes vertébrés supérieurs, n'ont qu'une faible espérance de préservation. (Desse & Desse-Berset 1992)

* Deuxièmement, les capacités de conservation des os varient d'une espèce à l'autre, et selon les segments anatomiques pris en compte.

* Troisièmement, l'âge de l'individu au moment de son décès amplifie les biais liés à la conservation différentielle, puisque les os des jeunes animaux sont moins résistants que ceux des individus plus âgés, qui sont plus denses (Binford 1981, Munson 2000, Symmons 2002, 2005, Robinson et al. 2003). Il semblerait également que la conservation différentielle varie au sein d'une même espèce, en fonction du sexe ou de pratique de la castration (Loannidou 2003).

Les expériences et les observations effectuées depuis une dizaine d'années (dans le cadre général de la taphonomie) ont permis de mettre en évidence des degrés d'espérance de survie pour les divers constituants du squelette des mammifères. Cette démarche est à peine entreprise pour les poissons "préhistoriques", pour lesquels, il faut l'admettre, la variété des tissus durs ne facilite pas l'observation (Colley 1990, Desse & Desse-Berset 1992)

4.5.3. Observation des traces

Différents types de traces ont été relevés au cours de l'étude du matériel osseux. Elles peuvent être classées en deux grandes catégories : les traces pré- et post-dépositionnelles. L'origine de ces traces peut être attribuée à deux grands types d'agents, anthropique ou naturel.

a) Les traces pré-dépositionnelles liées aux activités anthropiques peuvent être des traces d'outils dues à la découpe de boucherie, ou des traces de brûlures liées à la cuisson des aliments par exemple, leur étude permet une approche de l'évolution de l'alimentation carnée au cours des époques pour les différentes espèces (Guintard & al. 2010, Clavel & Yvinec 2010, Borvon 2012, Putelat 2015, Archéochartres 2015, Derecienne 2001, Rousseau & al. 2008). Les blessures de chasse qui correspondent souvent à des impacts de projectiles, le plus souvent dans le crâne ou dans le cœur (la clavicule gauche témoigne de l'impact). (Learning center 2012)

Ces traces peuvent également être liées à des agents « destructeurs », comme l'action de différentes espèces à l'origine des empreintes de dents comme les Carnivores, Rongeurs,...etc (Prucca 2003) ; mais ces dernières peuvent se manifester aussi sous forme de cupules provoquées par des mollusques (Méniel 1987) ; par des impacts punctiformes ou des traces de rognage localisées sur les parties spongieuses des os et qui évoquent l'action de carnivores (Poplin 1975, Binford 1981, Lyman 1994) ; par des traces de rognage sur les diaphyses qui sont mises à l'actif de rongeurs (Lyman 1994, Chaix & Méniel 2001) ou dues à

l'interaction entre l'os/un objet (harnachement), ou encore être liées à des accidents, à des périodes de stress, à des maladies ou à l'âge...

La conséquence de l'ingestion d'ossements frais par l'homme, par des carnivores ou des porcs, voire par des rapaces, est le rejet d'os digérés, reconnaissables à leurs surfaces attaquées par les sucs digestifs (Davis 1987, Lyman 1994, Chaix & Méniel 2001).

Les traces d'origine technique, sont le résultat d'un travail artisanal sur la matière osseuse (ivoire, coquillage, corne, bois animal) pour en faire des armes, des outils, des éléments de parure ou des objets d'art. Par exemple, la découverte d'un témoin supplémentaire du travail de l'os par l'homme de Néanderthal avec une pièce, qui correspond à un outil à usages multiples formé à partir d'un fragment proximal de diaphyse d'un fémur de renne (*Rangifer tarandus*) (Hardy & al. 2014), et l'hypothèse de production du cuir d'après les données archéozoologiques (répartition particulière des parties anatomiques), est vraisemblable dans une région encore actuellement très réputée pour ce produit. (Borvon & al. 2008)

b) Les facteurs post-dépositionnels peuvent être d'origine anthropique (remaniements, labours,...etc) ou d'origine naturelle (l'action des racines des plantes, facteurs physico-chimiques : l'humidité, PH,...). (Denys & Patou-Mathis 2014)

4.5.4. Affections osseuses « paléopathologie »

Lorsque des ossements présentent des lésions osseuses, les affections sont décrites et une ou des hypothèses interprétatives sont proposées. Cette analyse repose principalement sur les travaux de Baker & Brothwell (1980) et d'Etier-Lafon (1997). Les principales affections osseuses rencontrées peuvent être classées en deux grandes catégories suivant leur origine (Baker & Brothwell 1980, Guintard 2005) :

* Les facteurs intrinsèques : malformations congénitales, anomalies du développement, tumeurs, dysfonctionnement et phénomènes dégénératifs (exemple : ostéodystrophie, ostéoporose, ...)

* Les facteurs extrinsèques : accidents et blessures d'origines variées, facteurs pathogènes externes (arthropathies) ou agent infectieux (ostéomyélite).

III. Rappels zootechniques

Comme l'a remarqué **Gould S. J. (2000)** : «les bons naturalistes sont par nécessité des historiens». En effet, toute recherche d'une loi générale concernant les êtres vivants implique la reconnaissance du caractère unique de ceux-ci, ce qui fait de leur histoire un élément clé de la compréhension de leur développement. Dans le cadre de cette étude, centrée sur la variabilité des têtes et des métapodes au sein de l'espèce caprine, la connaissance de l'histoire du cheptel caprin, en particulier les affinités généalogiques des races, permettrait d'élargir les conclusions de l'étude : les caractéristiques actuelles du cheptel découlent d'une évolution qui s'est opérée depuis la domestication : la connaissance de ces derniers, couplée à celle de l'histoire des races caprines, permettrait de mieux comprendre cette évolution.

1. Domestication

L'histoire des ressources zoogénétiques a débuté entre 12 000 et 14 000 ans, au cours de la révolution agricole du début du Néolithique, par la domestication des principales espèces de cultures et d'élevage. La domestication des animaux et des plantes est considérée comme l'un des plus importants développements de l'histoire et l'une des conditions préalables à la naissance des civilisations humaines (**Diamond 2002, FAO 2008**).

Il est sûr, en tout cas, que l'homme, sans l'assistance des animaux domestiques, n'aurait pas eu d'histoire et n'aurait pu réussir l'évolution qui l'a conduit à son niveau actuel. (**Petter 1987**)

1.1. Définition

La domestication était un processus complexe et graduel qui changeait le comportement et les caractéristiques morphologiques des animaux ancestraux. (**Diamond 1999**)

Un nombre très limité d'espèces ont été domestiquées avec succès. Parmi les 148 espèces non carnivores d'un poids supérieur à 45 kg, seulement 15 ont été domestiquées. Treize de ces espèces viennent de l'Europe et de l'Asie, et deux sont originaires de l'Amérique du Sud. De plus, seulement six (bovins, moutons, chèvres, porcs, chevaux et ânes) se sont répandues sur tous les continents, tandis que les neuf autres (dromadaires, chameaux bactériens, lamas, alpagas, rennes, buffles domestiques, yaks, vaches de Bali et mithans) sont importantes dans des régions plus délimitées de la planète (**Diamond 1999, FAO 2008**).

1.2. Lieux et dates

Les domestications s'étalent du néolithique à nos jours, à l'exception de celle du chien, qui a précédé de plusieurs millénaires l'élevage d'autres espèces et la sédentarisation.

On considère actuellement que la domestication des animaux d'élevage est apparue, de manière totalement indépendante (Couplan & Benoit 2011), dans au moins une douzaine de centres à travers le monde (FAO 2007, Naderi 2007, Rognon & al. 2009), selon d'autres une quinzaine. Ce chiffre peu précis varie en fonction des découvertes archéologiques et il est probable que l'agriculture soit apparue dans plus de foyers qu'on ne le pense aujourd'hui. (Couplan & Benoit 2011)

Après celle du chien, le premier foyer de domestication fut le Moyen-Orient, en particulier sa partie qu'on appelle le Croissant fertile. On remarque ensuite l'Asie de l'Est, le bassin méditerranéen et l'Amérique du Sud. Certaines régions du monde n'ont connu aucune domestication d'espèces locales sinon de très récentes comme l'Australie ou l'Afrique australe. (Downs 1960, Descola 1994)

1.3. Croissant fertile

Le passage de l'état de chasseurs-cueilleurs à celui d'éleveurs-agriculteurs s'effectue sur plusieurs millénaires au Proche-Orient dans la partie occidentale du Croissant fertile (Rognon & al. 2009).

Cette zone qui s'étend du golfe du Sinaï au golfe persique en passant par la Palestine, le Liban, la Syrie, les montagnes du sud-est de la Turquie et du sud-ouest de l'Iran a été particulièrement bien explorée (Couplan & Benoit 2011), car il s'agit d'une zone de distribution naturelle, d'une part, de céréales sauvages et, d'autre part, des ancêtres des ongulés domestiques aujourd'hui d'importance majeure. (Rognon & al. 2009, Couplan & Benoit 2011)

1.4. Compréhension de la domestication

1.4.1. Données archéozoologiques

La compréhension de l'histoire de la domestication des espèces animales découle des résultats régulièrement apportés par l'archéozoologie. Cette discipline en plein essor utilise des outils de plus en plus performants et adaptés qui enrichissent notre connaissance sur des phénomènes remontant, pour les plus anciens, à la révolution néolithique (Vigne 2007), qui s'amorcent à l'époque « pré-historique » pour laquelle aucune autre documentation n'existe. (Rognon & al. 2009)

Les dates et foyers des domestications anciennes ont été estimés par des méthodes essentiellement archéologiques ; il s'agit plus spécialement d'archéozoologie. (Vilà & al. 1997)

Bien que, l'analyse de la structuration de la diversité génétique des animaux actuels y a beaucoup contribué, mais c'est encore l'archéologie qui, en s'appuyant sur des fouilles toujours plus nombreuses et sur des techniques toujours plus sophistiquées (morphométrie

géométrique, isotopes stables, ADN ancien (Horard-Herbin & Vigne 2005) a apporté le plus d'informations nouvelles. (Vigne 2007)

En plus, les études archéologiques apportent des données complémentaires qui concernent directement les animaux (changements morphologiques des dents, du crâne et des squelettes et l'établissement des courbes démographiques concernant l'âge et le sexe), mais aussi leur environnement (contexte écologique) et l'Homme qui les a domestiqués (outils en relation avec le processus de domestication). (Zeder & al. 2006, Naderi 2007). Ces études permettent d'identifier les schémas typiques de la domestication (Zeder & al. 2006).

1.4.2. Données génétiques

Dans le domaine qui nous intéresse ici comme dans bien d'autres, les données de la génétique viennent, depuis une dizaine d'années, renforcer et affiner celles de la zoologie traditionnelle. (Vigne 2007)

En matière de génétique moléculaire, les principaux développements récents ont fourni des outils nouveaux et puissants, appelés marqueurs moléculaires, pour évaluer les origines des espèces des animaux d'élevage et la distribution géographique de leur diversité. (FAO 2005)

1.4.3. Approches archéobiologiques

Un des aspects les plus intéressants de l'intersection entre l'archéologie et la génétique a été la documentation concernant les sites de domestication des animaux d'élevage (Zeder & al. 2006), l'archéologie agissant en guise de guide pour la recherche génétique et la génétique fournissant le soutien à certaines théories (Zeder & al. 2006), où les scénarii sur la domestication animale issus pouvaient autrefois fortement diverger. (Brasier 2012)

Les archéologues et les généticiens des animaux utilisent des moyens différents pour éclaircir l'histoire de la domestication (Zeder & al. 2006). Cette combinaison des approches archéologiques et génétiques a conduit depuis une vingtaine d'années à une véritable explosion des connaissances sur l'origine de la domestication (Fernández & al. 2005).

L'étude des variations de la diversité génétique au cours du temps chez les domestiques et les sauvages sont utiles pour tenter de distinguer les phénomènes de domestication locale, des interrogations à partir des animaux domestiques (Luikart & al. 2006).

Mais l'utilisation de l'horloge moléculaire, qui permet d'estimer la date à laquelle s'est produite la domestication relativement fiable pour les temps géologiques anciens, l'est bien moins pour les périodes courtes qui nous occupent ici. En conséquence, la génétique des populations actuelles élabore des scénarii dont les calages chronologiques sont mal

assurés. Seules les données de l'archéologie (y compris celles de l'ADN ancien, qui résulte des fouilles archéologiques) permettent de les valider et de leur donner un cadre historique et anthropologique. (Vigne 2007)

Les résultats de la génétique sont de plus en plus nombreux, la paléogénétique, pourtant si difficile (Orlando 2005), commence à entrer de plein pied dans le débat, et l'archéozoologie développe ses méthodes et son activité dans de nombreux pays du monde. (Vigne 2007)

1.5. Domestication de la chèvre

La chèvre a été parmi les premiers animaux d'élevage domestiqués, contribuant à la révolution Néolithique (Zeder & Hesse 2000). Les données archéologiques et morphologiques suggèrent que la chèvre a été domestiquée à partir de l'aegagre (*Capra aegagrus*) dans le Croissant Fertile (Peters & al. 1999, Peters & al. 2005, Zeder 2005). Cette origine a été confirmée par des études génétiques basées sur l'analyse d'ADN mitochondrial et nucléaire (Luikart & al. 2006, Takada & al. 1997, Naderi 2007).

Les données archéologiques situent la domestication il y a environ 10 500 ans dans les vallées de l'Euphrate et du Tigre, dans le Sud-Est de l'Anatolie (Peters & al. 1999, Peters & al. 2005) et entre 9 900 et 9 500 ans dans les Monts Zagros à l'Ouest de l'Iran (Zeder & Hesse 2000, Zeder 2005, Zeder & al. 2006). Bien que moins probable, l'hypothèse d'une domestication plus récente (Horwitz & al. 2000) encore dans la basse vallée de l'Indus n'a pas été contestée (Meadow 1996).

Les résultats des études génétiques obtenus confirment partiellement les données archéozoologiques et clarifient de manière significative le scénario de la domestication.

Plus important encore, les résultats de l'étude remettent en cause l'hypothèse de plusieurs foyers indépendants de domestications. (Taberlet & Vigne 2008)

L'analyse fine du polymorphisme de l'ADN mitochondrial chez l'aegagre indique que des individus sauvages ont été contrôlés et probablement déplacés par l'homme dans une très vaste région comprenant l'Anatolie orientale et tout le Zagros. Il s'agirait d'un contrôle de ces populations au sens d'une protection et d'une chasse raisonnée, portant sur les jeunes et les mâles afin de ne pas affaiblir leur potentiel reproductif. Et ceci avant même que la domestication effective ne soit engagée et qu'un début de domestication n'ait périclité au Centre-Ouest de l'Iran. (Taberlet & Vigne 2008)

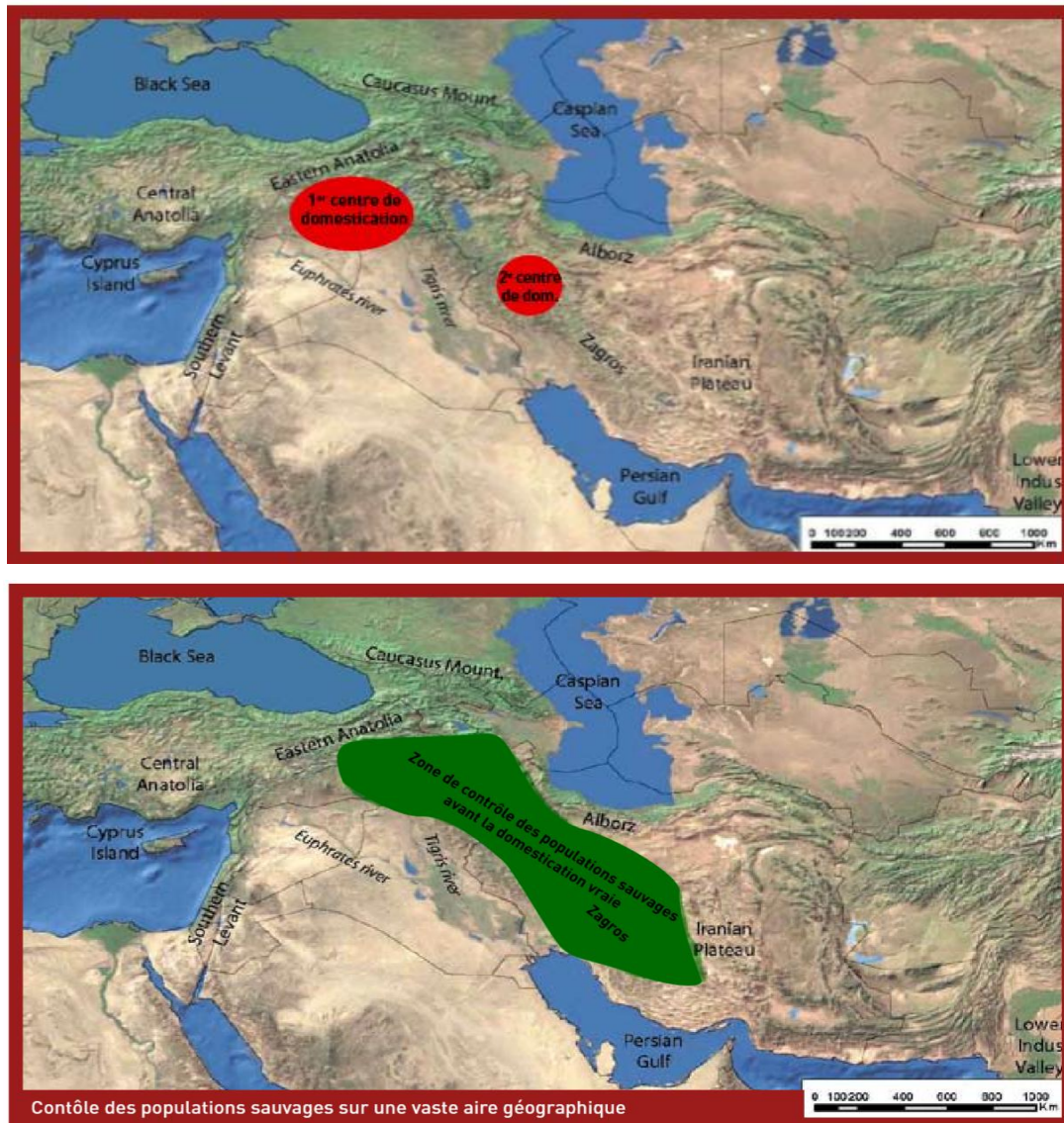


Figure 02 : Ancienne et nouvelle hypothèse de la domestication de la chèvre (Taberlet & Vigne 2008)

Actuellement, cinq lignées maternelles mitochondriales distinctes ont été identifiées chez les chèvres domestiques (Luikart & al. 2001, Sultana & al. 2003, Joshi & al. 2004). Une de ces lignées est prédominante du point de vue numérique et est présente partout dans le monde, tandis qu'une deuxième lignée semble être d'origine contemporaine. Elles reflètent probablement le processus primaire de domestication des chèvres dans le croissant fertile, là où les informations archéologiques suggèrent y avoir deux à trois zones de domestication (les montagnes Zagros, les montagnes Taurus, la vallée du Jordan), les autres lignées sont plus limitées dans leur distribution géographique et pourraient correspondre à des domestications ou à des introgressions supplémentaires dans d'autres régions, y compris la vallée de l'Hindou (Fernández & al. 2006, Vigne 2007, Vigne 2014)

L'espèce sauvage ancêtre de la chèvre domestique *Capra hircus* serait *Capra aegagrus* (ou *Capra hircus aegagrus* selon les auteurs) également appelée à bézoard ou égagre ; on

la trouve encore actuellement dans les montagnes du Moyen-Orient (**Moutou F & Pastoret 2010, Bourlière 1967, Taberlet & Vigne 2008, Vigne 2007, Bouchel & Lauvergne 1996**). L'existence de *Capra prisca*, supposée être l'espèce ancestrale des chèvres européennes d'après **Adametz (1915)** n'est plus reconnue depuis **Zeuner (1965)**. En l'absence de preuves archéozoologiques de leur domestication, l'hypothèse de la contribution d'autres espèces sauvages du genre *Capra* est désormais rejetée par la plupart des auteurs (**Bouchel & Lauvergne 1996**), en raison de la différence entre la forme des chevilles osseuses des cornes de ces espèces et de celles de nos chèvres domestiques. Cependant, des doutes subsistent en ce qui concerne *Capra falconeri* (ou *Capra hircus falconeri* ou le markhor) qui pourrait être partiellement à l'origine de certaines populations caprines asiatiques à cornes torsadées. (**Moutou & Pastoret 2010**)

1.6. Domestication de la chèvre en Afrique

L'histoire de l'élevage en Afrique a été jusqu'à récemment controversée et peu comprise. Cependant, l'analyse des marqueurs génétiques des populations d'animaux autochtones provenant de toutes les régions du continent a révélé les événements principaux de l'histoire de l'élevage en Afrique. (**Hanotte & al. 2002**)

L'origine de la chèvre en Afrique semble se situer au Moyen-Orient. L'hypothèse d'une domestication in situ n'est cependant pas entièrement à écarter. (**Adametz 1915**)

Toutefois si, d'après **Muzzolini (1989, 1991, 1992, 1993)**, la présence de caprins sauvages était attestée au Paléolithique au Maghreb et si de nombreux restes de caprins ont été retrouvés par les archéozoologues en Afrique (**Chaix 1984, Driesch & Boessneck 1985**), on est loin encore de disposer de preuves de l'existence d'un processus de domestication analogue à celui qui a été mis en évidence au Moyen-Orient.

Ainsi, après **Mason (1981), Gautier (1990), Nozawa (1991), Helmer (1992)** il semble raisonnable de penser que les premiers caprins domestiques sont apparus au Moyen-Orient.

Selon **Bouchel & Lauvergne (1996)** on retrouverait, comme pour les bovins, deux vagues de peuplements séparées dans le temps. Le premier envahissement aurait commencé lors du cinquième millénaire avant notre ère et se serait poursuivi jusqu'à l'occupation complète du continent. Le second mouvement, plus récent, daterait du troisième millénaire avant notre ère. D'une manière générale ces deux types de chèvre se seraient répandus depuis l'Egypte vers le sud en Afrique et de l'Est vers l'ouest en Afrique du Nord. Selon ce schéma, les chèvres naines propres à certaines régions d'Afrique se seraient différenciées sur place à rapprocher de la première vague de peuplement.

Cependant, cette interprétation repose essentiellement sur des données morphologiques. Or, il est probable que de nombreuses données complémentaires, en particulier de type génétique, seraient à récolter et à analyser pour confirmer ou infirmer ce schéma. (Moutou & Pastoret 2010)

1.7. Domestication de la chèvre en Algérie

D'après Esperandieu (1975), les capridés représentés par *Capra hircus* furent introduits depuis le néolithique en Algérie. La domestication a été débutée sur le littoral et dans le tell Algérien durant le néolithique. (Camps 1976)

2. Elevage caprin en Algérie

En Algérie, l'élevage caprin compte parmi les activités agricoles les plus traditionnelles (Ghedhaiifib 1991, Kerboua & al. 2003), et en raison de son adaptation aux milieux difficiles, est pratiqué dans des régions défavorisées ou marginales (montagneuses, steppes et oasis) (Argüello 2011).

La conduite est généralement extensive et le type familial est très répandu (AnGR 2003), l'élevage est pratiqué selon des méthodes traditionnelles caractérisées par une faible productivité (Guessas & Semar 1998) et dans les conditions optimales, la charge pastorale en caprin est généralement de 4 à 5 têtes par ha (Moustaria 2008), associé ou non à d'autres espèces. La majorité des populations sont soumises seulement à la sélection naturelle (Madani 2000).

Les populations locales sont élevées pour leur lait qui est très recherché pour sa valeur nutritionnelle et son aptitude à la transformation notamment en fromage de qualité (Park, 2012), et aussi pour leur chair qui véhicule l'image d'un produit biologique et constitue une source de protéines animales mais aussi de revenu pour les populations rurales surtout dans les pays en voie de développement (Escareño & al. 2013). Les caprins sont aussi élevés pour leur toison recherchée ainsi que pour leur peau qui sert notamment à la fabrication de guerbas qui sont légères, isolantes et faciles à transporter. (Moustari 2008, Kadi & al. 2014) Depuis les années 1970, plusieurs programmes sont initiés pour, d'une part, améliorer et organiser l'élevage caprin traditionnel et, d'autre part, l'intensifier (Sahli 2010, AnGR 2003).

2.1. Population nord-africaine

Il existe ici une population indigène autrefois très importante en Afrique du Nord, formée de sujets de taille moyenne, aux poils longs, assez gros et très résistants, généralement noirs. Les cornes et les poils la rapprochent du type Kurde, mais les oreilles un peu tombantes ont un air Nubio-Syrien. Son aptitude est surtout la viande, mais également le lait,

ce qui permettait, comme dans toute la zone méditerranéenne extensive, d'alimenter la famille, du pasteur. Avec les poils, on tissait les tentes et aussi des cordes très solides. (Charlet & Le Jaouen 1977)

D'après Espérandieu & Chaker (1994), dans le nord de l'Afrique on peut reconnaître cinq types de chèvres : *Capra hircus* qui a été très anciennement introduite dans les pays du Maghreb au point de paraître autochtone (chèvre dite kabyle) , on le reconnaît aussi bien dans le Sud tunisien que dans l'Aurès et le Haut Atlas, *Hircus manbrinus*, *Hircus Thebaïcus*, *Hircus reversus* qui occupent ou ont occupé de vastes zones en Afrique orientale, au Sahara et dans le Sahel. Enfin la chèvre arabe d'introduction plus récente à partir du Haut Moyen Age, qui a modifié sensiblement le troupeau caprin du Maghreb et du nord du Sahara. Au Mزاب et dans l'oued Rhir s'est créé un type dans lequel dominant ses caractères, il est connu sous l'appellation de « Chèvre rouge du Mزاب ».

2.2. Races caprines Algériennes

Le cheptel caprin algérien présente une extraordinaire diversité génétique mais n'a fait l'objet, à ce jour, que de peu de description de ses populations. (Moula & al. 2013)

La race locale est caractérisée par son corps anguleux, sa taille appréciable, sa mamelle développée et ses poils longs et ses robes de différentes couleurs. Le poids des chevreaux à la naissance est de 2 kg 500 g et à 5 mois 25 kg (Khelifi 1997). Bien que relativement homogène, mais selon plusieurs auteurs (AnGR 2003, Madani & al. 2003, Fantazi 2004, Hellal 1986, Dekkiche 1987) la population locale est divisée en trois sous populations :

- la chèvre arabe divisée en deux races : l'Arabia et la Makatia.
- La naine de Kabylie
- la M'zabit

Auxquelles s'ajoutent le cheptel importé et les produits de croisements, selon le milieu d'élevage, le format et la morphologie.

2.2.1. Chèvre Arabe

C'est une population dite Sahélienne, la plus répandue, appelée aussi Touareg, Fulani, Bariolée du Sahel, elle se rattache à la race Nubienne. Elle domine sur les hauts plateaux et les zones steppiques, semi-steppiques, et les régions septentrionales du Sahara. Sa taille atteint 70 cm, pourvue d'oreilles longues et pendantes. Sa robe est polychrome et présente fréquemment du blanc associé à du roux, du noir et du gris, à poils longs. La chèvre Arabe à une production laitière moyenne de 1.5 litre. Cette race est très sensible à la trypanosomiase et ne peut être élevée que dans les zones qui ne sont pas infectées. Ce sont des animaux très rustiques qui peuvent rester deux jours sans boire (AnGR 2003, Madani & al. 2003)

2.2.1.1. Race Arabia

Race domestique localisée dans la région de Laghouat (Nord du Sahara). Elle se subdivise en deux sous-types : l'un sédentaire et l'autre transhumant. Comparativement au type transhumant, le type sédentaire a les poils plus longs 14-21 cm contre 10-17 cm pour le type transhumant. (AnGR 2003, Madani & al. 2003, Dekkiche 1987)



2.2.1.2. Race Makatia

Ou Beldia, se localise dans les hauts plateaux et la région Nord de l'Algérie. (Feliachi 2003, Madani & al. 2003).

D'après Tedjani (2010), cette race est le résultat du croisement entre races méditerranéennes mais, selon Djarim & Ghribeche (1981), elle est sans doute le résultat du croisement entre l'Arabia et la Cherkia, généralement elle est conduite en association avec la chèvre ARABIA sédentaire.



La chèvre MAKATIA présente un corps allongé à dessus droit, chanfrein légèrement convexe chez quelques sujets, robe variée de couleur grise, beige, blanche et brune à poils ras et fin, longueur entre 3-5 cm. La tête est forte chez le mâle, et chez la femelle elle porte des cornes dirigées vers l'arrière, possède d'une barbiche et, deux pendeloques (moins fréquentes) et de longues oreilles tombantes qui peuvent atteindre 16 cm. Le poids est de 60 kg pour le mâle et 40 kg pour la femelle, alors que la hauteur au garrot est respectivement de 72 cm et 63 cm. La mamelle est bien équilibrée du type carrée, haute et bien attachée et les 2/3 des femelles ont de gros trayons (Hellal 1986), la production laitière est de 1 à 2 litres par jour (Moula & al. 2014).

Elle est utilisée principalement pour la production de lait et de viande et spécialement pour la peau et le cuir. (AnGR 2003, Madani & al. 2003)

2.2.2. Race Kabyle

Selon Guelmaoui & Abderehmani (1995), la chèvre KABYLE est considérée comme descendante de la chèvre *Pamel Capra promaza*. C'est une chèvre autochtone qui peuple les massifs montagneux de la Kabylie, des Aurès et du Dahra. Elle est robuste, massive, de petite taille (66 cm, pour le mâle, et 62 cm pour la femelle) d'où son nom « Naine de Kabylie», la longueur du corps est de 65-80 cm, avec des poids respectifs de 60 kg et 47 kg.



Son poil est long de couleur généralement brun foncé, parfois noir ; la tête de profil courbé, avec des oreilles longues, est surmontée de cornes (Pedro 1952, Hellaï 1986). Sa production laitière est mauvaise, elle est élevée généralement pour la production de viande qui y est de qualité appréciable (AnGR 2003, Madani & al. 2013).

2.2.3. Race M'zabit

Appelée également Touggourt, M'zab, et la chèvre rouge des oasis, cette chèvre est originaire de M'tlili dans la région de Ghardaïa (au centre de l'Algérie dans le Nord du Sahara algérien). Elle peut toutefois se trouver dans toute la partie septentrionale du Sahara. L'animal est de taille moyenne (65 cm), son corps allongé, est droit et rectiligne. Sa tête est fine et cornée, alors que sa robe est à poil court et présente trois



couleurs : le chamois, le blanc et le noir. Le chamois est le plus dominant, avec une ligne noire régulière sur l'échine alors que le ventre est tacheté de noir et de blanc. Cette race réalise deux mises bas en moyenne par an et des taux de prolificité et de fécondité respectifs de 200 et 250%, elle est principalement laitière par excellence en moyenne de 2,56 Kg/j (2-3 litres/jours), elle présente indéniablement d'immenses intérêts zootechniques et économiques (AnGR 2003, Madani & al. 2003, Moula & al. 2014)

2.2.4. Population introduite

Des populations étrangères (qui n'étaient pas encore des races standardisées) ont commencé à être introduites à partir du début du 20ème siècle pour les essais d'adaptation et d'amélioration des performances zootechniques de la population locale. Signalons également l'importation au cours des dernières décennies de quelques milliers de têtes caprines de races standardisées (la Saanen, l'Alpine et Maltaise principalement) (Madani & al. 2003).



Selon Madani (2001) la Saanen et l'Alpine ont fait l'objet de tentatives d'élevage en race pure, spécialisée en production laitière dans la région de Kabylie. Toutefois, il n'existe que peu d'informations sur le renouvellement des troupeaux à long terme.

2.2.5. Produit de croisement

Globalement, les populations locales de caprins gardent intact leur variabilité génétique mais il existe dans certaines régions, des métissages avec les races méditerranéennes précédemment mentionnées (Madani & al. 2003, Madani 2001), créant de nouvelles populations parfois peu homogènes. (Charlet & Le Jaouen 1977)

Selon Khelifi (1997), cette population est constituée par des sujets issus des croisements contrôlés ou non contrôlés entre la population locale et d'autres races, mais les essais sont très limités. Les produits ont une taille remarquable, une carcasse pleine, souvent des gestations gémellaires et une production laitière appréciable. Les poils sont généralement courts.

Ces produits sont rencontrés principalement au sein des exploitations de l'Etat (Chellig 1978).

3. Effectif et répartition des caprins

3.1. Dans le monde

En 2009, le monde compte environ 868 millions de caprins, soit une proportion d'un caprin pour 7 habitants (PAC 2011).

En 2014, La réserve mondiale est estimée par 1011.25 millions de têtes caprines (Tab. 03), elle se concentre essentiellement en Asie avec pourcentage 60.1 % de l'effectif mondial, suivi par le continent Africain avec (33,1%). En effet, on retrouve dans les régions de l'Amérique environ (4,3%), et enfin l'Europe avec (2,2 %) de l'effectif mondial (FAO 2014).

Tableau 03 : Evolution du cheptel caprin dans le monde (FAO 2014)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Évolution 2014 /2009
Monde (en million de têtes)	952	954	955	930	949	1006	+ 54
Asie	570	565	561	568	537	586	+ 16
Afrique	323	330	334	306	319	364	+ 41
Amérique	37	37	37	35	35	35	- 2
Europe	17	17	16	17	16	16	-1

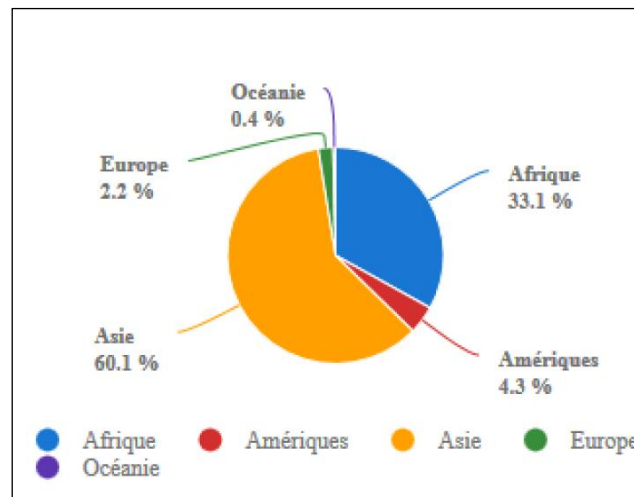


Figure 03 : Réserve des caprins dans le monde (FAO 2014)

3.2. Dans l'Algérie

L'élevage des ruminants, principalement les quatre espèces : ovine, caprine, bovine et cameline, est un des secteurs clés de l'agriculture algérienne au sein duquel prédomine le volet «petits ruminants » (AnGR 2003).

Au niveau national, le cheptel caprin a été estimé par la FAO à 5 129 839 têtes en 2014. (FAO 2014).

Les effectifs caprins représentent 15 % des effectifs de ruminants en Algérie et occupent la deuxième place après les ovins avec 79 % et avant les bovins avec 6% et à la fin les camelins avec 1% (Fig. 04) (MADR 2009).

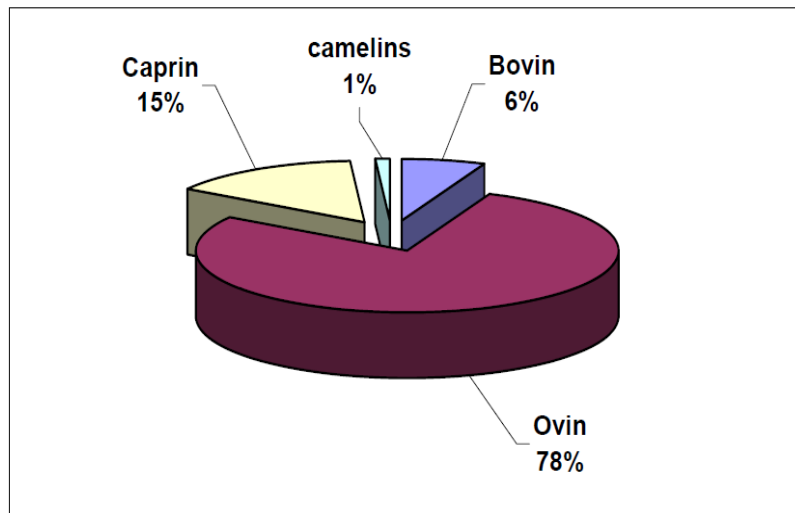


Figure 04 : Structure du cheptel national (F.A.O 2010) (MADR 2009)

3.2.1. Répartition de cheptel

En Algérie, l'élevage caprin est présent dans toutes les zones ; au nord il est cantonné aux zones montagneuses (13,2 %), mais le gros de l'effectif est réparti dans les zones steppiques (30,7%) et subdésertiques au sud (26,6 %) (Moustaria 2008, ITELV 2002, Madani & al. 2015, Badis & al. 2005, AnGR 2003, Boughalem 2015, Moula & al. 2013) et conduit surtout en mode extensif (Mouhous & al. 2015, Kadi & al. 2016).

Donc, relativement la réserve nationale est concentrée à certaines wilaya, notamment la wilaya d'El-oued a une réserve de 10,77% suivie de Djelfa avec 8,09% puis Batna avec 7,34%. La wilaya de Sétif est classée 19/48 avec une réserve de 1,56 %. La wilaya de Constantine est classée 45/48 avec une réserve de 0,20%. (MADR 2015)

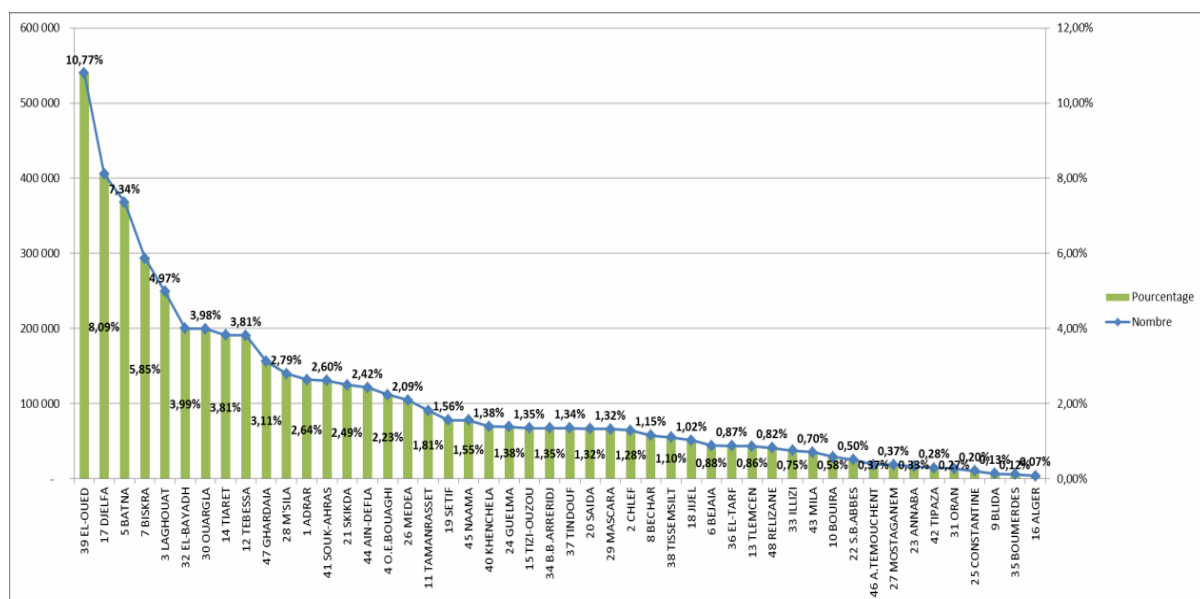


Figure 05 : Répartition de caprins dans l'Algérie (MADR 2015)

3.2.2. Evolution des effectifs caprins en Algérie

Le développement de l'élevage s'impose comme une nécessité en égard à une demande de plus en plus accrue de la part d'une population en plein essor démographique et en plus soumise aux transformations, telles que l'industrialisation et l'urbanisation qu'accompagnent des exigences alimentaires. (Feknous 1991)

L'évolution du cheptel caprin a marqué une légère augmentation dans les dernières années, qui est essentiellement liée aux essais d'intensification par l'introduction des races améliorées en particulier l'Alpine et la Saanen. (MADR 2016, Manallah 2012) (Fig. 06)

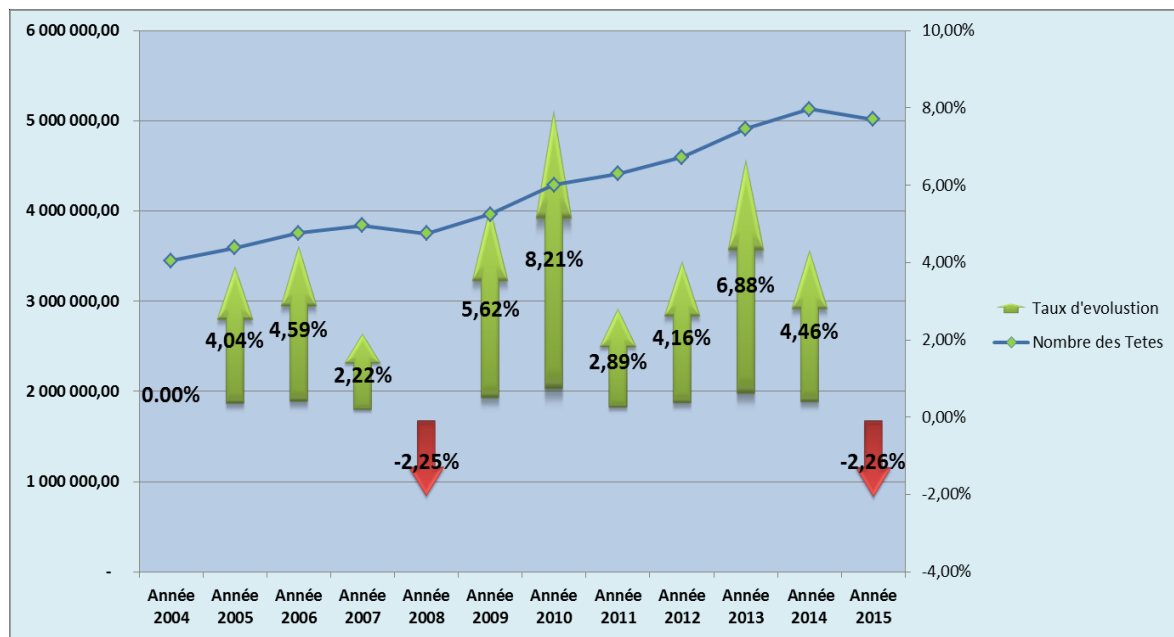


Figure 06 : Évolution des effectifs du cheptel caprin en Algérie en Million têtes (MADR 2016)

IV. Rappels anatomiques

On peut reconnaître deux grandes divisions dans le squelette des Mammifères :

- Le squelette axial (*Skeleton axiale*), qui est celui de la tête, du cou et du tronc.

Le squelette axial comprend une tige axiale, la colonne vertébrale, formée de pièces sériées, les vertèbres. Cette colonne porte à son extrémité crâniale la tête et dans la région du thorax les côtes, qui s'unissent au sternum par leur extrémité ventrale.

- Le squelette appendiculaire (*Skeleton appendiculaire*), qui est celui des ceintures et des membres thoraciques et pelviens (Goldfinger 2004, Rigot 1840).

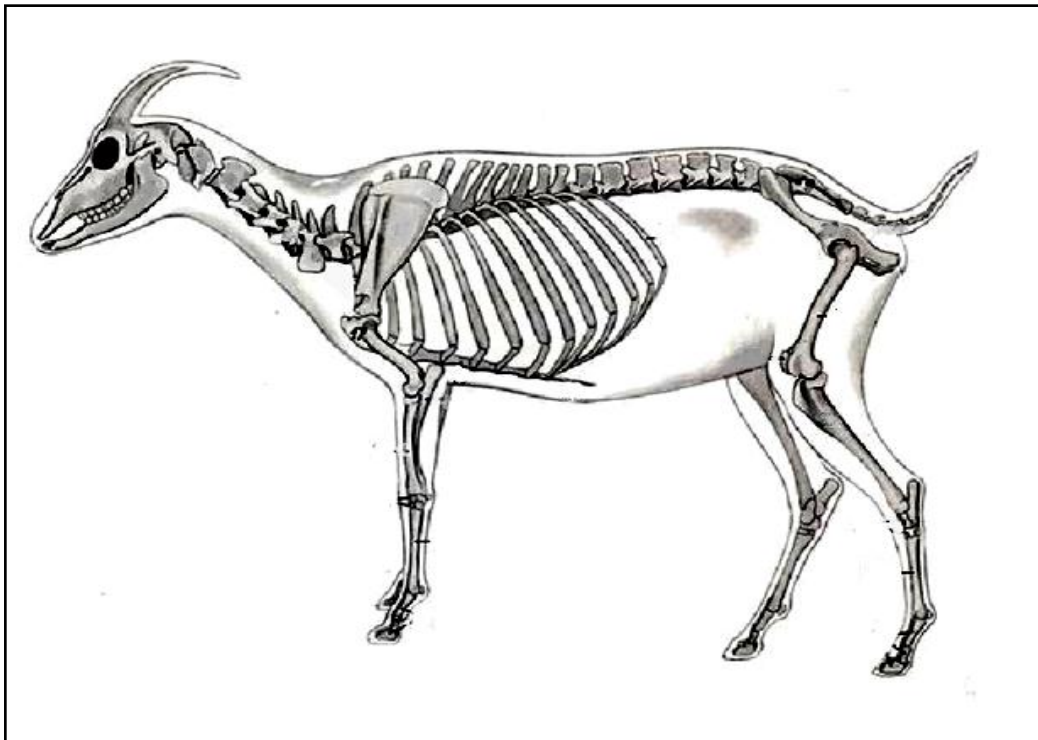


Figure 07: Squelette de caprin (Popesko 1980)

1. Tête

La tête est soutenue par un massif osseux complexe qui lui donne sa forme et qui est constituée par de nombreux os liés entre eux par des articulations de type synarthrose à l'exception de celle qui est entre la mandibule et le crâne de type diarthrose. (Goldfinger 2004, Rigot 1840)

On reconnaît toujours deux grandes subdivisions pour cet ensemble : **le crâne** qui loge l'encéphale, **et la face**, essentiellement formée par les deux mâchoires qui encadrent la bouche. (Barone 1986)

1.1. Os du crâne

Le crâne est constitué par un ensemble d'os plats pour la plupart, reliés par des sutures et délimitent la cavité crânienne. Trois d'entre eux sont impairs : l'os occipital, sphénoïde, éthmoïde, plus trois autres pairs, qui sont : l'os frontal, pariétal et temporal. (Barone 1986, Greathouse 2012)

1.1.1. Os occipital

L'os occipital est un os impair qui occupe la partie caudale du crâne et s'articule à la première vertèbre cervicale. Sa face exocrânienne montre :

-Deux parties latérales présentent deux condyles occipitaux délimitant un foramen « foramen magnum » avec un tubercule médian dorsal « tubercule nuchal », latéralement aux condyles deux processus généralement puissants « les processus jugulaires ».

-Une partie basilaire « le processus basilaire de l'occipital »

-L'os interpariétal et l'écaïlle occipitale, ils sont séparés par une saillie transversale « la protubérance occipitale externe » qui se continue de chaque côté par la crête nuchale. (Barone 1986)

1.1.2. Os sphénoïde

L'os sphénoïde est un os impair, situé sur le plancher de la cavité crânienne rostralement à la partie basilaire de l'os occipital.

L'os sphénoïde comprend deux parties : le basisphénoïde ou sphénoïde postérieur, et le présphénoïde ou le sphénoïde antérieur. Sa face exocrânienne, convexe et montre au milieu le corps et de chaque côté : le processus ptérygoïde, dirigé ventralement, et les ailes au nombre de quatre, dirigées dorsalement. (Barone 1986)

1.1.3. Os ethmoïde

L'os ethmoïde est un os impair, occupe la partie rostrale du crâne et caudale des cavités nasales (Barone 1986, Getty 1977).

La conformation de l'os ethmoïde est très complexe, il est constitué par :

- Une pièce médiane « lame perpendiculaire » : elle prolonge caudalement le septum nasal.

- Une lame criblée « lame horizontale » : sépare les cavités nasales de la cavité crânienne, sur elle s'attachent les volutes rostralement, et percée par des orifices avec un nombre de l'ordre de deux à trois centaines, lieu de passage des nerfs olfactifs. (Mogicato & Monnereau 2004, Barone 1986)

1.1.4. Os frontal

L'os frontal forme la base de la région du front, est un os pair et plat. Chez les animaux domestiques, les deux os frontaux restent distincts assez longtemps. (Barone 1986)

L'os frontal se divise en deux parties ; l'une entre dans la constitution de la cavité crânienne ; c'est l'écaille frontale, qui porte le processus cornual et est percée par le foramen supra-orbitaire, l'autre faciale ; comprend une partie nasale et une partie orbitaire. (Barone 1986)

1.1.5. Os pariétal

L'os pariétal est un os pair et plat, situé entre l'os occipital, frontal et temporal. Dans beaucoup d'espèces, il constitue la plus grande partie du crâne.

Il est le plus souvent convexe, la ligne temporale le divise en deux parties ; une entre dans la constitution de la fosse temporale « planum temporal », et l'autre dorsale « planum pariétal ». Sa face interne est toujours concave, porte les empreintes des circonvolutions cérébrales. (Barone 1986)

1.1.6. Os temporal

L'os temporal, base de la région de la tempe, est un os pair ; il constitue la plus grande partie de la paroi latérale du crâne, il donne attache à l'appareil hyoïdien et il s'articule de façon mobile à la mandibule. Enfin, il renferme les organes de l'audition. (Barone 1986)

Il comprend deux parties :

-Partie auriculaire « tubéreuse » : elle est creusée par la cavité de l'oreille moyenne « caisse tympanique » et de l'oreille interne « labyrinthe osseux ».

-Partie écailleuse : généralement mince et aplatie d'un côté à l'autre, elle présente ; une face latérale « temporale » entre dans la constitution de la fosse temporale, de sa partie ventrale se détache le processus zygomatic et présente une surface articulaire pour l'articulation temporo-mandibulaire ; plus une face médiale par laquelle elle entre en contact avec les os voisins. (Barone 1986)

1.2. Os de la face

Ils sont présentés par un massif beaucoup plus étendu chez les animaux domestiques où ils occupent à peu près les deux tiers de la tête. Ils sont plus nombreux mais plus petits et moins compliqués que ceux du crâne, sont disposés par paire de part et d'autre du plan médian sauf un seul : le vomer qui est impair. Il convient d'ajouter l'appareil hyoïdien qui fait partie de la face. (Greathouse 2012, Barone 1986)

1.2.1. Vomer

Le vomer est un os impair, allongé, aplati transversalement, il s'étend sur le plan médian depuis l'os sphénoïde jusqu'au contact des os incisifs. Il supporte à son bord dorsal une lame cartilagineuse qui sépare les deux cavités du nez. (Barone 1986)

1.2.2. Cornets nasaux

Les cornets sont des os pairs, chacun est formé par une lame osseuse papyracée, très mince et enroulée sur elle-même, il existe deux de chaque côté, l'un dorsal et l'autre ventral, au niveau de son extrémité caudale vient s'enclaver les volutes de l'os éthmoïde, dont la plus grande est assimilée à un cornet moyen. (Barone 1986)

1.2.3. Os nasal

L'os nasal est un os plat et pair, forme avec son homologue le plafond des cavités nasales. Il est uni caudalement à l'os frontal et latéralement à l'os lacrymal, maxillaire et incisif. (Barone 1986)

1.2.4. Os lacrymal

L'os lacrymal est un petit os pair, situé sur le bord médio-dorsal de l'orbite, qu'il concourt à former.

Il est subdivisé en deux parties, faciale et orbitaire, séparées par la crête orbitaire. La face orbitaire présente une dépression « la fosse du sac lacrymal » dans laquelle s'ouvre le foramen lacrymal, un peu plus caudalement une autre dépression « la fosse du muscle oblique ventral ». (Barone 1986)

1.2.5. Os zygomatique

L'os zygomatique est un os pair, forme le bord latéro-ventral de l'orbite, il s'unit caudalement avec le processus zygomatique de l'os temporal pour former l'arcade zygomatique.

Il est parcouru près du bord ventral de l'orbite par une forte crête longitudinale, d'insertion musculaire : la crête faciale. Il se relève pour former le processus frontal qui délimite l'orbite et forme un prolongement caudal « le processus temporal ». (Barone 1986)

1.2.6. Os ptérygoïde

L'os ptérygoïde est un os pair, se présente sous forme d'une lame mince de chaque côté, uni au processus ptérygoïde de l'os sphénoïde et la lame perpendiculaire de l'os palatin. Il s'unit dorsalement à l'os sphénoïde, et son extrémité ventrale, libre saillante, porte un fort prolongement recourbé «le crochet ptérygoïdien ». (Barone 1986)

1.2.7. Os palatin

L'os palatin est un os plat asymétrique, complète la voûte du palais caudalement au maxillaire et concourt à délimiter l'ouverture gutturale de la cavité nasale.

Il comprend deux parties : l'une transverse « la lame horizontale » et l'autre verticale « la lame perpendiculaire ». (Barone 1986)

1.2.8. Os maxillaire

Le maxillaire est l'os le plus volumineux du massif facial. Il constitue la partie essentielle de la mâchoire supérieure, complété rostralement par l'os incisif, et entre dans la constitution du palais osseux.

Le maxillaire a une forme très irrégulière, il est constitué par une partie principale nommée « le corps du maxillaire » et de plusieurs prolongements.

Sa face faciale irrégulièrement convexe, sur laquelle la crête faciale aboutit au tubercule facial. Un peu plus rostralement s'ouvre le foramen infra-orbitaire.

Il donne implantation aux dents prémolaires et molaires et la dent canine si elle existe, au niveau de laquelle il est plus épais, il présente les alvéoles dentaires séparées par de minces cloisons osseuses « les septums inter-alvéolaires ». (Barone 1986)

1.2.9. Os incisif

C'est un os pair et asymétrique qui occupe avec son opposé l'extrémité rostrale de la tête. Il donne implantation aux dents incisives supérieures.

Chaque os incisif présente une partie renflée ou corps, rostralement duquel se détachent deux prolongements allongés : le processus nasal et le processus palatin. (Barone 1986)

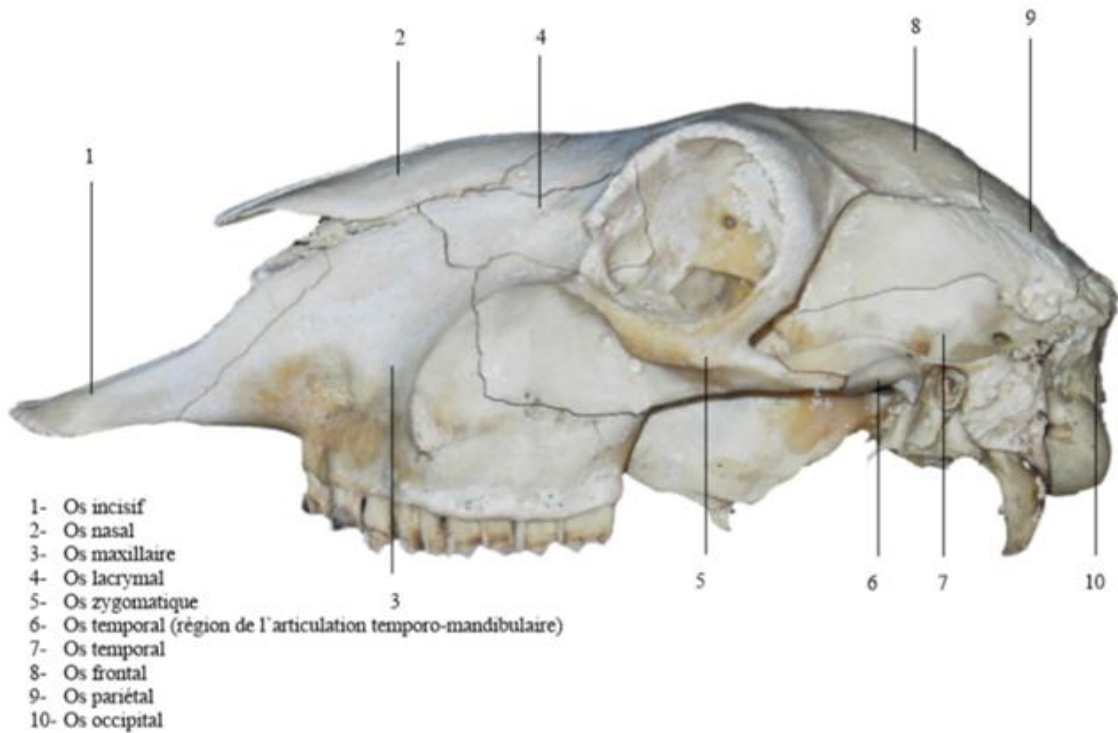


Figure 08 : Os et articulations de la tête osseuse d'un ovin en vue latérale gauche (Fouché 2006)

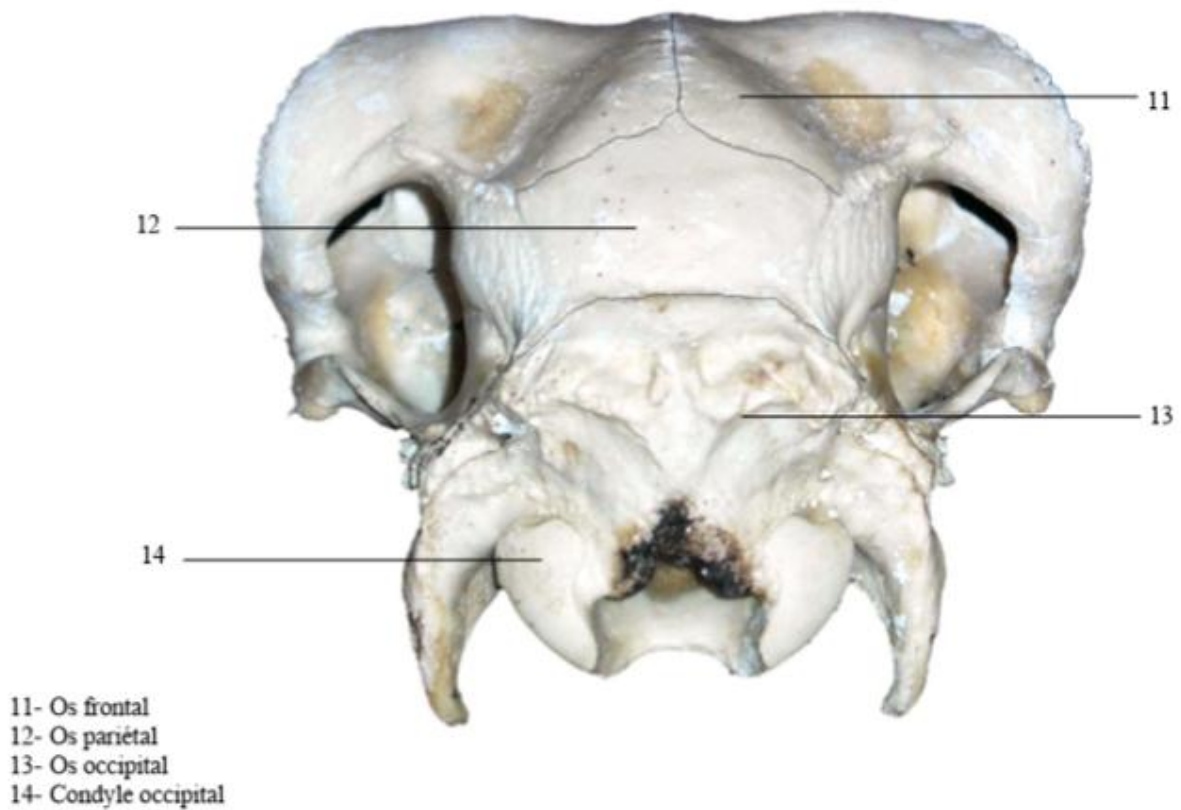


Figure 9 : Os et articulations de la tête osseuse d'un ovin en vue caudale (Fouché 2006)

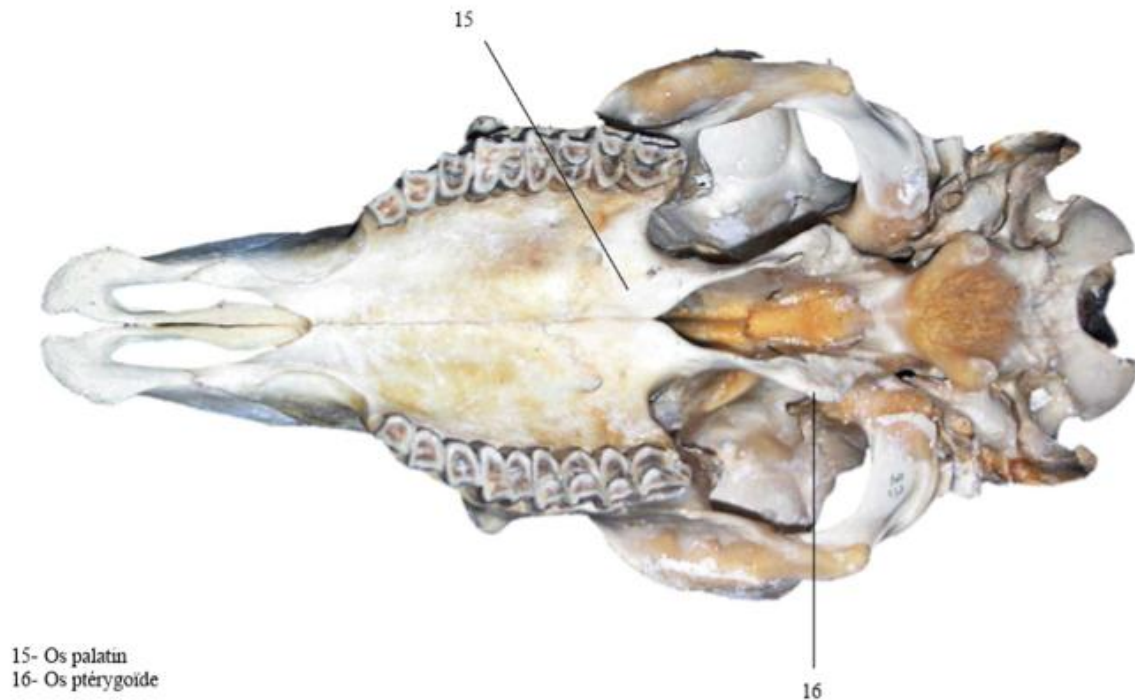


Figure 10 : Os et articulations de la tête osseuse d'un ovin en vue ventrale (Fouché 2006)

1.2.10. Mandibule

La mandibule est un os pair, plat et asymétrique. Elle donne implantation aux dents inférieures et constitue avec son opposé la mâchoire inférieure (Barone 1986). Elle s'unit à l'os temporal par une articulation synoviale. (Planche & al. 1990)



Figure 11 : Os et articulations de la mandibule d'un ovin en vue latérale droite (Fouché 2006)

La mandibule présente deux parties aplaties d'un côté à l'autre et raccordées angulairement, l'une verticale : c'est la branche, et l'autre horizontale, porte les dents : c'est le corps. Ce dernier délimite avec celui de l'os opposé l'espace inter-mandibulaire, dans lequel est logée la langue. Il présente deux parties : incisive et molaire, entre les deux on voit, sur la face latérale, le foramen mentonnier. (Barone 1986)

1.2.11. Appareil hyoïdien

Encore nommé os hyoïde. Il est formé d'un ensemble de pièces osseuses ou fibro-cartilagineuses articulées par synchondrose ou syndesmose entre eux et attachées aux os temporaux et appendus à la base du crâne entre les deux branches des deux mandibules, oblique en direction rostro-ventrale.. Cet os soutient de façon souple et mobile la langue, le pharynx et le larynx. (Barone 1986)

L'appareil hyoïdien est formé par :

- Le corps : « basihyoïdium », est une petite pièce osseuse impaire en forme de barre transversale. Il porte trois prolongements ; un rostral et médian, c'est le processus lingual qui plonge dans la racine de la langue ; et deux caudaux et latéraux sont les plus caractéristiques et les plus constants, donnent attache au larynx, chacun est qualifié de grande corne « thyrohyoïdium ».
- Les arcs de suspension : sont disposés de façon symétrique et de développement variable d'une espèce à l'autre. Chacune d'entre eux comprend en principe quatre pièces qui sont en allant du basihyoïdium vers l'os temporal : le cératohyoïdium « petite corne », l'épihyoïdium, le stylohyoïdium qui porte l'angle styloïdien et le tympanohyoïdium. (Barone 1986)

1.3. Particularités de la tête osseuse de la chèvre

La tête de la Chèvre se différencie de celle du Mouton par de multiples caractères de détail, les principaux de ces caractères peuvent être résumés comme suit.

- La suture des os occipital et pariétaux dessine un angle à sommet rostral, dont l'interpariétal se soude à l'os occipital, et celle des os pariétaux avec l'os frontal est rectiligne.
- Les fosses temporales sont plus étendues chez la Chèvre et envahissent plus la face dorsale, de sorte que, dans cette espèce, le planum pariétale n'a guère plus de 2 cm à son niveau le plus étroit.
- Le méat acoustique externe est beaucoup plus large chez la Chèvre que chez le Mouton. D'autre part, la face endocrânienne du rocher est à peu près aussi haute que large.
- Dans les races pourvues de cornes, les processus cornaux, insérés plus près l'un de l'autre chez la Chèvre que chez le Mouton, sont en outre plus aplatés et plus tranchants au bord rostral. Leur structure est plus compacte, mais le sinus frontal y pénètre beaucoup plus

que chez le Mouton ; le diverticule atteint 6 ou 7 cm de long. Quand les cornes sont absentes, leur emplacement est toujours marqué par une forte protubérance.

- La fosse larmière fait défaut chez la Chèvre, qui présente par contre une discontinuité entre les os lacrymal et nasal.
- Chez cet animal d'autre part, les os nasaux sont plus courts, plus plats et pourvus de deux pointes rostrales dont la disposition est toutefois variable. Enfin, le processus nasal de l'os incisif arrive toujours au contact de l'os nasal, ce qui est très exceptionnel chez le Mouton.
- Les fissures palatines sont un peu plus courtes et plus larges chez la Chèvre que chez le Mouton.

Considérée dans son ensemble, la tête de la Chèvre présente un crâne plus long par rapport à la face que celle du Mouton. (Barone 1986)

2. Os métacarpiens

Second segment ou **métapode** de la main, le **métacarpe** (Metacarpus) est formé en principe de cinq os métacarpiens, dont chacun répond par son extrémité proximale à l'un des os de la rangée distale du carpe et porte un doigt à l'autre extrémité. Le nombre d'os métacarpiens se réduit à la suite de celui des doigts dans l'onguligradie. (Grassé 1967, Barone 1986)

2.1. Conformation

Les os métacarpiens sont des os longs et asymétriques, disposés à peu près parallèlement les uns aux autres et articulés entre eux par leur extrémité proximale. A chacun d'eux on reconnaît une partie moyenne ou corps et deux extrémités.

- Le corps (Corpus) de chaque os métarpalien est cylindroïde, plus ou moins aplati dans le sens dorso-palmar.

-Extrémité proximale, encore appelée base de l'os métarpalien, est élargie et porte une grande surface articulaire pour répondre au carpe. Elle porte en outre, sur ses côtés, de petites facettes qui s'articulent avec les os métarpaliens voisins, facettes qui font évidemment défaut du côté abaxial des métarpaliens extrêmes. Elle présente enfin des surfaces rugueuses ou tubéreuses sur ses faces dorsale et palmar. Sur certains os métarpaliens, ces surfaces peuvent se soulever en véritables tubérosités d'insertion.

-Extrémité distale, elle est cylindroïde à axe transversal, formant un double condyle. Elle répond à la phalange proximale du doigt correspondant et éventuellement aux os grands sésamoïdes qui complètent celle-ci du côté palmar. De chaque côté, à l'extrémité de l'axe articulaire, se trouve une fossette d'insertion ligamentaire, surtout marquée dans les os métarpaliens les plus gros.

La surface articulaire distale de l'os métacarpien du pouce présente deux petits condyles séparés par une gorge médiane (**Barone 1986**)

2.2. Particularités des caprins

Le métacarpien comprend un os principal ou os canon, très volumineux, qui résulte de la soudure des os métacarpiens **III** et **IV** et un os métacarpien **V**, rudimentaire et très petit.

Les deux os métacarpiens qui constituent l'os canon sont d'abord distinctement et simplement accolés pendant la vie foetale, il est encore possible sur le nouveau-né de les séparer l'un de l'autre. Mais bien vite, la soudure devient totale, et même, les deux cavités médullaires confluent en une seule par leur partie moyenne et leur extrémité proximale, à la faveur d'une active résorption des parties adjacentes des deux os soudés. Cette communication est établie vers l'âge de trois mois et demi.

- L'os canon de la Chèvre est un os long proportionnellement plus grêle et plus long que celui du Bœuf, mais relativement un peu plus court et surtout plus large et moins aplati dans le sens dorso-palmar que celui du Mouton.
- La surface articulaire proximale, planiforme chez les Ruminants, est divisée par une crête dorso-palmar en deux facettes inégales, l'une latérale, la plus petite, pour l'os crochu, l'autre médiale plus grande, pour l'os capitato-trapézoïde. Cette surface pourvue d'une fossette synoviale centrale et n'est habituellement pas échancrée du côté palmar.
- La face dorsale présente du côté médial, juste en dessous de la surface articulaire, une forte tubérosité d'insertion tendineuse.
- A la face palmar, se trouve une surface large et rugueuse pour des insertions ligamentaires et latéralement, une petite surface rugueuse pour l'union avec l'os métacarpien rudimentaire V.
- Les sillons longitudinaux des deux faces sont peu marqués, souvent effacés. (**Grassé 1967, Barone 1986**)
- L'extrémité distale est divisée par une profonde incisure en deux éminences articulaires, latérale et médiale, symétriquement conformées. Chacune de ces dernières répond à la phalange proximale et aux os grands sésamoïdes du doigt correspondant par une surface formée de deux condyles dont l'abaxial est beaucoup plus grand que l'axial, séparés par un relief intermédiaire presque tranchant. Elle montre en outre sur chacune de ses faces abaxiale et axiale, une forte dépression à insertion ligamentaire.
- L'os métacarpien rudimentaire V, est constant mais faible. C'est un petit osselet styloïde, long de quelques centimètres à peine, uni à l'extrémité proximale de l'os canon par du tissu fibreux mais dépourvu d'articulation avec le carpe.

- Il existe parfois un grêle os métacarpien rudimentaire II, développé dans un petit cordon fibreux, seul vestige d'une ébauche mieux représentée chez le fœtus. (Barone 1986)

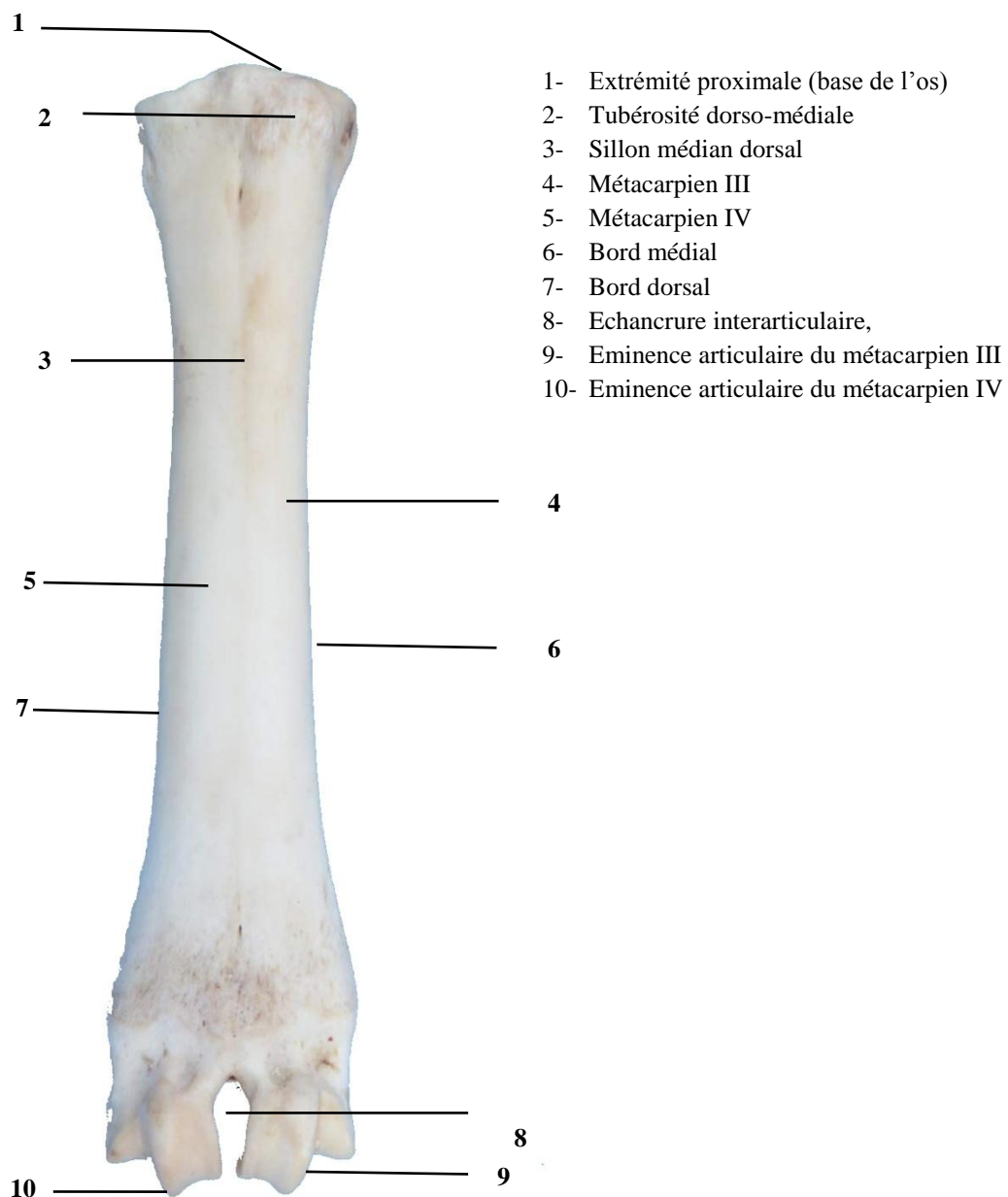


Figure 12 : Os métacarpien d'un caprin en vue dorsale (Ridouh 2014)

3. Dentition

Les dents sont des éléments du squelette, dures, fortement minéralisées, implantées sur les bords libres des mâchoires et saillantes dans la bouche. Elles s'alignent à chaque mâchoire selon une courbe parabolique ouverte caudalement pour constituer les arcades supérieure et inférieure. Ce sont des organes passifs de la préhension, de la contention et de la mastication des aliments. Elles servent en outre au tact et à la défense des individus. (Barone 1984)

3.1. Formule dentaire

Les petits ruminants disposent donc de huit incisives, toutes situées sur la mâchoire inférieure. A leur place sur la mâchoire supérieure, se développe un fort bourrelet fibreux revêtu d'une muqueuse épaisse : le coussinet dentaire qui donne appui dans l'occlusion à l'arcade incisive inférieure. (Barone 1984)

- La formule dentaire lactéale

$$I = 0/1234 \quad C = 0/0 \quad PM = 0234/0234$$

- La formule dentaire permanente

$$I = 0/I \quad II \quad III \quad IV \quad C = 0/0 \quad PM = 0 \quad II \quad III \quad IV \quad / \quad 0 \quad II \quad III \quad IV \quad M = I \quad II \quad III / I \quad II \quad III$$

3.2. Connaissance de l'âge des caprins

Il est très rare dans les élevages traditionnels, de connaître la date de naissance précise des animaux. Ainsi donc, pour toute opération nécessitant la connaissance de l'âge, il faut compter sur la mémoire de l'éleveur ou dans la plupart des cas se baser sur les modifications anatomiques intervenues sur l'animal au cours du temps. Il s'agit essentiellement des dents et particulièrement les incisives qui subissent au fur et à mesure que l'animal vieillit, des modifications progressives et irréversibles. C'est aussi le cas des productions cornées (cornes et onglons), de l'état des gencives, la conformation...etc.(Cuq 1975).

3.3. Chronologie dentaire

Chez les caprins, l'évaluation de l'âge par la dentition repose sur des observations minutieuses de l'usure des incisives caduques, de l'éruption et la croissance des incisives définitives et enfin de l'usure de ces dernières donc de la chronologie dentaire (Barone 1984).

Quoique le développement molaire est un indicateur précis de l'âge, il est très difficile sur l'animal vivant de l'utiliser et l'examen de l'incisive reste la seule méthode pratique pour déterminer l'âge des petits ruminants (Holst & Denney 1980).

- **A la naissance** : pas d'éruption
- **Eruption des incisives de lait** :
 - * Eruption de toutes les incisives : 20 à 25 jours (4ème semaine).
 - * Croissance et arrivée à la table : 25 jours à 3 mois
- **Usure des incisives** : de 3 mois à 15 mois
- **Eruption des incisives permanentes** :
 - * Les pinces : 15 mois
 - * Les premières mitoyennes : 21 mois

- * Les deuxièmes mitoyennes : 28 mois
- * Les coins : 42 mois Toutes les incisives d'adulte sont en place à 4 ans. Les coins sont vierges
 - **Usure des incisives d'adulte** : l'éminence de l'avale disparaît dans l'ordre suivant :
- * Les pinces : 5 à 6 ans
- * Les premières mitoyennes : 6 à 7 ans
- * Les deuxièmes mitoyennes : 7 à 8 ans
- * Les coins : 9 ans
 - **Eruption des prémolaires déciduales** : 1 mois à 3 mois
 - **Eruption des prémolaires permanentes** ; vers 20 mois,
Souvent un peu plus tôt chez la chèvre et un peu plus tard chez le Mouton.
 - **Eruption des molaires permanentes**
- * La première molaire : 3 mois
- * La seconde molaire : 9 mois
- * La dernière molaire : 18 mois, leur sortie est souvent un peu plus tardive chez la Chèvre
(Barone 1984, Faugere & al. 1988).

Partie 2

Matériels & Méthodes

I. Matériel expérimental

1. Matériel biologique

Les populations existantes en Algérie sont de types traditionnels, dont la majorité d'entre elles sont soumises à la sélection naturelle uniquement (Madani 2000). Une population relativement homogène est formée par une race locale caractérisée par son corps anguleux, sa taille appréciable, ses poils longs et ses robes de différentes couleurs. (Khelifi 1997)

La race caprine algérienne est une population ancienne et de taille petite à moyenne qui répond parfaitement à l'attente des archéozoologues. Donc, la réalisation d'un référentiel sur une population traditionnelle constitue un travail intéressant pour l'archéozoologie. (Ridouh & al. 2019)

Cette chèvre n'a fait l'objet que de très peu d'études, nous nous proposons donc d'approfondir l'analyse à partir d'un échantillon de têtes et de métacarpes, et pour la première fois, de sélectionner les mesures les plus corrélées entre ces deux os permettant de réduire les mesures de la tête qui sont très nombreuses et parfois même de limiter l'étude ostéométrique d'un squelette animal à la mesure des métacarpes.

2. Matériel osseux

2.1. Composition du matériel osseux

Ce corpus se compose d'un échantillon de 60 têtes osseuses (60 crânes et 60 mandibules) et de 36 métacarpiens droits de l'espèce caprine. Pour chaque animal, le poids de carcasse, l'âge et le sexe ont été enregistrés.

Pour la détermination de l'âge, elle est basée sur deux critères:

- Le première, nécessite la maîtrise de la chronologie dentaire (de chute, de remplacement et d'usure des dents), parfois nous avons eu recours à l'expérience des éleveurs et des bouchers grâce à l'examen de la dentition qui reste la méthode la plus couramment utilisée surtout chez les individus âgés plus de 6 ans.
- Le second est celui du degré d'ossification (synostose de l'épiphyse distale ou bien les sutures des os de la tête).

Nous avons divisé l'effectif en deux classes d'âges, qui ont fait l'objet d'études statistiques :

- Animaux âgés de 2ans à 4 ans, dits jeunes adultes (JA) : $2 \text{ ans} \leq \text{JA} < 4 \text{ ans}$
- Animaux âgés de 4 ans et plus, dits adultes (A) : $A \geq 4 \text{ ans}$

La répartition en fonction du sexe et de l'âge est exprimée dans le tableau 04.

Tableau 04: Répartition des animaux

Classes d'âge	Crâne		Métacarpe	
	Femelles	Mâles	Femelles	Mâles
Jeunes adultes	15	15	10	8
Adultes	15	15	9	9
Effectif Total	30	30	19	17
	60		36	

2.2. Provenance du matériel osseux

L'intégralité de l'échantillon, tant pour les têtes que pour les métacarpes étudiés proviennent de sources variées que l'on peut classer ainsi :

- Animaux dont les membres ont été prélevés dans divers abattoirs des wilayas de l'Est.
- Animaux d'origines diverses, récupérés ponctuellement (marchés, boucheries,...)

Ces mêmes os ont été récupérés sans choix préalable de la provenance des animaux. L'origine des animaux est méconnue ou volontairement ignorée, parfois inventée ou vaguement située par les éleveurs ou bouchers.

3. Matériel utilisé pour l'obtention des têtes osseuses

L'obtention du matériel osseux à partir de la carcasse s'est effectuée selon trois étapes :

- Séparation de la tête osseuse et de l'os canon du reste du corps par dissection à l'aide d'un matériel de dissection sommaire (bistouri, ciseaux droits, gants, scalpel, couteau)
- Cuisson dans une marmite de grand volume.
- Séparation entre les pièces osseuses et les tissus mous à l'aide du matériel de dissection précédemment cité.

4. Matériel de mesure

4.1. Mesures linéaires

Un pied à coulisse électronique de sensibilité 0,02 mm a permis de réaliser les mesures, sauf quelques unes d'entre elles qui ont été réalisées à l'aide d'un compas d'épaisseur et d'une règle graduée au millimètre.

4.2. Mesures pondérales

Une balance de précision KERN EMB a servi à réaliser les mesures pondérales des os, la précision est le mg ($d=0,01$), la plage de pesée max est 2,00 kg.

Pour le poids de carcasse, il a également été réalisé par l'éleveur ou le boucher à l'aide d'une balance, la précision est le kilogramme.

5. Traitement statistique

L'analyse statistique a été réalisée par informatique grâce aux logiciels Microsoft Office Excel 2007® et R version 3.6.2 ® (Development Core Team. 12/12/2019. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing).

II. Méthodes utilisées

1. Préparation du matériel osseux (Annexe I)

Toutes les têtes et les métacarpes recueillis dans le cadre exclusif de cette étude ont subi la préparation suivante.

- **Prélèvement des têtes et des membres**

Quelques coups de couteau judicieusement donnés de manière à sectionner les ligaments et tendons au niveau de l'articulation atlanto-occipitale, permettent une séparation aisée de la tête au reste du corps.

La même technique est utilisée pour le métacarpe, au niveau de l'articulation carpo-métacarpienne, permettant une séparation aisée de la partie distale du membre : Basipode+métapode+acropode. Les phalanges sont à leur tour, sectionnées au niveau des articulations métacarpo-phalangiennes.

Les pièces ainsi obtenues, encore entourées des tissus musculaires, ligamentaires et cutanés, suivront l'étape qui permettra de les finaliser.

- **Emballage**

Après la séparation de la tête et du métacarpe de la carcasse, un sachet à usage alimentaire a été utilisé pour emballer ces pièces. Les têtes et les membres sont numérotés afin d'être identifiés et seront plus tard étiquetés pour éviter une éventuelle confusion entre les différentes pièces.

- **Dépouillement**

A l'aide d'un couteau bien aiguisé et parfois d'un bistouri, la peau avec quelque muscles cutanés sont enlevés et même les oreilles, pour la tête.

- **Cuisson**

Le but de cette opération est d'assurer une séparation complète des os du reste des autres tissus. Il n'y a pas de règle stricte quant à la durée de l'ébullition, mais celle-ci doit être suffisante pour obtenir un ramollissement adéquat des tissus mous. Une cuisson trop

prolongée n'est pas souhaitable, car le tissu osseux peut être altéré à la longue. En pratique, une durée de quatre à cinq heures à ébullition est suffisante, mais seulement une durée de deux à trois heures pour les métacarpes. Lorsque les dents sont déchaussées au cours de la cuisson, elles sont ramassées.

- **Dissection**

La cuisson effectuée permettra une nouvelle dissection, durant laquelle le retrait des tissus mous s'effectuera facilement lorsque la cuisson est suffisante, à l'aide d'un matériel de dissection simple et d'un nettoyage à l'eau. Cependant, deux zones sont restées difficiles à nettoyer : l'intérieur du neurocrâne et les cornets nasaux. Il convenait de rester prudent lors du nettoyage des cornets nasaux en raison de la proximité des os nasaux, fragiles, se détachant facilement du reste du crâne. Pour les métacarpes, il a été plus facile et plus simple de les nettoyer.

Les os extraits, ont été nettoyés à l'eau de nouveau puis une dernière fois à l'eau salée et enfin séchés à l'air libre. Une fois prêts, l'identification a été réalisée.

- **Etiquetage**

Chaque tête et métacarpe correspondant ont été étiquetés et numérotés (même numéro pour la tête et le métacarpe) pour éviter une éventuelle confusion entre les différentes pièces.

L'enregistrement de tous les renseignements (sexe, poids de carcasse, âge) et les différentes mesures de chaque os en relation avec le numéro correspondant sont rassemblés dans un tableau. (Annexe II)

2. Réalisation des mesures

Une fois les os « prêts à l'emploi », nous avons procédé à la réalisation des mesures ostéométriques de toutes les pièces osseuses nous aidant de certains repères anatomiques. Avant de présenter les mesures réalisées, des points de repères sont placés et sur lesquels elles s'appuient pour chaque os.

N.B. Toutes les mesures sont prises en millimètres.

2.1. Mesures pondérales

Deux mesures pondérales sont effectuées :

- Le poids de chaque os après séchage, a été réalisé et noté PM et PMC respectivement pour la masse de la mandibule et celle de métacarpe. (la précision est le milligramme)

- La détermination du poids de la carcasse (la précision est le kilogramme)

N.B : La masse du crâne n'a pas été pesée, en raison de la présence des cornes dans des têtes et leur absence dans d'autres.

En revanche, chez les animaux âgés, il a été remarqué une diminution de la densité de l'os qui engendre une diminution remarquable dans le poids du crâne malgré la conservation de la taille. Donc, de grandes valeurs des mesures linéaires pourraient apparaître avec une faible valeur pondérale, ce qui faussera nos résultats.

2.2. Mesures ostéométriques

2.2.1. Repères anatomiques

Afin de simplifier la définition des différentes mesures effectuées, nous avons attribué à chaque point de repère anatomique un numéro. Certains de ces points sont habituellement décrits, leur nom a donc été mentionné. Ces points ont été reportés sur les figures 13 à 18.

a) Crâne

Les différents repères anatomiques du crâne et de la face sont reportés sur les figures 13 à 16. Nous donnons, ci-dessous, l'énumération et la définition de ces points :

1. Prosthion : point médian de la ligne joignant les points les plus oraux des os incisifs (il s'agit d'un point virtuel puisque les points les plus oraux des deux os incisifs ne sont pas en contact).
2. Acrocranion : point le plus aboral du crâne sur la crête nuchale dans le plan médian (point virtuel).
3. Points les plus aboro-ventraux du foramen magnum, un sur chaque bord latéral, à l'endroit où la courbure des condyles occipitaux change d'orientation.
4. Points les plus oraux des alvéoles des premières dents prémolaires (un de chaque côté).
5. Nasion : point le plus oral de la suture entre les os frontaux dans le plan médian.
6. Points les plus ventraux des orbites (un de chaque côté).
7. Points les plus ventraux des processus jugulaires (un de chaque côté).
8. Rhinion : point médian de la ligne joignant les points les plus oraux des os nasaux (point virtuel).
9. Points les plus aboraux des alvéoles des dernières dents molaires (un de chaque côté).
10. Points les plus oraux de la fosse temporale (un de chaque côté).
11. Points les plus aboraux de la fosse temporale, sur l'os occipital (un de chaque côté).
12. Points les plus latéraux des condyles occipitaux (un de chaque côté).

13. Points les plus dorsaux de la fosse temporale, sur la jonction pariéto-frontale (un de chaque côté).
 14. Entorbitale : indentations oro-médiales des orbites correspondant aux canthus internes des yeux du vivant de l'animal (un de chaque côté).
 15. Points les plus latéraux des alvéoles dentaires (un de chaque côté).
 16. Naso-intermaxillaire : points les plus aboro-dorsaux des os incisifs (un de chaque côté).
 17. Zygion : points les plus latéraux de l'arcade zygomatique (un de chaque côté).
 18. Opisthion : point situé sur le bord aboro-dorsal du foramen magnum, dans le plan médian.
 19. Staphylion : point le plus aboral de l'os palatin dans le plan médian.
- (Antonot 2000, Fouché 2008, Driesch 1976)

b) Mandibule

L'énumération des différents repères anatomiques de la mandibule sont reportés sur la figure 17, et la définition de ces derniers est représentée ci-dessous :

1. Point le plus aboro-ventral du foramen mentonnier.
2. Gonion caudal : point le plus aboral de l'angle de la mandibule.
3. Bord aboral de la dernière dent molaire.
4. Point situé à la jonction entre les alvéoles des dents molaires et celle des dents prémolaires.
5. Gonion ventral : point le plus ventral de l'angle de la mandibule.
6. Point le plus dorsal du processus condyalaire.
7. Projection du point n°3 sur le bord ventral de la mandibule.
8. Projection du point n°4 sur le bord ventral de la mandibule.
9. Bord oral de l'alvéole de la première dent prémolaire.
10. Projection du point n°9 sur le bord ventral de la mandibule.
11. Angle de la mandibule : point situé entre le gonion ventral et le gonion caudal.

(Antonot 2000, Fouché 2008, Driesch 1976)

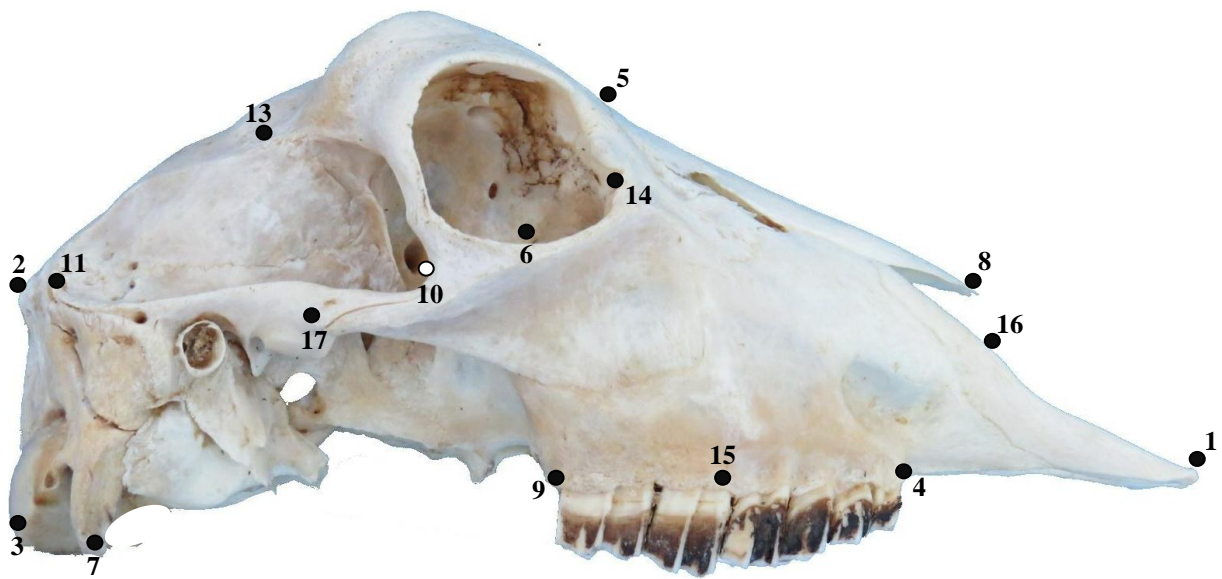


Figure 13: Repères anatomiques pour le crâne en vue latérale droite

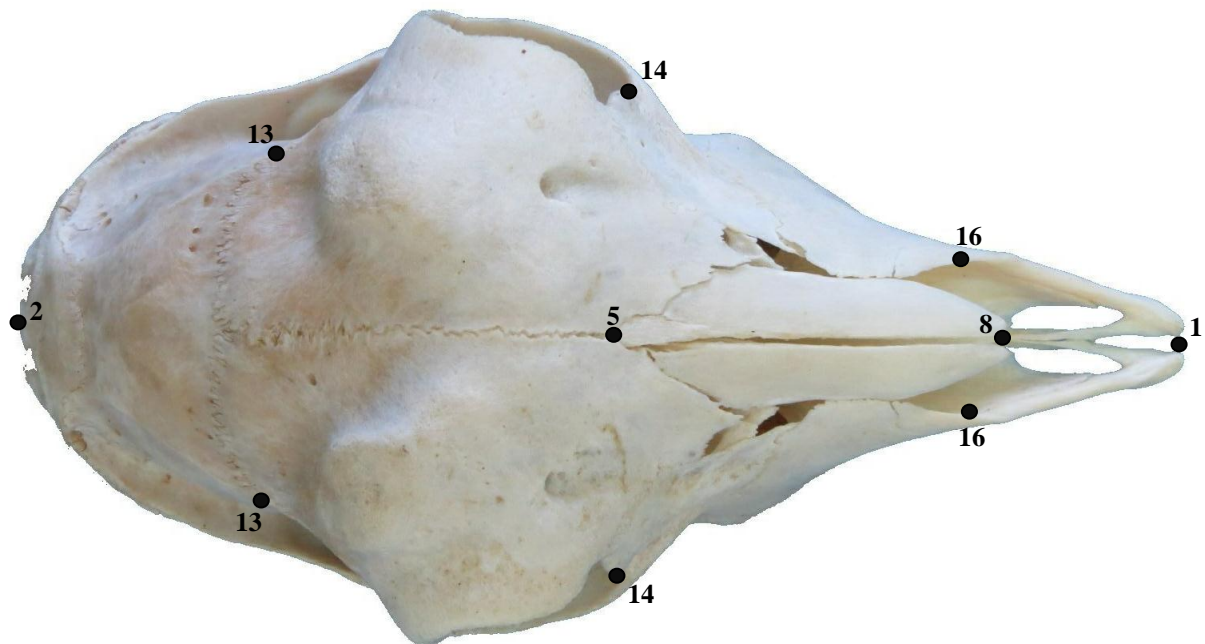


Figure 14: Repères anatomiques pour le crâne en vue dorsale

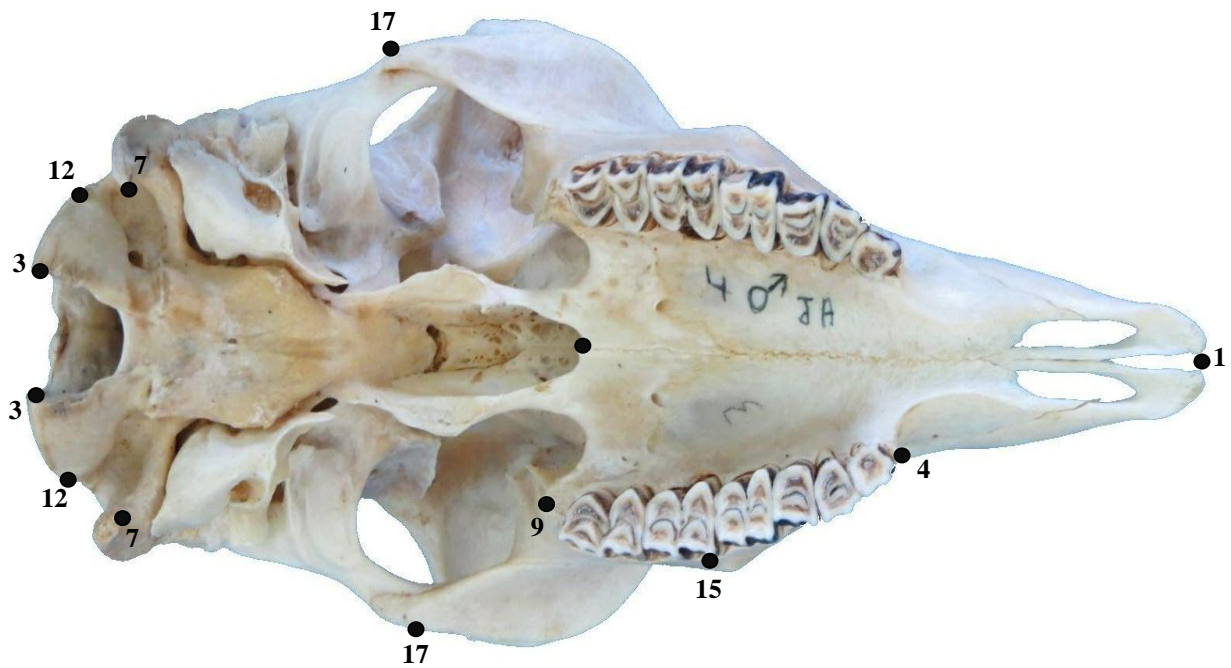


Figure 15: Repères anatomiques pour le crâne en vue ventrale

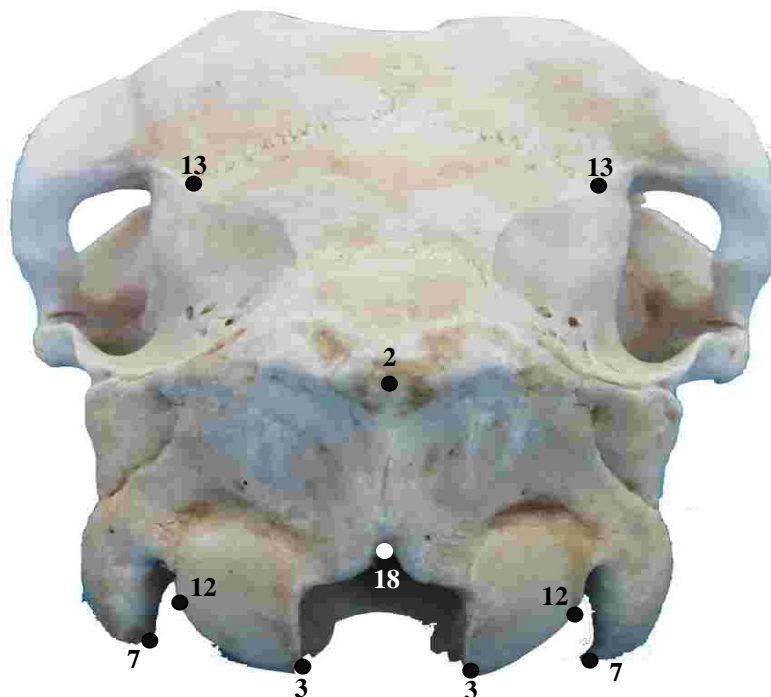


Figure 16: Repères anatomiques pour le crâne en vue caudale

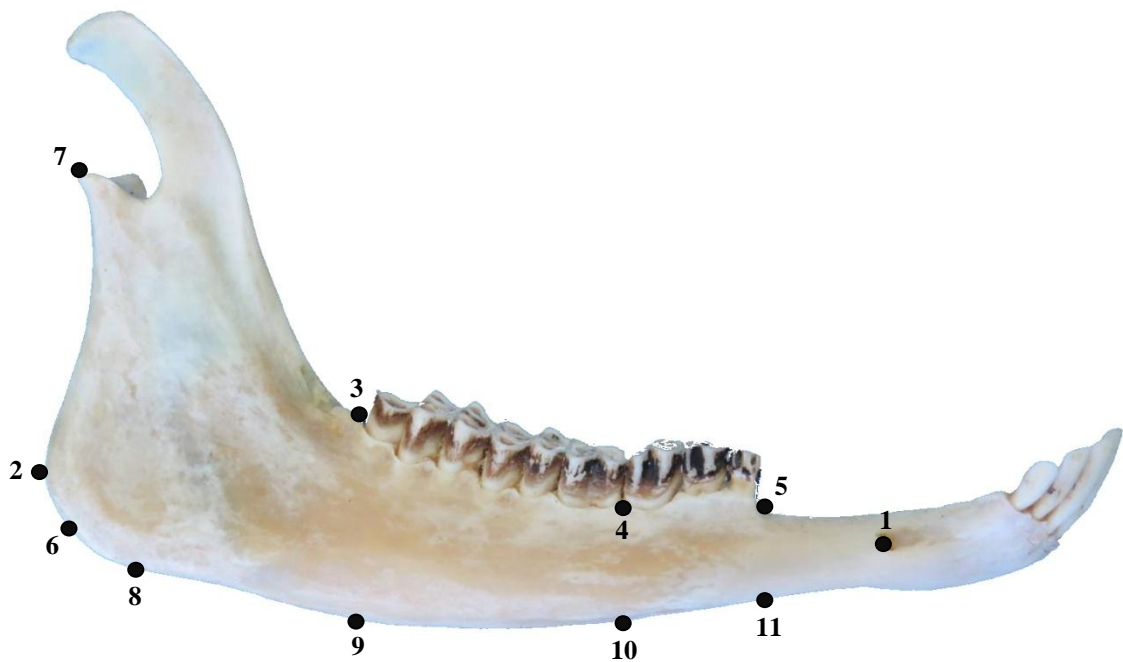


Figure 17: Repères anatomiques pour la mandibule en vue latérale droite

c) Métacarpe

L'énumération des différents repères anatomiques du métacarpe sont reportés sur la figure 18:

1. Basis : Extrémité proximale de l'os
2. Facies articularis : Surface articulaire avec le carpe.
3. Corpus : Corps de l'os.
4. Facies dorsalis : Face dorsale de l'os.
5. Tuberositas ossis metacarpalis III : Tubérosité dorso-médiale située à la base de l'os métacarpien III, où s'insère le muscle extenseur radial du carpe.
6. Margo medialis : Bord médial.
7. Margo lateralis : Bord latéral.
8. Caput : Tête du métacarpe, c'est-à-dire son extrémité distale

(Masseau & al. 2004)

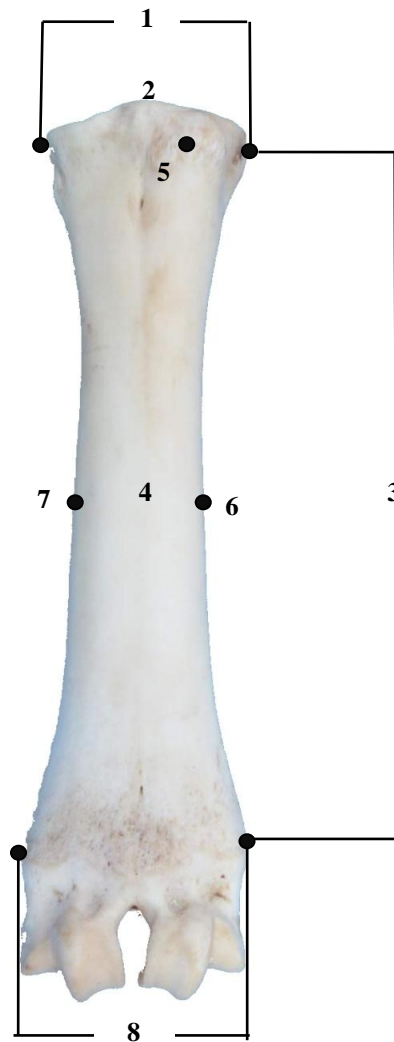


Figure 18 : Repères anatomiques pour le métacarpe en vue dorsale

2.2.2. Mesures effectuées

a) Crâne et mandibule

1) Origine

Les mesures effectuées ont été inspirées de l'étude réalisée par **Guintard et Fouché en 2008** « Etude ostéométrique de têtes osseuses de moutons (*Ovis aries*, L.) ».

2) Définition

16 mesures ont été retenues pour les crânes et 8 pour les mandibules. Elles permettent d'obtenir une « vision » globale sur la tête, par des mesures de longueur, largeur et hauteurs, à tous les niveaux du crâne et de la mandibule.

Ces mesures se déterminent à l'aide des points de repère précédemment définis : la mesure s'effectue du point de repère n° 1 au point de repère n° 2. L'ensemble des mesures

du crâne et de la mandibule est répertorié dans les tableaux 05 et 06. Les mesures ont également été reproduites sur les figures 19 à 23.

Tableau 05 : Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur du crâne

Mesure	A	B	Dénomination
CL1	1	2	Longueur totale du profil
CL2	1	3	Longueur condylo-basale
CL7	1	4	Longueur oblique du museau
CL10	5	2	Longueur frontale médiane
CL20	6	7	Longueur base de l'orbite – processus jugulaire
CL31	8	9	Longueur oblique naso-dentaire
CL34	10	11	Longueur de la fosse temporale
CB2	12 D	12 G	Plus grande largeur des condyles occipitaux
CB3	7 D	7 G	Largeur des processus jugulaires à leur extrémité
CB8	13 D	13 G	Plus petite largeur frontale
CB10	14 D	14 G	Plus petite largeur entre les orbites
CB14	15 D	15 G	Plus grande largeur palatine
CB18	16 D	16 G	Largeur incisive dorsale
CB19	17 D	17 G	Largeur zygomatique
CH5	18	2	Petite hauteur occipitale
CH6	5	19	Hauteur du splanchnocrâne

Tableau 06 : Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur de la mandibule

Mesure	A	B	Dénomination
ML6	1	2	Longueur au foramen mentonnier
ML8	3	4	Longueur des dents molaires
ML9	4	5	Longueur des dents prémolaires MB1
MB1	3	6	Largeur dans l'angle de la mandibule
MH1	7	8	Hauteur aborale de la branche montante
MH7	3	9	Hauteur mandibulaire derrière M3
MH8	4	10	Hauteur mandibulaire devant M1
MH9	5	11	Hauteur mandibulaire devant P1

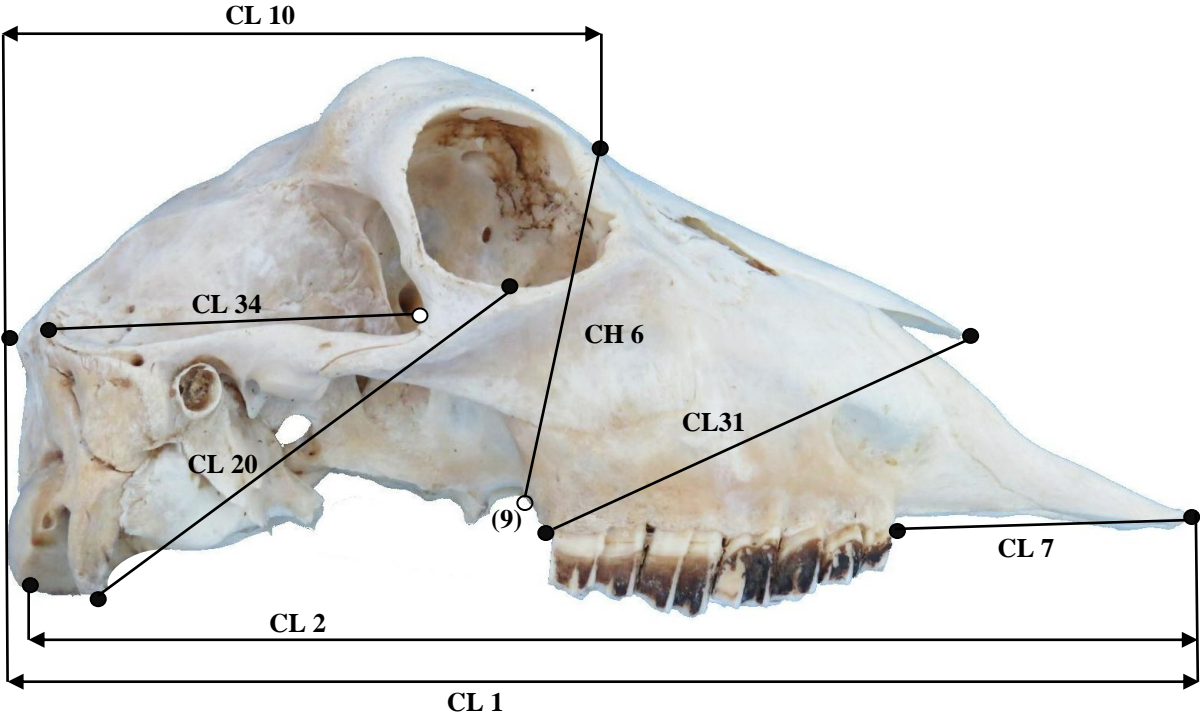


Figure 19 : Mesures du crâne en vue latérale droite

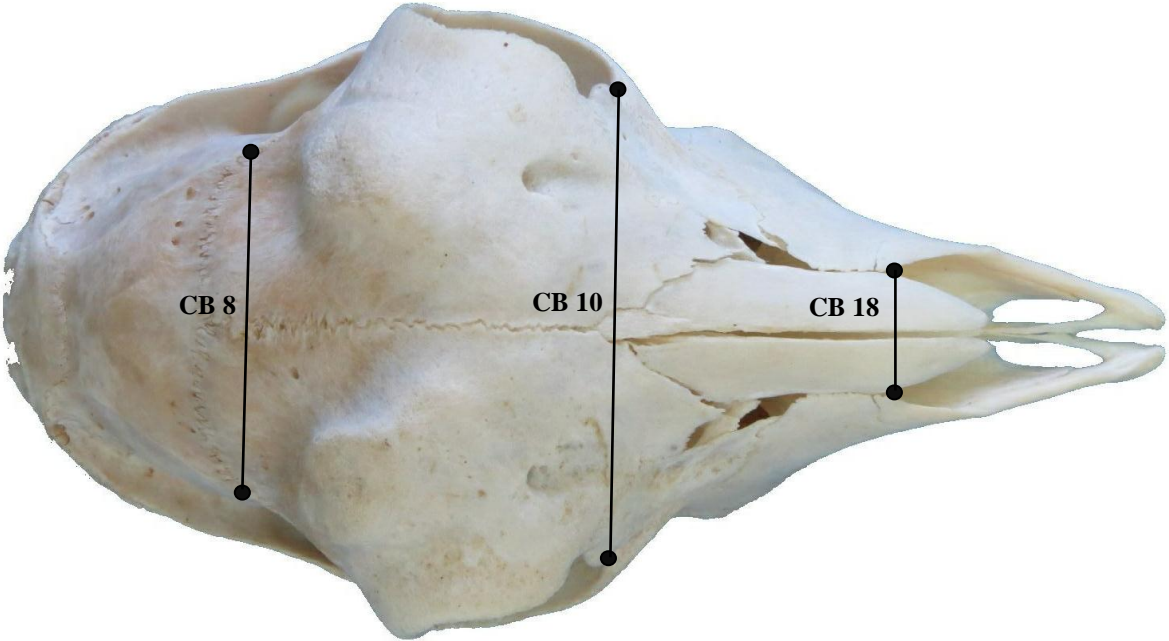


Figure 20 : Mesures du crâne en vue dorsale

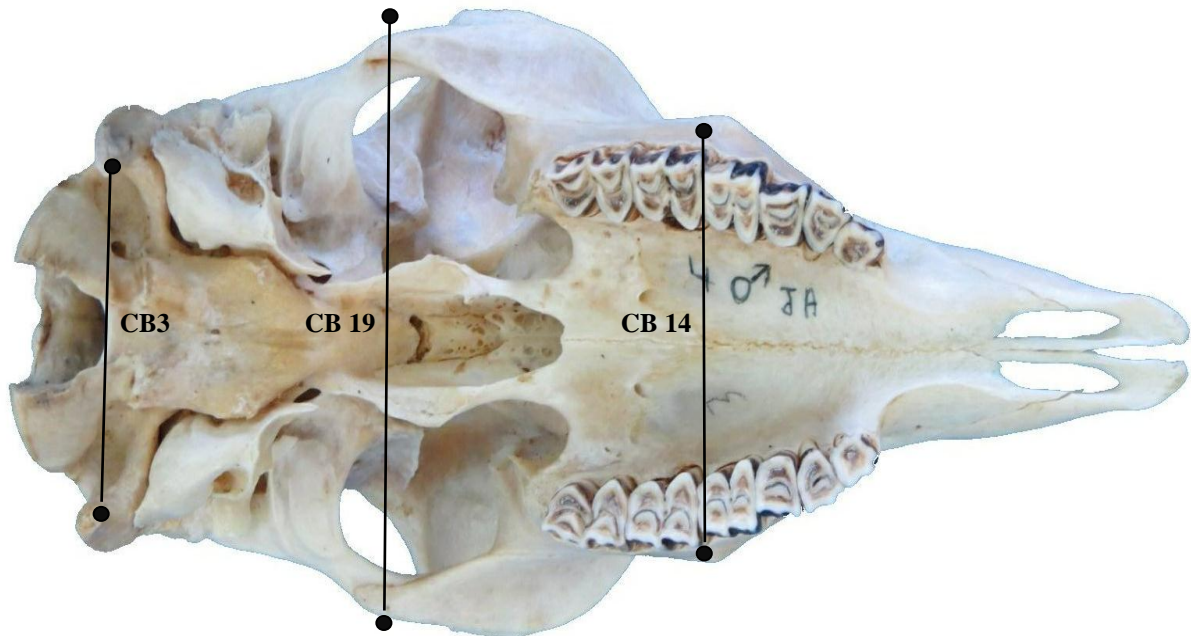


Figure 21 : Mesures du crâne en vue ventrale

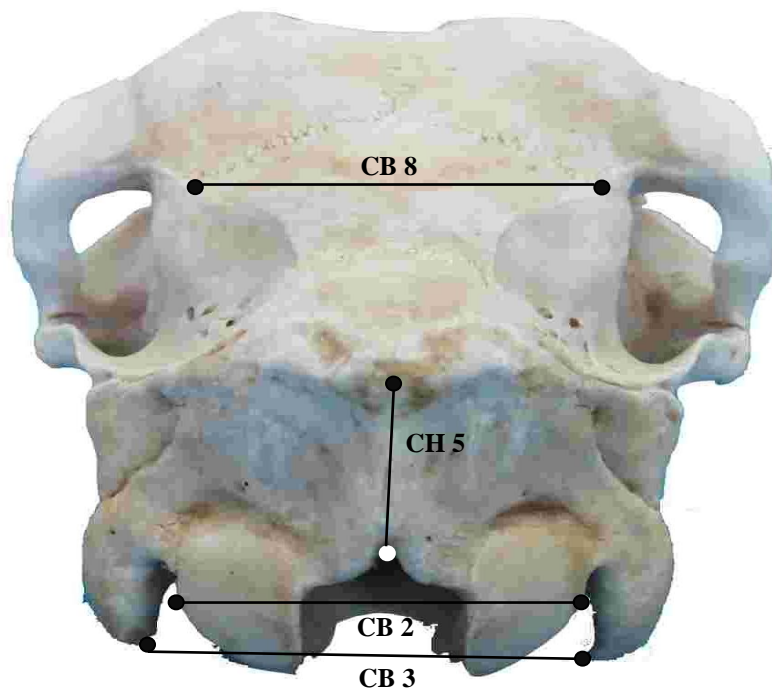


Figure 22 : Mesures du crâne en vue caudale

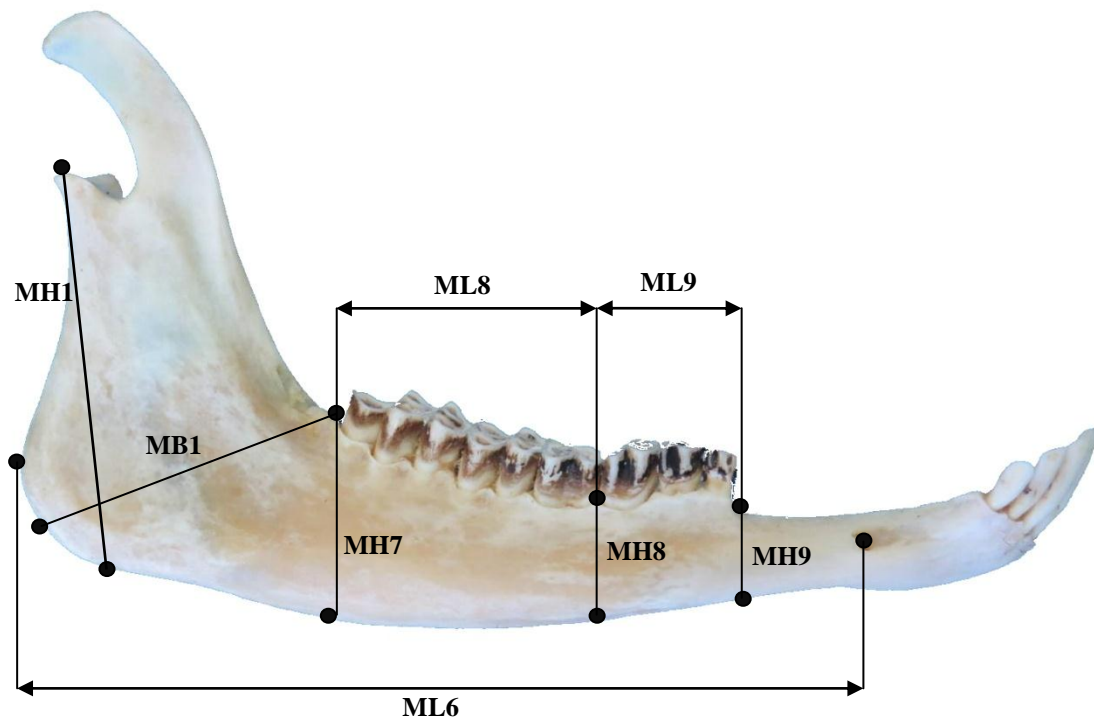


Figure 23 : Mesures de la mandibule en vue latérale droite

b) Métacarpe

1) Origine

Les mesures effectuées ont été inspirées des études réalisées sur les métapodes des petits ruminants (Lallemand 2002, Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010, Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019)

2) Définition

7 mesures ont été réalisées dans le cadre de cette étude, elles permettent d'obtenir une « vision » globale de l'os, par des mesures de longueur, largeur, épaisseur, à tous les niveaux de l'os : base, corps et tête.

Le tableau récapitule toutes les mesures réalisées sur chaque métacarpe et sont notées selon la nomenclature de Driesch A.von den (1976) et complétées par Guintard (1996a, 1998a).

Les figures de 24 à 26 permettent de visualiser ces différentes mesures sous de multiples angles de métacarpe.

Tableau 07 : Définition des mesures de longueur, de largeur et de hauteur du métacarpe

Mesure	Détermination
GL	Longueur maximale du métapode, mesurée selon le grand axe de l'os et qui traduit son allongement général.
Bp	Largeur maximale de la surface articulaire proximale, mesurée selon l'axe médio-latéral. Traduit la taille générale de l'os, au sens de sa massivité.
Dp	Épaisseur maximale de la surface articulaire proximale, mesurée selon l'axe dorso-palmaire.
d	Largeur à mi-hauteur de la grande longueur de la diaphyse, mesurée selon l'axe médio-latéral.
e	Épaisseur à mi-hauteur de la grande longueur de la diaphyse, mesurée selon l'axe dorso-palmaire.
Bd	Largeur maximale de l'articulation distale, mesurée selon l'axe médio-latéral.
Dd	Épaisseur maximale de la surface articulaire distale, mesurée selon l'axe dorso-palmaire.

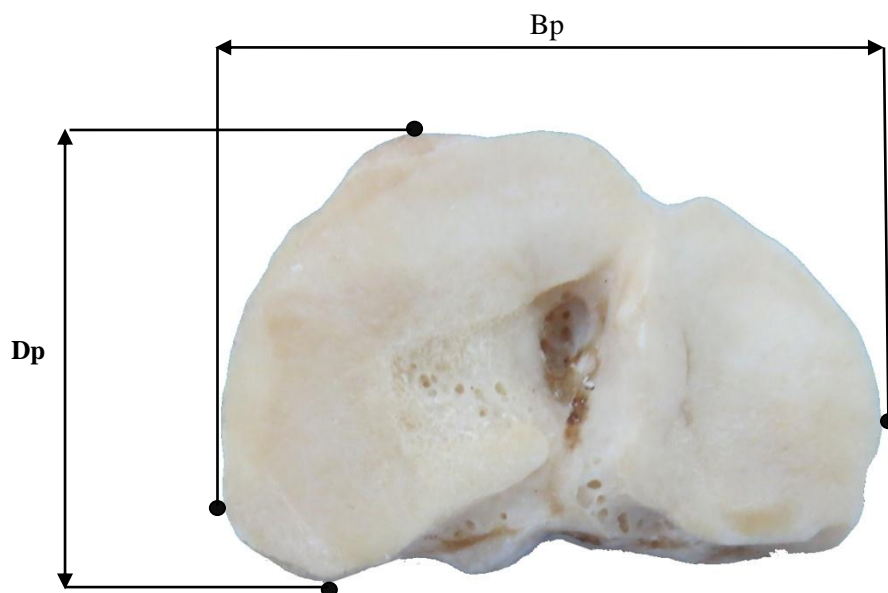


Figure 24 : Mesures du métacarpe en vue proximale (extrémité proximale)

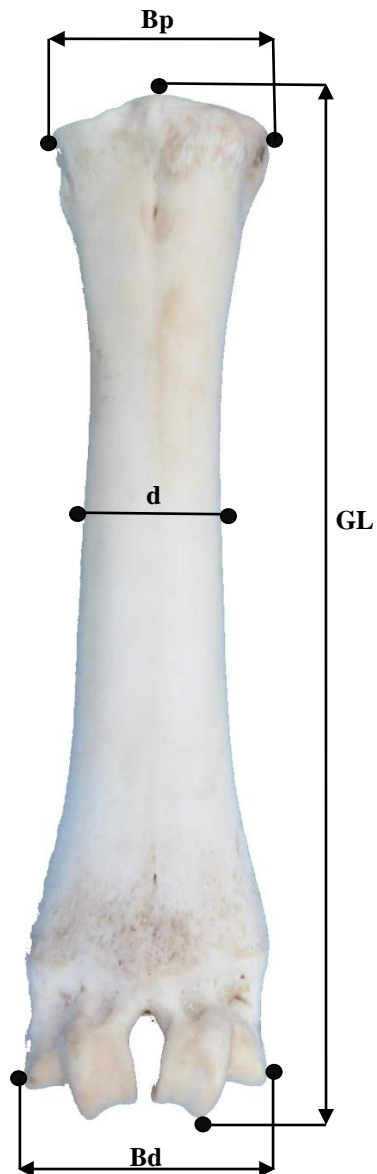


Figure 25 : Mesures du métacarpe
-Vue dorsale-

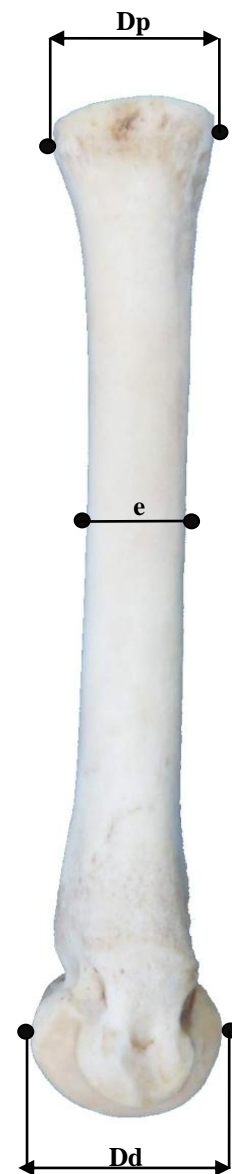


Figure 26 : Mesures du métacarpe
- Vue médiale-

2.3. Difficultés rencontrées

Dans cette étude, l'objectif est de travailler sur des individus âgés, qui se sont avérés très rares et très difficiles à recueillir, surtout pour l'espèce caprine.

Dans certains cas, des mesures ont été difficilement effectuées, généralement parce que les os sont brisés, ou bien les processus jugulaires coupés pendant la séparation de la tête. C'est notamment le cas pour les mesures de longueur puisque les os nasaux ou les os incisifs, très exposés et donc très vulnérables aux chocs, sont souvent cassés ; en revanche, la présence des cornes développées rend la réalisation de certaines mesures très difficile voire impossible.

2.4. Erreurs sur les mesures

L'opérateur étant humain, les erreurs de mesure sont inévitables. Elles s'ajoutent à l'imprécision des instruments de mesure, négligeable lors de l'emploi du pied à coulisse ; cette imprécision devient plus importante lors de l'emploi du compas d'épaisseur avec report sur une règle.

La détermination des repères osseux joue bien sûr un grand rôle. Il faut signaler que les mesures réalisées sur les condyles, même si leur précision est du même ordre que celle des autres mesures, peut varier d'un opérateur à un autre, car la surface de ces condyles est rarement plane, mais le plus souvent bombée. Un léger décalage des points de repère, ce qui est tout à fait envisageable pour deux opérateurs différents, serait susceptible de faire varier les mesures dans des proportions non négligeables. Ceci mérite d'être confirmé.

2.5. Rapports calculés

Il peut être intéressant d'utiliser plusieurs mesures afin de calculer un rapport biométrique permettant d'accéder au type morphologique de l'individu concerné grâce à une description de la forme, s'affranchissant de la taille.

a) Crâne et mandibule

Guintard & Fouché (2008) ont choisi des rapports pour les têtes osseuses de Moutons. Nous les avons ici, transposés à la Chèvre. (Tab. 08)

Tableau 08 : Définition des rapports calculés pour le crâne et la mandibule

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

RC = Rapport Crânien; RM = Rapport Mandibulaire.

b) Métacarpe

Il est possible d'obtenir des informations complémentaires sur la proportion du métapode, en utilisant des rapports de mesure de largeur et de longueur. Ainsi, Boessneck & al. (1964) utilisent le rapport SD/GL pour différencier les métapodes de Mouton et de Chèvre, et ce même rapport est repris par Guintard & Betti (1999) pour caractériser la gracilité du métapode des ruminants domestiques. Guintard (1996) utilise le rapport d/GL sur les

métapodes des bovins et particulièrement pour le sexage des Bovins et e/GL est utilisé chez les ovins par Guintard & Tekkouk-Zemmouchi (2010). On en a retenu deux : Bp/GL et d/GL, ils sont représentatifs de la gracilité du métapode et exprimés à longueur constante, ce qui facilite les comparaisons. C'est pourquoi, nous avons réalisé ces calculs chez la chèvre. Nous nommons ces rapports : indices de compacité.

3. Analyse des données

3.1. Présentation des résultats

La présentation des résultats s'effectuera en quatre parties : une première partie d'analyse univariée comprenant les paramètres statistiques de base sur l'ensemble des variables du crâne, de la mandibule et du métacarpe, une deuxième partie correspond à l'étude bivariée et la sélection des variables les plus corrélées, une troisième partie d'analyse multivariée et enfin une dernière partie du dimorphisme sexuel et de la position relative de notre population.

L'ensemble des mesures réalisées et les rapports calculés sont rassemblés dans les tableaux de l'annexe II. Toutes les mesures indiquées sont en millimètres.

3.1.1. 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 ceux des femelles d'une part, et dans l'échantillon de chaque classe d'autre part, ainsi qu'au sein de la population globale. La variabilité a été estimée par l'écart-type σ et par le coefficient de variation CV [$CV \% = (\sigma/m) \times 100$: rapport entre l'écart-type σ 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 ($p > 0,05$). Ensuite, après vérification de l'égalité des variances par le test de Fisher, différents tests de comparaison ont été appliqués selon le cas (Student, ANOVA, Wilcoxon-Mann-Whitney, Kruskal-Wallis).

Enfin, pour chaque test, le p-value a été calculé, et pour ce dernier, un seuil de signification de 5% a été retenu (si $p < 0,05$, le test est considéré significatif).

3.1.2. Analyse bivariée

Les corrélations entre variables ont été évaluées par le coefficient de corrélation de Pearson (chiffre variant de 0 à 1 en valeur absolue) qui permet d'apprécier la corrélation

entre deux variables : s'il 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.

Pour cette étude, nous avons construit une grande matrice de corrélation, à l'aide de logiciel R 3.6.2 ® et organisé en plusieurs parties, la première concerne les paramètres biométriques, la deuxième obtenue respectivement à partir des matrices de crânes, de mandibules, puis de métacarpes, la troisième concerne en effet les corrélations des mesures des trois os entre elles, et la quatrième issue de tous les paramètres linéaires et biométriques. Enfin, la dernière issue de corrélations d'âge avec tous les paramètres de différents os.

Tous les coefficients de corrélation entre variables sont regroupés dans l'annexe III.

3.1.3. 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 & al. 2000, Davis 1996, Guintard 1998, Guintard & 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 certains variables quantitatives ou qualitatives

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel R 3.6.2 ®. Sur les différentes variables mesurées, les rapports des têtes et les deux indices du métacarpe de chaque individu, qui ont été inclus comme variables actives, le sexe (M et F) et l'âge (JA ou A) comme variables supplémentaires. L'analyse a permis de construire pour chaque os des graphiques complémentaires ; le cercle des corrélations qui illustre la constitution du premier plan factoriel, des nuages de points qui visualisent la dispersion des individus des deux sexes et des quatre classes dans le premier plan factoriel I-II, sur ce graphe la position des centres de gravité pour chaque sexe et pour chaque classe dans le premier plan factoriel avec leur ellipse de confiance à 95% est reporté. Lorsque l'âge et le

sexe sont pris en compte en même temps, on décrit quatre classes : JF (jeunes femelles = JA + F), JM (jeunes mâles (=JA + M), MA (mâles adultes = A + M) et FA (femelles adultes = A +F).

3.1.4. Dimorphisme sexuel

Pour le dimorphisme sexuel nous avons calculé un facteur appelé D.S = [(moyenne mâle – moyenne femelle)/moyenne femelle].

Par ailleurs, afin d'annuler l'influence de l'effectif de l'échantillon sur la variabilité, la variabilité maximale (notée Vmax) a été calculée ($V_{max} = (([max-min] / min) \times 100)$) ; cette dernière est en effet indépendante de l'effectif et donc des valeurs moyennes. Elle est en revanche très sensible aux individus « erratiques » extrêmes, nous avons donc vérifié préalablement à son utilisation que l'échantillon était « homogène ».

Pour la position, nous avons effectué une comparaison avec une population de petits ruminants, formée de différentes races de référence.

Partie 3

Résultats & Discussion

I. Analyse univariée

1. Paramètres biométriques

Les données des paramètres pondéraux sont regroupées dans les tableaux 09 et 10. Le tableau 09 donne les valeurs des données biométriques des mâles et des femelles, ainsi que de la population globale étudiée,

Tableau 09: Valeurs biométriques de la population totale et en fonction du sexe

Paramètres	Mâles	Femelles	Population totale	P $\frac{\text{♂}}{\text{♀}}$
	30	30	60	
	5,6	5,88	5,74	
Age	(2 – 10)	(2 – 12,5)	(2 – 12,5)	0,6915
	2,4	3,0	2,7	
	43,89	51,26	47,5	
	30	30	60	
	22,21	16,21	19,21	
Poids de la carcasse	(13 – 60)	(9 – 22)	(9 – 60)	0,0039
	10,0	3,7	8,0	
	45,01	23,42	42,08	
	30	30	60	
	64,11	56,38	60,25	
Poids de la mandibule	(44,7 - 131,4)	(39,7 - 76,64)	(39,7 – 131,4)	0,0382
	17,1	9,97	14,4	
	26,77	17,69	23,99	
	17	19	36	
	32,37	23,65	27,77	
Poids du métacarpe	(19,7 - 77,31)	(17,25 - 30,06)	(17,25 – 77,31)	0,0757
	14,9	3,8	11,4	
	46,33	16,35	41,05	

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

1.1. Valeurs biométriques par population totale

La variabilité globale, exprimée par le coefficient de variation, est relativement importante pour les variables pondérales, puisque ce coefficient égal à 23,9 %, 41,0 % et 42,0 % respectivement pour le poids de la mandibule (PM), le poids du métacarpe (PMC) et le poids de la carcasse (Pcar). Les animaux semblent donc relativement hétérogènes par rapport à leur état d'embonpoint car leur poids est très variable, ce qui traduit cet étalement plus fort des valeurs pondérales.

Le poids du métacarpe est plus variable que le poids de la mandibule, avec une valeur de 41,0 % qui est très proche de celle du poids de carcasse 42,0%, on peut interpréter ces valeurs très proches par une corrélation plus forte que celle avec la mandibule (qui sera testée dans l'étude bivariée), du fait de l'importance fonctionnelle de cette partie de l'autopode qui supporte tout le poids de l'animal.

1.2. Valeurs biométriques par sexe

Pour l'ensemble des valeurs biométriques, la différence observée entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles est toujours significative et plus grande pour les mâles que pour les femelles, sauf pour le poids du métacarpe ($p>0.05$) et qui ne suit pas la loi normale. Le dimorphisme sexuel est donc déjà visible à ce niveau. La dispersion des valeurs des mâles et des femelles est très visible, avec toutefois des mâles plus lourds et des femelles plus légères avec bien sûr une zone de continuité biologique entre les deux sexes et la même dispersion pour leurs poids des mandibules.(Fig. 27)

Pour le poids du métacarpe, malgré une différence non significative entre la valeur moyenne de PMC des mâles et celle des femelles, les valeurs des mâles sont toujours plus élevées que celles des femelles du fait qu'il y ait beaucoup de petits mâles ou de grandes femelles dans l'échantillon. Les études qui ont été portées sur la même population mais sur un échantillon plus grand formé d'individus plus jeunes, on trouve les mêmes résultats. (Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019)

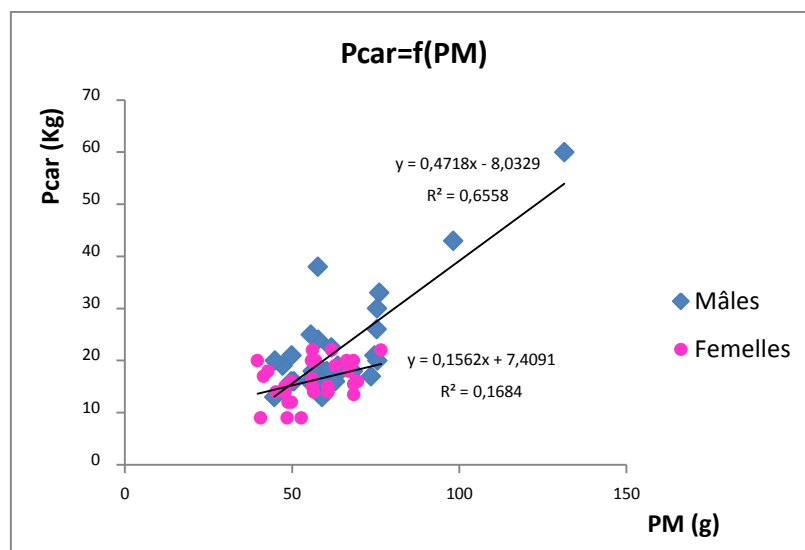


Figure 27 : Pcar en fonction de PM pour les deux sexes

Au-delà des valeurs moyennes, la variabilité exprimée par le coefficient de variation se divise en deux classes selon le sexe : celles des mâles (P Car, PM et PMC), dont les valeurs varient respectivement de 45,0%, 26,7% et 46,3% sont plus élevées que celles des femelles 23,4%, 17,6% et 16,3%.

C'est le poids du métacarpe qui représente le paramètre pondéral le plus variable pour les mâles avec une valeur de 46,3%, mais pour les femelles, c'est le poids de la carcasse avec un coefficient de variation de 23,4%.

Les valeurs des femelles sont très voisines, contrairement à celles des mâles, donc les femelles sont plus homogènes que les mâles.

1.3. Valeurs biométriques par classe (sexe et âge)

Le tableau 10 donne les valeurs des données biométriques par classe (sexe et âge). Pour les mâles, tous les paramètres ne suivent pas la loi Normale ($p < 0,05$) et les différences entre les valeurs moyennes des jeunes adultes et des adultes ne sont pas significatives, sauf le Pcar ($p = 0,001$) où la différence est hautement significative.

Pour les femelles, les paramètres Pcar et PM suivent la loi Normale, mais les différences entre les valeurs moyennes des jeunes adultes et des adultes ne sont pas significatives pour tous les paramètres ($p > 0,05$).

Tableau 10 : Valeurs biométriques en fonction de la classe (du sexe et de l'âge)

Paramètres	Mâles			Femelles		
	Adultes	Jeunes adultes	P J-A	Adultes	Jeunes adultes	P J-A
Age	15	15		15	15	
	7,6	3,5		8,3	3,4	
	(5,0 - 10,0)	(2,0 - 4,0)	2,288e ⁻⁰⁶	(5,0 - 12,5)	(2,0 - 4,0)	2,745e ⁻⁰⁶
	1,67	0,74		2,27	0,66	
	21,86	21,03		27,24	19,41	
Poids de carcasse	15	15		15	15	
	26,1	18,3		17,1	15,3	0,2082
	(17,0 - 60,0)	(13,0 - 33,0)	0,0013	(13,5 - 22,0)	(9,0 - 22,0)	
	11,94	5,66		3,01	4,37	
	45,78	30,90		17,62	28,52	
Poids de la Mandibule	15	15		15	15	
	67,71	60,52		54,09	58,69	
	(44,9 - 131,4)	(44,7 - 76,0)	0,5668	(39,7 - 69,6)	(40,5 - 76,6)	0,2125
	22,14	9,62		9,97	9,76	
	32,69	15,90		18,43	16,64	
Poids du Métacarpe	9	8		9	10	
	35,70	28,63		24,36	23,03	
	(23,7 - 77,3)	(19,7 - 50,0)	0,1672	(18,1 - 27,4)	(17,2 - 30,0)	0,4967
	17,22	12,03		3,42	4,30	
	48,25	42,02		14,07	18,71	

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

Presque toutes les valeurs moyennes des individus jeunes adultes (JA) sont plus faibles que celles des animaux adultes (A), sauf pour la valeur PM chez les femelles, on interprète ces résultats par :

- La diminution des valeurs pondérales des os chez les adultes âgés de plus de dix ans (vieux), qui sont très nombreux dans la classe adulte des femelles, probablement sous l'effet du phénomène de l'ostéoporose, les usures et la chute des dents influencent le PM (malgré une différence non significative entre les deux classes)

- La différence est significative entre la valeur moyenne de Pcar des mâles A et JA, et non significative entre la valeur moyenne de Pcar des femelles A et JA, à cause des performances zootechniques et reproductrices des femelles adultes.

Les valeurs du coefficient de variation des mâles adultes sont les plus élevées, donc sont les plus hétérogènes, à cause de la présence d'individus extrêmes (individus erratiques).

2. Paramètres ostéométriques

2.1. Crâne

L'ensemble des résultats relatifs aux paramètres ostéométriques du crâne, tant de la population totale que décrits par sexe et par classe (sexe et âge), sont regroupés dans les tableaux 11 et 12.

Le tableau 11 donne les valeurs des paramètres ostéométriques mesurés du crâne, ainsi que des deux rapports calculés. Tous les paramètres suivent la loi Normale ($n \geq 30$) et les différences entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles sont toutes significatives, sauf RC7 ($p = 0,0549$ mais toutefois très proche) et CB8 qui ne sont pas significatives.

Tableau 11: Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne de la population totale et en fonction du sexe

Paramètres	Mâles	Femelles	Population totale	P $\frac{\text{♂}}{\text{♀}}$
N	30	30	60	
CL1	231,1 (210,3 - 280,4) 15,8 6,87	221,1 (190,1- 250,6) 14,3 6,48	226,1 (190,1 - 280,4) 15,8 7,00	0,0126
CL2	225,8 (200,1 - 280,3) 18,0 8,01	214,8 (180,3 - 240,6) 14,1 6,56	220,3 (180,3 - 280,3) 17,0 7,72	0,0107
CL7	61,65 (53,79 - 74,03) 4,7 7,71	59,07 (44,74 - 68,59) 5,1 8,63	60,36 (44,74 - 74,03) 5,0 8,38	0,0478
CL10	120,6 (108,1 - 152,2) 9,8 8,20	113,99 (96,54 - 125,97) 7,3 6,46	117,32 (96,54 - 152,25) 9,2 7,90	0,0045
CL20	100,19 (84,49 - 134,68) 10,3 10,30	93,18 (78,46 - 106,13) 7,4 7,95	96,68 (78,46 -134,68) 9,5 9,91	0,0037
CL31	101,38 (87,39 - 130,72) 10,4 10,31	95,94 (78,45 - 109,25) 5,9 6,21	98,66 (78,45 - 130,72) 8,8 8,99	0,0169

CL34	83,00 (73,97 - 102,58) 5,7 6,97	78,49 (68,44 - 91,88) 4,9 6,27	80,74 (68,44 - 102,58) 5,7 7,17	0,0019
CB2	53,70 (44,95 - 74,00) 5,7 10,62	49,43 (44,59 - 58,52) 2,8 5,69	51,56 (44,59 - 74,00) 4,9 9,60	0,0006
CB3	54,76 (44,46 - 68,06) 5,3 9,78	52,23 (47,96 - 59,12) 2,9 5,73	53,49 (44,46 - 68,06) 4,4 8,39	0,0283
CB8	63,58 (53,76 - 80,99) 6,1 9,65	63,66 (48,13 - 77,10) 5,7 9,03	63,62 (48,13 - 80,99) 5,8 9,27	0,9578
CB10	82,44 (69,89 - 98,94) 5,9 7,20	77,78 (67,23 - 86,91) 5,6 7,25	80,11 (67,23 - 98,94) 6,2 7,74	0,0028
CB14	67,77 (58,69 - 76,77) 3,7 5,57	65,40 (59,47 - 72,96) 3,7 5,69	66,58 (58,69 - 76,77) 3,9 5,86	0,0175
CB18	32,90 (28,47 - 46,30) 4,6 14,08	29,90 (23,03 - 36,31) 2,8 9,66	31,40 (23,03 - 46,30) 4,1 13,10	0,0041
CB19	102,98 (88,21 - 122,39) 6,6 6,41	97,55 (83,26 - 109,63) 6,6 6,79	100,26 (83,26 - 122,39) 7,1 7,09	0,0023
CH5	28,98 (24,73 - 40,42) 3,6 12,51	26,40 (22,59 - 32,70) 2,1 8,25	27,69 (22,59 - 40,42) 3,2 11,70	0,0016
CH6	67,93 (58,00 - 88,00) 6,4 9,46	60,70 (50,00 - 72,00) 4,5 7,50	64,32 (50,00 - 88,00) 6,6 10,29	5,118e-06
RC5	27,53 (23,31 - 32,38) 2,2 8,02	28,80 (25,25 - 32,87) 1,8 6,48	28,16 (23,31 - 32,87) 2,1 7,54	0,0201
RC7	12,55 (10,72 - 16,73) 1,3 10,91	11,96 (10,65 - 14,20) 0,9 7,58	12,25 (10,65 - 16,73) 1,1 9,70	0,0549

Les résultats sont représentés sous forme de moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

2.1.1. Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne de la population totale

Les valeurs moyennes de tous les paramètres du crâne de notre échantillon sont plus faibles que celles des ovins de différentes races françaises (Guintard & Fouché 2008) et d'ovins autochtones de la race Ouled Djellal (Ami 2014), sauf pour les paramètres de longueurs du

crâne (CL20 et surtout CL34) et le paramètre de la petite largeur frontale (CB8). Donc les valeurs moyennes de l'ensemble de notre échantillon étudié montrent une population pourvue de petites têtes avec de larges et longs crânes (grands neurocrânes), par rapport aux populations ovines déjà étudiées. La valeur moyenne de CB8 de notre population est de 63,62 mm, qui est proche de celle des ovins autochtones 66,56 mm (Ami 2014), et plus grande que celle des ovins des races françaises 52 mm (Guintard & Fouché 2008). (Fig. 28)

Parmi les raisons qui augmentent la valeur du paramètre CB8 dans notre population caprine, c'est la présence des cornes ou même des processus cornuaux chez tous les individus.

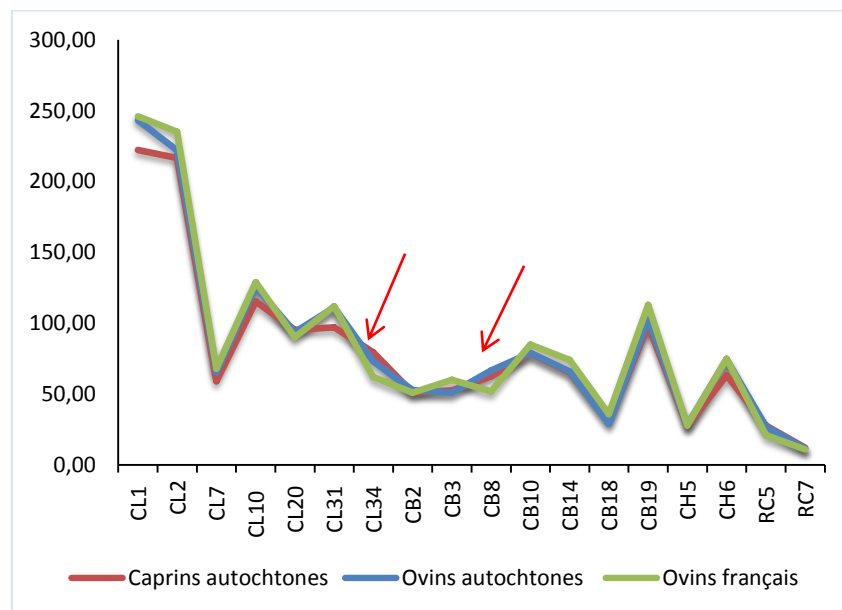


Figure 28 : Comparaison des valeurs moyennes des crânes des différentes populations

Les coefficients de variation des différents paramètres de la population totale oscillent entre 5,8% (CB14) et 13,1% (CB18). Les paramètres les plus variables sont ceux de la hauteur CH5 et CH6 avec des coefficients de variation qui dépassent les 10% (CV >10%), alors que pour les autres mesures linéaires de la longueur et de la largeur, ils sont tous <10% (sauf CB18 qu'on a mentionné précédemment). (Fig. 29)

Les paramètres du crâne sont plus variables que ceux de la face avec respectivement des valeurs moyennes de coefficients de variation égaux à 9,17% et 8,66%.

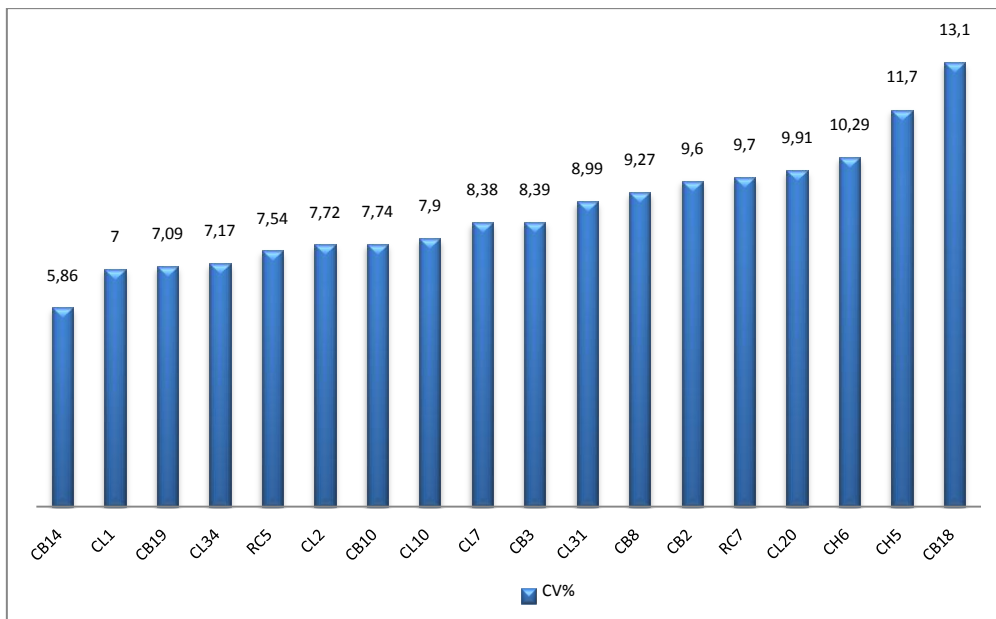


Figure 29 : Tri des mesures réalisées sur les crânes de la population totale, par CV croissant

2.1.2. Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne par sexe

Toutes les valeurs moyennes des mâles sont plus élevées que celles des femelles ($p < 0.05$), sauf pour deux paramètres CB8 et RC5 où les valeurs sont légèrement plus faibles chez les mâles que les femelles mais très proches, surtout pour CB8 qui donne des valeurs moyennes respectivement de 63,58 et 63,66 et même la différence observée est non significative ($p = 0,9578$).

Donc, les têtes des mâles sont plus grandes (plus longues, plus larges et plus hautes) que celles des femelles, sauf au niveau de la petite largeur frontale où n'y a pas de différences à cause de la présence des cornes chez les deux sexes.

Les paramètres les moins et les plus variables sont les mêmes pour les deux sexes comme pour la population totale qui sont CB14 avec des valeurs égales à 5,57% et 5,69 % respectivement pour les mâles et les femelles, et CB18 avec des valeurs de 14,08% et 9,66% respectivement pour les mâles et les femelles.

Mais pour la quasi-totalité des paramètres, les valeurs des mâles sont plus variables que celles des femelles, sinon très proches. C'est-à-dire, les têtes des mâles sont plus variables que les têtes des femelles du point de vue de leur forme et de leur taille. (Fig. 30)

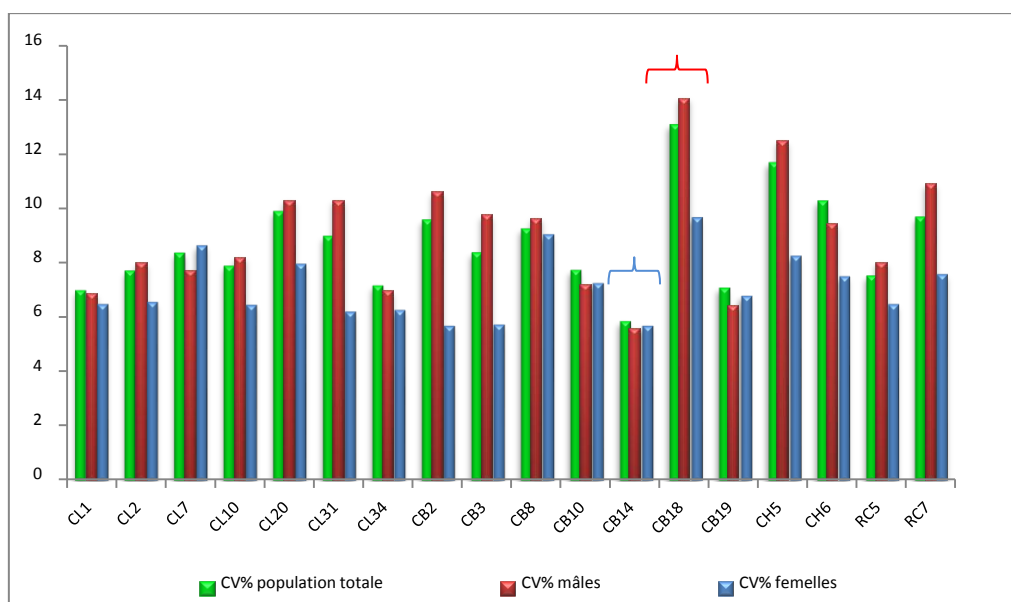


Figure 30 : Tri des mesures réalisées sur les crânes de la population totale, des mâles et des femelles par CV

2.1.3. Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne par classe (sexe et âge)

On a testé la normalité de chaque paramètre dans les différentes classes, et on a calculé le p value pour chaque paramètre entre les individus adultes et les jeunes adultes des deux sexes. Les résultats sont regroupés dans le tableau 12.

Tableau 12: Valeurs des paramètres ostéométriques du crâne en fonction de sexe et d'âge

Paramètres	Mâles			Femelles		
	Adultes	Jeunes adultes	P J-A	Adultes	Jeunes adultes	P J-A
N	15	15		15	15	
CL1	238,5 (220,5 - 280,4) 17,29 7,25	223,8 (210,3 - 250,1) 10,44 4,66	0,0038	225,8 (210,2 - 240,4) 11,78 5,22	216,4 (190,1 - 250,6) 15,50 7,16	0,0587
CL2	231,9 (210,5 - 280,3) 19,16 8,26	219,8 (200,1 - 250,1) 15,25 6,94	0,0617	220,4 (210,1 - 230,9) 8,57 3,89	209,1 (180,3 - 240,6) 16,41 7,85	0,0484
CL7	63,69 (56,67 - 74,03) 4,99 7,84	59,60 (53,79 - 66,09) 3,59 6,03	0,0155	61,04 (53,80 - 68,59) 4,32 7,08	57,11 (44,74 - 66,96) 5,18 9,08	0,0322
CL10	123,4 (114,9 - 152,2) 11,53 9,35	117,9 (108,1 - 130,2) 7,34 6,23	0,1485	115,8 (104,5 - 126,0) 5,41 4,67	112,17 (96,54 - 123,62) 8,72 7,77	0,179
CL20	104,19 (91,53 - 134,68) 12,12 11,64	96,18 (84,49 - 108,12) 6,26 6,50	0,0649	94,61 (84,96 - 106,13) 6,72 7,10	91,74 (78,46 - 104,89) 8,01 8,73	0,2972

	106,02	96,74		96,98	94,89	
CL31	(93,02 - 130,72)	(87,39 - 110,02)	0,0075	(89,47 - 102,65)	(78,45 - 109,25)	0,3511
	11,98	6,04		3,40	7,73	
	11,30	6,24		3,50	8,15	
	84,96	81,03		79,69	77,29	
CL34	(76,79 - 102,58)	(73,97 - 91,70)	0,0563	(73,53 - 88,40)	(68,44 - 91,88)	0,1868
	6,55	4,25		3,81	5,7	
	7,71	5,24		4,78	7,39	
	54,17	53,22		50,12	48,73	
CB2	(47,13 - 74,00)	(44,95 - 63,66)	0,9674	(46,75 - 54,94)	(44,59 - 58,52)	0,06487
	6,53	4,92		2,25	3,21	
	12,06	9,25		4,49	6,58	
	55,06	54,47		52,75	51,70	
CB3	(47,11 - 68,06)	(44,46 - 67,19)	0,7673	(48,70 - 59,12)	(47,96 - 57,49)	0,3456
	5,34	5,54		2,85	3,14	
	9,70	10,17		5,41	6,07	
	64,49	62,67		66,58	60,75	
CB8	(58,70 - 79,84)	(53,76 - 80,99)	0,3669	(58,11 - 77,10)	(48,13 - 67,04)	0,0035
	5,51	6,77		5,15	4,86	
	8,54	10,81		7,74	8,00	
	85,31	79,58		80,22	75,34	
CB10	(79,41 - 98,94)	(69,89 - 89,77)	0,0016	(74,98 - 86,91)	(67,23 - 84,55)	0,0150
	5,82	4,64		4,08	6,04	
	6,83	5,83		5,08	8,02	
	69,78	65,76		66,59	64,21	
CB14	(64,76 - 76,77)	(58,69 - 73,24)	0,0019	(60,92 - 72,96)	(59,47 - 69,21)	0,0798
	3,14	3,31		3,72	3,44	
	4,50	5,04		5,59	5,36	
	34,39	31,41		30,85	28,94	
CB18	(29,00 - 46,30)	(28,47 - 38,07)	0,1736	(27,88 - 34,26)	(23,03 - 36,31)	0,0688
	5,57	2,93		2,18	3,24	
	16,20	9,34		7,08	11,21	
	105,90	100,07		100,29	94,80	
CB19	(98,77 - 122,39)	(88,21 - 109,53)	0,0112	(95,91 - 108,40)	(83,26 - 109,63)	0,0814
	6,66	5,28		4,68	7,27	
	6,28	5,27		4,67	7,67	
	28,97	28,99		26,35	26,44	
CH5	(26,20 - 40,42)	(24,73 - 36,83)	0,8357	(22,59 - 29,68)	(23,76 - 32,70)	0,6236
	3,64	3,74		1,91	2,48	
	12,57	12,90		7,26	9,39	
	69,60	66,27		63,13	58,27	
CH6	(62,0 - 88,0)	(58,00 - 76,00)	0,3375	(57,00 - 72,00)	(50,00 - 64,00)	0,0019
	6,69	5,90		4,43	3,26	
	9,61	8,91		7,02	5,59	
	27,08	27,99		29,52	28,07	
RC5	(24,40 - 30,03)	(23,31 - 32,38)	0,2702	(26,31 - 32,87)	(25,25 - 29,54)	0,033
	1,89	2,4		2,15	1,19	
	6,98	8,82		7,31	4,25	
	12,13	12,96		11,68	12,24	
RC7	(11,08 - 14,42)	(10,72 - 16,73)	0,0994	(10,65 - 12,87)	(11,02 - 14,20)	0,1984
	0,91	1,63		0,65	1,05	
	7,51	12,63		5,62	8,58	

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

Si l'on examine l'effet de l'âge sur les paramètres ostéométriques du crâne dans chacun des deux sexes, on s'aperçoit que les tendances ne sont pas les mêmes pour les mâles et

pour les femelles. Pour les femelles, les différences observées entre les valeurs moyennes des paramètres CL2, CL7, CB8, CB10, CH6, CR5 des animaux jeunes adultes et les animaux adultes sont significatives, alors que dans le cas des mâles, CL1, CL7, CL31, CB10, CB14, CB19 ont des valeurs systématiquement plus grandes pour les adultes et ce, de façon significative. (Tab.12)

Pour les femelles, ce sont des paramètres de taille (CL2, CL7, CB8, CB10), de forme et de massivité (RC5, CH6), donc les têtes des adultes sont plus massives que celles des jeunes adultes, surtout au niveau de la largeur et de la hauteur du neurocrâne (au milieu). En revanche, chez les mâles, il s'agit avant tout des paramètres de taille et surtout des paramètres de longueur et de largeur de la face, c'est-à-dire les adultes ont des têtes plus grandes dans leur globalité que celles des jeunes adultes sans différence significative ni de forme, ni de massivité.

Par rapport à la croissance des têtes, les mâles semblent donc plus précoces que les femelles. Ils atteignent leur format adulte dès l'âge de 2 ans, mais la longueur et la largeur de l'os continuent d'augmenter au-delà de 4 ans (plus l'animal est grand, plus la tête augmente dans sa globalité). Les femelles sont, quant à elles, plus tardives et elles n'atteignent leurs format et taille adultes qu'après l'âge de 4 ans.

Concernant la variabilité, les adultes mâles sont plus variables que les jeunes adultes, par contre, c'est l'inverse chez les femelles, les adultes sont moins variables et plus homogènes que les jeunes adultes. (Tab. 12)

2.1.4. Valeurs des rapports

Le rapport RC7 est plus variable que RC5 dans la population totale, ainsi que dans les deux sexes.

Les valeurs moyennes des rapports RC5 et RC7 de la population totale (28,16% et 12,25 %) sont égales ou très proches de celles des populations ovines déjà étudiées avec des valeurs de 28 % et 12 % (Guintard & Fouché 2008) et de 27,12% et 11,58% (Ami 2014).

La valeur moyenne de RC5 des femelles est plus élevée que celle des mâles, contrairement à la valeur moyenne de RC7 qui est plus élevée chez les mâles. Donc, les crânes des mâles sont plus étroits et plus hauts que ceux des femelles pour une longueur constante.

Il est possible de visualiser la variabilité générale de l'échantillon en bornant la variabilité des femelles et celle des mâles pour l'ensemble des paramètres. Nous proposons, avec la figure 31 de borner la variabilité des deux sexes, selon la grande longueur des crânes (CL1)

de sorte que l'on visualise la plus petite et la plus grande femelle, et idem pour les mâles ; avec la figure 32, de borner la variabilité selon les rapports de massivité du crâne (RC5, RC7) de sorte que l'on visualise le mâle le plus fin et le plus massif, et idem pour les femelles.

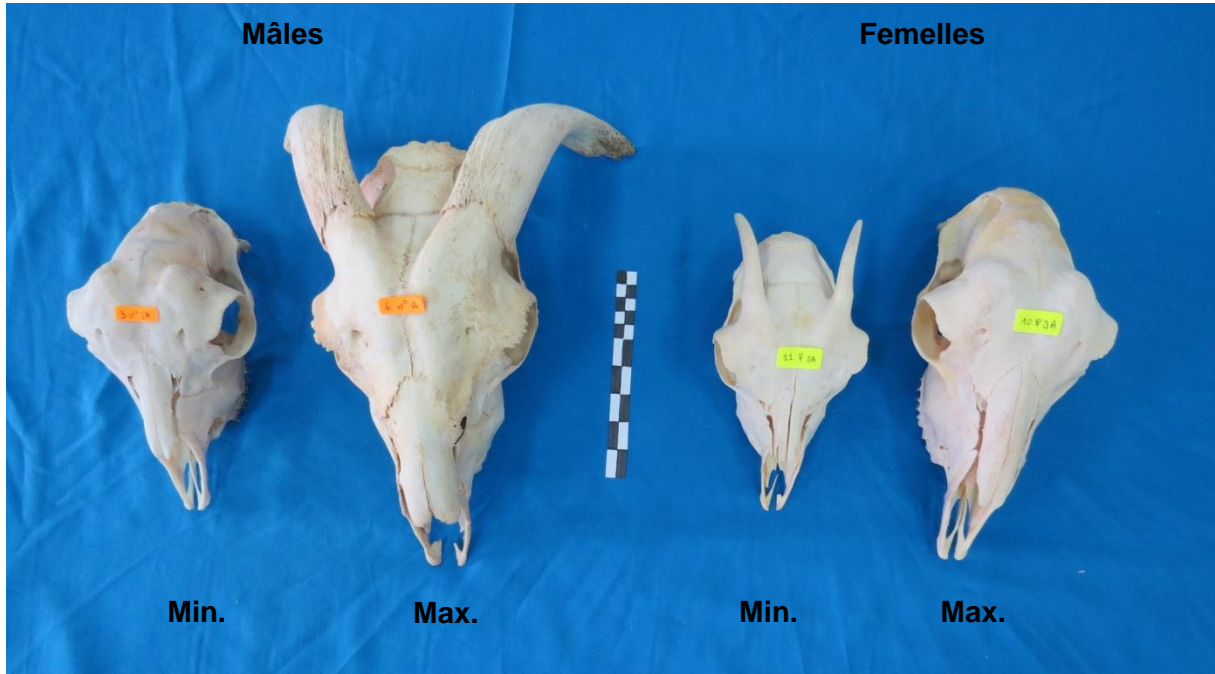


Figure 31: Photo de la variabilité maximale des crânes en fonction de leur grande longueur (CL1)

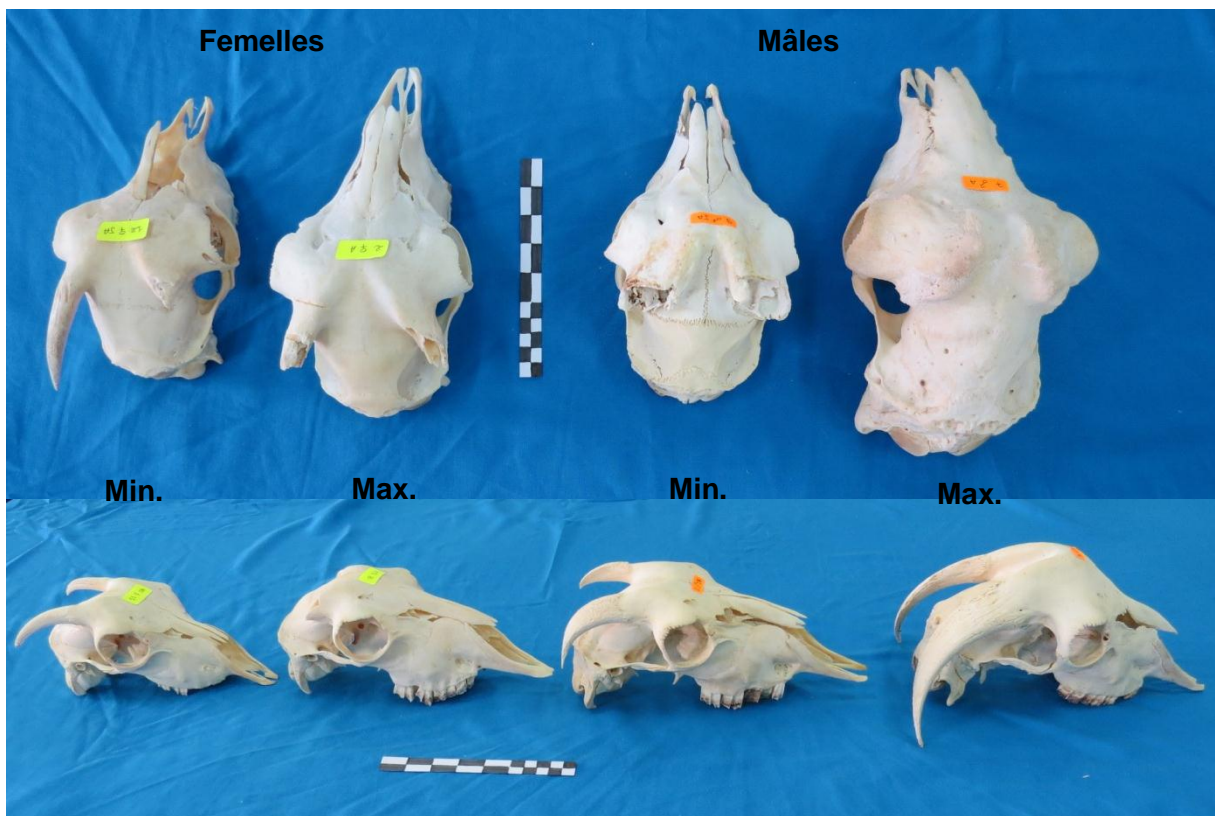


Figure 32: Photo de la variabilité maximale des crânes en fonction de leurs rapports (RC5, RC7)

2.2. Mandibule

Les données sont regroupées dans les tableaux 13 et 14. Le tableau 13 donne des valeurs des paramètres ostéométriques mesurés de la mandibule, ainsi que des rapports calculés pour les mâles, les femelles et aussi de la population globale étudiée. Seuls les paramètres ML6, MH1, MH8, MH9 présentent des différences significatives ($p < 0.05$).

Tableau 13 : Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule de la population totale et en fonction du sexe

Paramètres	Mâle	Femelle	Population totale	P ♂-♀
n	30	30	60	
ML6	142,7 (120,1 - 164,5)	137,3 (108,5 - 160,3)	140,0 (108,5 - 164,5)	0,0396
	9,5	10,3	10,2	
	6,68	7,50	7,29	
ML8	49,17 (42,54 - 55,25)	48,36 (40,03 - 56,49)	48,77 (40,03 - 56,49)	0,3611
	3,0	3,6	3,3	
	6,25	7,64	6,96	
ML9	25,58 (21,83 - 32,21)	24,67 (19,38 - 28,80)	25,13 (19,38 - 32,21)	0,1407
	2,6	2,0	2,3	
	10,36	8,23	9,49	
MH1	72,77 (63,09 - 92,17)	67,68 (53,31 - 82,68)	70,23 (53,31 - 92,17)	0,0049
	6,7	6,7	7,1	
	9,30	9,92	10,20	
MH7	35,83 (26,75 - 44,29)	35,28 (27,33 - 41,03)	35,56 (26,75 - 44,29)	0,604
	4,3	3,8	4,0	
	12,09	10,81	11,41	
MH8	23,17 (18,07 - 33,25)	21,27 (14,46 - 25,07)	22,22 (14,46 - 33,25)	0,0047
	2,9	2,0	2,6	
	12,52	9,55	11,98	
MH9	17,61 (13,60 - 27,69)	15,92 (12,60 - 19,38)	16,76 (12,60 - 27,69)	0,0163
	3,2	1,7	2,7	
	18,65	10,95	16,37	
MB1	53,14 (41,73 - 63,96)	50,33 (39,51 - 67,20)	51,74 (39,51 - 67,20)	0,0786
	5,2	6,7	6,1	
	9,94	13,48	11,97	
RM1	25,25 (18,38 - 34,77)	25,92 (19,32 - 37,44)	25,59 (18,38 - 37,44)	0,5168
	3,8	4,2	3,9	
	15,16	16,20	15,62	
RM2	73,13 (63,66 - 82,07)	74,41 (61,32 - 87,06)	73,77 (61,32 - 87,06)	0,417
	5,01	6,95	6,04	
	6,85	9,34	8,19	

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

2.2.1. Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule pour la population totale

Les valeurs moyennes de tous les paramètres de notre échantillon sont proches mais légèrement plus faibles que celles de différentes races ovines françaises (Guintard & Fouché 2008) et celles d'ovins autochtones de la race Ouled Djellal (Ami 2014), mais il y a une différence nette pour certains paramètres : la longueur du foramen mentonnier (ML6), la hauteur de la branche montante (MH1) et la largeur de l'angle de la mandibule (MB1), ce sont des mesures qui englobent l'os sur les trois axes. Cette comparaison montre que notre population est pourvue de mandibules plus courtes, plus étroites et plus basses par rapport aux populations ovines déjà étudiées (Guintard & Fouché 2008, Ami 2014). (Fig. 33)

On peut dire que les mandibules de notre population sont petites et adaptées à leurs crânes est déjà étudiés dans le sous-chapitre précédent.

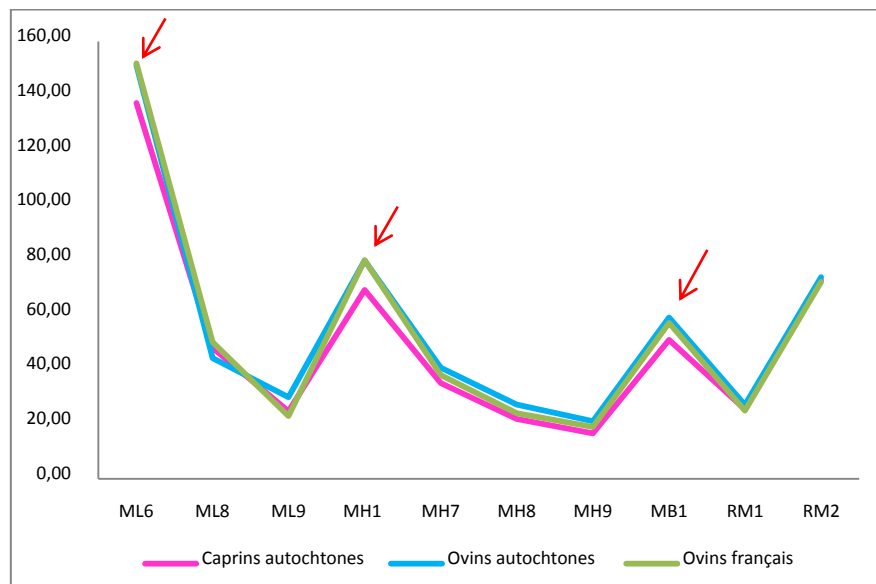


Figure 33 : Comparaison des valeurs moyennes des mandibules des différentes populations

En terme de variabilité globale, deux types de paramètres ressortent :

- Les paramètres de longueur de la mandibule, relativement peu variables avec des CV valant de 6,9 % à 9,4% (CV<10%)
- Les paramètres de largeur et de hauteur dont le CV plus élevé (variation selon les paramètres de 10,2% à 16,3%).

Globalement, les coefficients de variation des différents paramètres de la population totale oscillent entre 6,9% (ML8) et 16,3% (MH9). (Fig. 34)

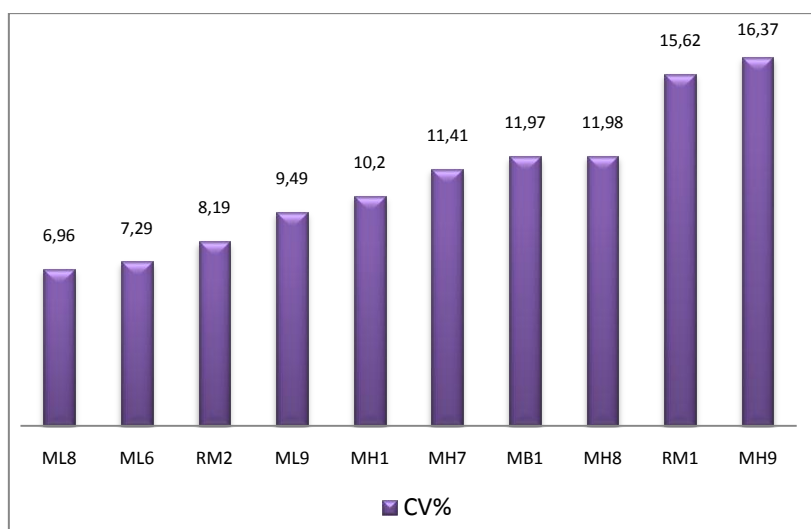


Figure 34 : Tri des mesures réalisées sur les mandibules de la population totale, par CV croissant

Si on compare la variabilité globale des paramètres ostéométriques dans chacun des deux os, on s'aperçoit que les tendances sont presque les mêmes pour les crânes et les mandibules. Les paramètres les moins variables sont ceux de la longueur et de la largeur, et les plus variables sont ceux de la hauteur. (Fig.35)

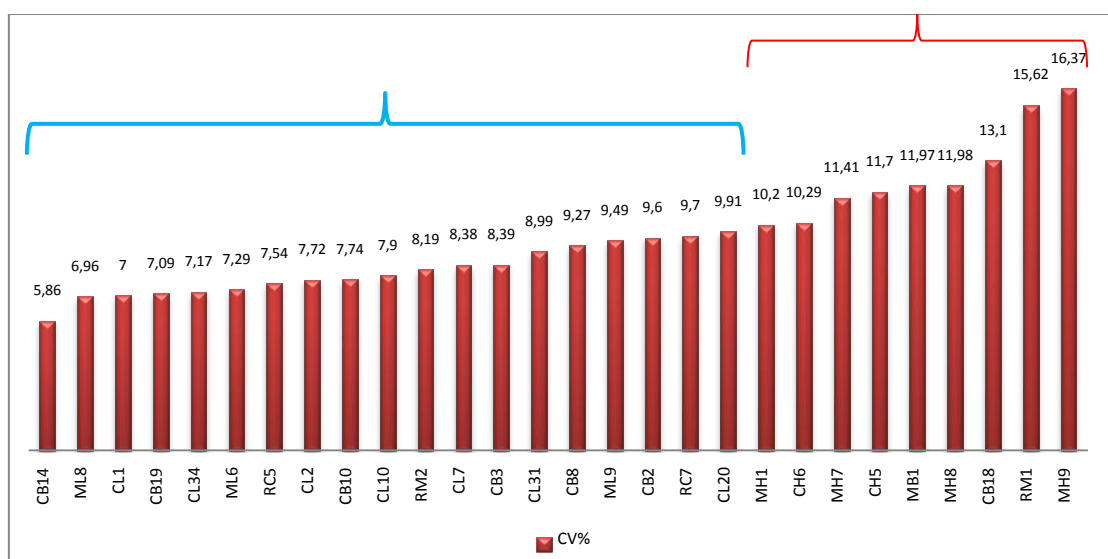


Figure 35 : Tri des mesures réalisées sur les crânes et les mandibules de la population totale, par CV croissant

2.2.2. Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule par sexe

Toutes les valeurs moyennes des mâles sont plus élevées que celles des femelles, mais deux types de paramètres ressortent : ML8, ML9, MH7, MB1 avec des valeurs très proches et des différences non significatives, et les paramètres ML6, MH8, MH9, MH1 avec des différences significatives ($p < 0.05$).

L'étude des paramètres ayant des différences significatives entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles, montrent des branches plus hautes et des corps plus larges et plus longs, donc des mandibules plus grandes, mais pas de différences entre les deux sexes dans les mesures liées aux dents molaires et prémolaires.

Pour la variabilité, les paramètres les moins variables sont ML6 et ML8 avec respectivement des valeurs moyennes de 6,4% et 7,5% pour les mâles et 6,25 % et 7,64 % pour les femelles, les paramètres les plus variables sont MH9 (18,6%) pour les mâles et MB1 (9,9%) pour les femelles.

Les valeurs de coefficients de variation des mâles sont plus élevées que celles des femelles, donc plus variables.

2.2.3. Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule par classe (sexe et âge)

Le tableau 14 donne les mêmes paramètres ostéométriques et les rapports pour les différentes classes (les individus adultes et jeunes adultes des mâles et des femelles). On a testé la normalité et calculé le p value de chaque paramètre de différentes classes.

Il n'y a pas de différences significatives entre les valeurs moyennes des adultes et celles des jeunes adultes pour les paramètres liés aux dents molaires et prémolaires : ML8, ML9, MH8 et MH9 qui sont respectivement des mesures de longueur des dents molaires, prémolaires et la hauteur mandibulaire devant M1 et P2, car tous les individus de notre échantillon ont des dents permanentes et même chez les individus âgés de 2 ans et demi à 3 ans et demi, l'éruption de la dernière dent molaire (M3) n'est pas complète, mais elle existe.

En revanche, le MH7 dépend de M3 (la hauteur mandibulaire derrière M3), mais présente une différence significative avec des valeurs moyennes plus élevées chez les jeunes adultes. Donc, chez les adultes, le corps de la mandibule rapetisse après l'éruption complète de M3 qui aura lieu à l'âge de 4 ans (elle pousse dorsalement à l'extérieur, en se libérant une grande partie de l'alvéole).

Dans la mandibule, l'âge présente le même effet sur les paramètres ostéométriques chez les deux sexes.

Tableau 14 : Valeurs des paramètres ostéométriques de la mandibule en fonction du sexe et de l'âge

Paramètres	Mâles			Femelles		
	Adultes	Jeunes adultes	P J - A	Adultes	Jeunes adultes	P J - A
n	15	15		15	15	
ML6	148,4 (139,3 - 164,5) 8,04 5,42	137,0 (120,1 - 145,7) 7,34 5,35	0,0003	141,2 (129,4 - 153,1) 7,12 5,04	133,4 (108,5 - 160,3) 11,68 8,75	0,0354
ML8	49,31 (44,39 - 55,25) 2,77 5,61	49,03 (42,54 - 54,34) 3,44 7,02	0,8044	48,12 (42,46 - 56,49) 3,96 8,24	48,60 (40,03 - 53,61) 3,52 7,25	0,7288
ML9	25,65 (21,83 - 29,51) 2,13 8,33	25,51 (22,31 - 32,21) 3,15 12,38	0,4363	24,13 (19,38 - 27,03) 2,04 8,47	25,21 (23,21 - 28,80) 1,93 7,68	0,3614
MH1	76,72 (68,90 - 92,17) 6,93 9,03	68,83 (63,09 - 75,82) 3,70 5,38	0,0001	70,81 (61,80 - 82,68) 6,01 8,49	64,56 (53,31 - 79,15) 6,02 9,33	0,0081
MH7	34,29 (26,75 - 44,29) 4,23 12,35	37,37 (30,81 - 44,27) 3,98 10,65	0,0495	33,33 (27,33 - 38,91) 3,77 11,31	37,23 (30,45 - 41,03) 2,78 7,47	0,0031
MH8	23,90 (20,43 - 33,25) 3,19 13,38	22,44 (18,07 - 27,29) 2,46 11,00	0,2854	21,37 (14,46 - 25,07) 2,49 11,69	21,17 (17,83 - 23,90) 1,51 7,14	0,7962
MH9	18,14 (13,85 - 27,69) 3,58 19,73	17,08 (13,60 - 25,65) 2,98 17,49	0,3951	15,95 (13,66 - 19,38) 1,64 10,30	15,88 (12,60 - 8,65) 1,89 11,94	0,9123
MB1	56,33 (49,23 - 63,96) 4,71 8,37	49,96 (41,73 - 55,15) 3,72 7,45	0,0003	53,87 (45,91 - 65,23) 5,09 9,45	46,79 (39,51 - 67,20) 6,52 13,94	0,0001
RM 1	23,09 (18,38 - 27,73) 2,40 10,42	27,41 (21,14 - 34,77) 3,81 13,91	0,0009	23,63 (19,32 - 28,48) 2,78 11,80	28,21 (21,04 - 37,44) 4,18 14,83	0,0014
RM 2	73,63 (66,15 - 82,07) 5,35 7,26	72,62 (63,66 - 81,79) 4,78 6,58	0,5917	76,31 (63,67 - 87,06) 6,71 8,79	72,51 (61,32 - 84,90) 6,88 9,50	0,137

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

2.2.4. Valeurs des rapports

Le rapport RM1 est plus variable que RM2 chez les deux sexes et dans les quatre classes.

Les valeurs moyennes des rapports RM1 et RM2 de la population totale (25,59 % et 73,77 %) sont très proches à celles des populations ovines déjà étudiées avec des valeurs de 25 et 72 (Guintard & Fouché 2008) et de 27,01 % et 73,77 % (Ami 2014).

Les valeurs moyennes des rapports RM1 et RM2 ne donnent pas de différences significatives entre les mâles et les femelles, donc pas de différence.

Pour les deux sexes, les valeurs moyennes de RM2 ne sont pas significatives entre les individus adultes et jeunes adultes, mais les valeurs moyennes de RM1 sont très hautement significatives ($p < 0,005$).

Le RM1 exprime la hauteur du corps de la mandibule (MH7) par rapport à une longueur constante, donc les mandibules sont plus étroites chez les adultes que chez les jeunes adultes pour les deux sexes cela confirme l'hypothèse précédemment discutée (l'éruption complète de la dernière dent molaire M3, engendre un rétrécissement du corps de la mandibule) (Fig. 36)

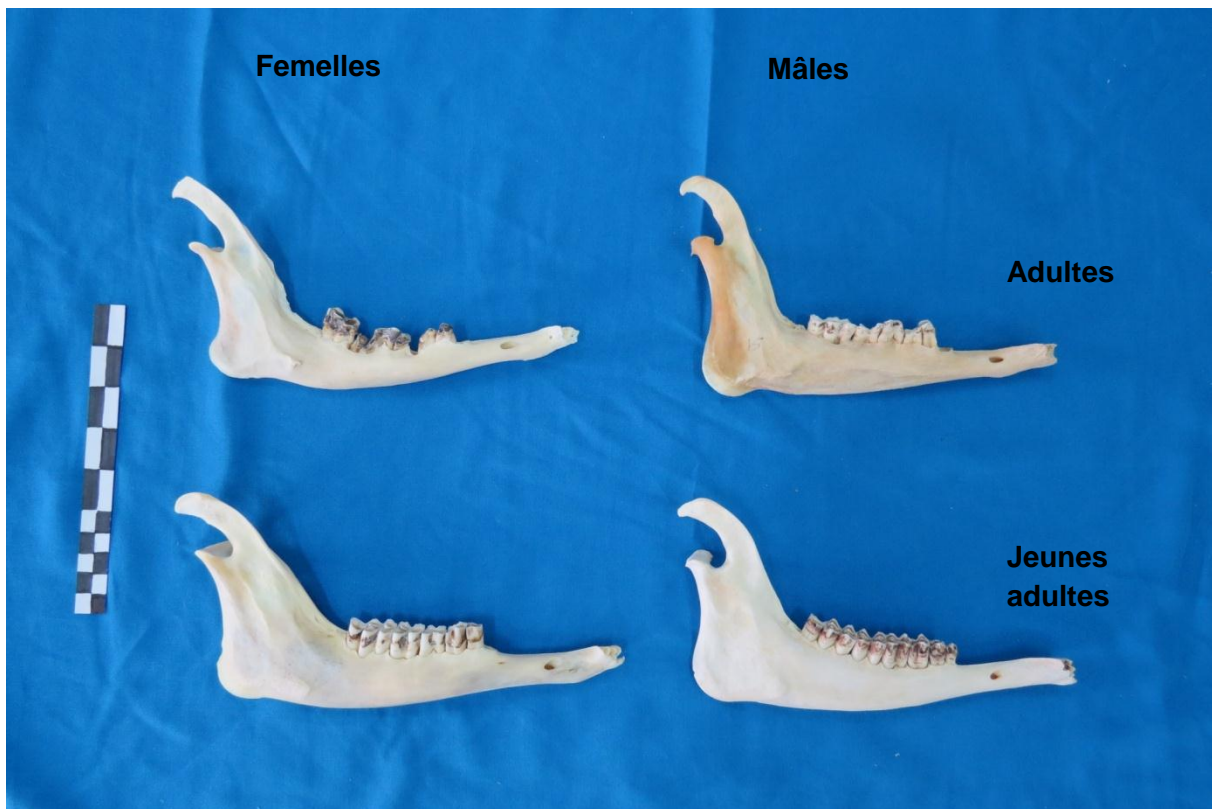


Figure 36 : Différence entre les mandibules des jeunes adultes et des adultes chez les deux sexes

2.3. Métacarpe

Les tableaux 15 et 16 donnent les valeurs des paramètres ostéométriques des métacarpes mesurés, ainsi que des deux indices calculés. Le tableau 15 propose les valeurs des données des mâles et des femelles, mais aussi de la population globale étudiée. Le Tableau 16 donne les valeurs des paramètres ostéométriques mesurés des différentes classes (selon le sexe et l'âge). Pour chaque paramètre, la normalité a été testée, et le p value a été calculé entre les mâles et les femelles et entre les adultes et les jeunes adultes chez les deux sexes.

Tableau 15 : Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe de la population totale et en fonction du sexe

Paramètres	Mâle	Femelle	Population totale	P _{♂-♀}
N	17	19	36	
GL	124,7 (106,0 - 154,4) 13,8 11,10	119,1 (108,1 - 132,3) 6,6 5,59	121,8 (106,0 - 154,4) 10,8 8,94	0,1431
Bp	26,55 (21,56 - 34,26) 3,7 14,15	24,35 (20,99 - 27,28) 1,8 7,53	25,39 (20,99 - 34,26) 3,0 12,10	0,0385
Dp	19,07 (15,40 - 24,44) 2,6 14,15	17,78 (15,37 - 20,25) 1,3 7,61	18,39 (15,37 - 24,44) 2,1 11,79	0,0872
D	17,27 (14,39 - 25,41) 3,2 18,61	15,62 (13,40 - 17,52) 1,1 7,13	16,40 (13,40 - 25,41) 2,4 15,02	0,3581
E	11,87 (9,63 - 17,40) 2,0 17,16	10,63 (8,85 - 11,58) 0,7 7,34	11,21 (8,85 - 17,40) 1,6 14,38	0,0840
Bd	29,61 (25,17 - 37,23) 3,6 12,20	27,24 (24,45 - 30,46) 1,6 6,15	28,36 (24,45 - 37,23) 2,9 10,48	0,0218
Dd	19,12 (15,64 - 25,16) 2,9 15,42	17,50 (15,55 - 19,24) 1,1 6,48	18,27 (15,55 - 25,16) 2,3 12,62	0,0449
Bp/GL	21,25 (18,73 - 22,94) 1,4 6,59	20,45 (17,67 - 22,66) 1,2 5,97	20,83 (17,67 - 22,94) 1,3 6,50	0,0742
d/GL	13,7 12,01-16,4 1,2 8,8	13,1 11,4 - 14,6 0,88 6,70	13,4 11,44-16,45 1,09 8,12	0,0738

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

2.3.1. Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe de la population totale

Les valeurs moyennes des paramètres ostéométriques du métacarpe de notre échantillon sont proches mais toujours supérieures à celles des populations caprines autochtones (constituées par des individus plus jeunes) étudiées par **Ridouh & al. (2019)**, **Guintard & al. (2018)** et **Daikh (2007)**, et sont aussi plus élevées que les valeurs de caprins issus des fouilles du château supérieur d'Anzaf (Anatolie Orientale) (**Onar & al. 2008**). En revanche, les valeurs moyennes des paramètres ostéométriques du métacarpe des femelles sont légèrement plus faibles que celles des chèvres de la Grèce (la race hellénique) (**Pourlis & al. 2017**).

Si on compare les valeurs moyennes des paramètres ostéométriques du métacarpe de notre échantillon avec celles des différentes populations ovines, on s'aperçoit qu'elles sont plus élevées que les valeurs d'ovins issus des fouilles du château supérieur d'Anzaf (Anatolie Orientale) (**Onar & al. 2008**), mais sont plus faibles que celles des ovins contemporains par exemple, de la race Algérienne Ouled djellal (**Guintard & Tekkouk 2010**) et de la race de la Grèce Karagouniko (**Pourlis & al. 2017**).

En terme de variabilité globale, le métacarpe est plus variable au niveau de sa diaphyse (d et e) avec des valeurs respectivement 15,02%, 14,38%, et à moindre degré au niveau de ses extrémités et de sa longueur (Bp, Dp, Bd, Dd, GL), par contre les indices sont peu variés d/GL : 8,12% et Bp/GL : 6,50%

La mesure d possède le coefficient de variation le plus élevé, avec une valeur nettement supérieure aux autres, comme nous le montre la figure 37.

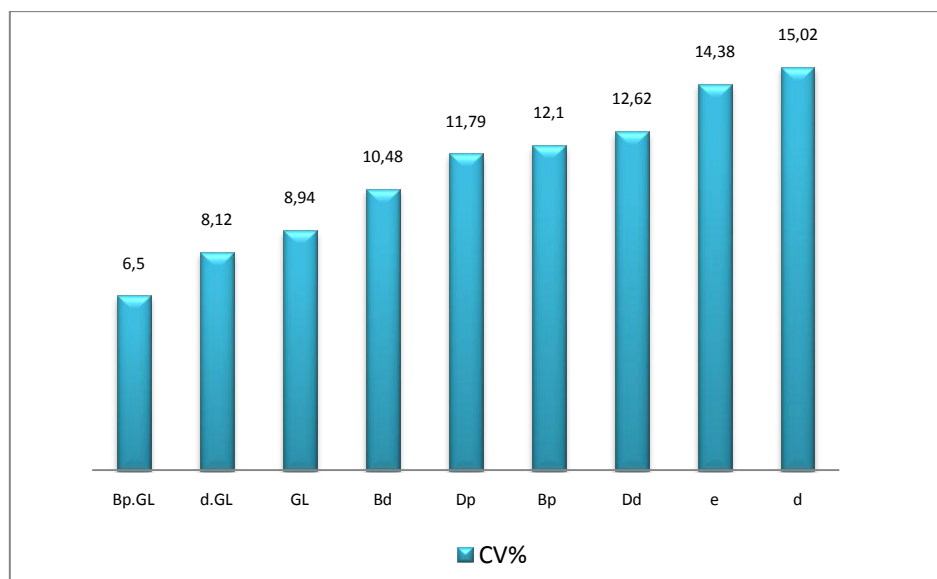


Figure 37 : Tri des mesures réalisées sur les métacarpes de la population totale, par CV croissant

Ces résultats sont semblables aux résultats obtenus par Guintard & al. (2018), Ridouh & al. (2019), Guintard & Tekkouk (2010), Babelhadj (2012), Adamou & al. (2013), Babelhadj & al. (2016), Lallemand (2002), Tekkouk (2010), Onar & al. (2008) et Pourlis & al. (2017). En revanche, les caprins de la Turquie étudiés par Onar & al. (2008) et de la Grèce étudiés par Pourlis & al. (2017) sont plus variables à la grande longueur GL, et la largeur et l'épaisseur de la diaphyse occupe la seconde position.

Comme chez tous les ruminants étudiés, la partie la plus variable du métacarpe de la chèvre autochtone est la diaphyse, en particulier sa largeur.

2.3.2. Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe par sexe

Les valeurs moyennes des mâles sont systématiquement plus grandes que celles des femelles mais ce, de façon significative que pour trois paramètres Bp, Bd, Dd ($p < 0,05$). Ce n'est pas le cas pour la plupart des ruminants étudiés et même pour les travaux ayant été portés sur la chèvre autochtone (Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019), on peut expliquer cette différence dans les résultats, par la présence des individus jeunes adultes et des adultes dans notre échantillon (en moyenne 5 ans et demi).

Dans l'étude de la race ovine Ouled Djellal, les différences observées entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles ne sont significatives que pour e et Bd, car l'échantillon est asymétrique ; le fait qu'il y ait peu de femelles d'un côté et peu de mâles adultes de l'autre. (Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010).

2.3.3. Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe par classe (sexe et âge)

Si l'on examine l'effet de l'âge sur les paramètres ostéométriques dans chacun des deux sexes, on s'aperçoit que les tendances sont les mêmes pour les mâles et pour les femelles. Les différences observées entre les valeurs moyennes pour les animaux jeunes adultes et pour les animaux adultes ne sont jamais significatives. (Tab. 16)

La race caprine autochtone semble donc plus précoce que les autres ruminants par rapport à la croissance du métacarpe. Elle atteint sa forme adulte dès l'âge 2 ans et l'os ne présente plus ensuite de croissance significative, ni en épaisseur, ni en longueur, ni en largeur.

Tableau 16 : Valeurs des paramètres ostéométriques du métacarpe en fonction du sexe et de l'âge

Paramètres	Mâles			Femelles		
	Adultes	Jeunes adultes	P J -A	Adultes	Jeunes adultes	P J -A
N	9	8		9	10	
GL	127,8 (117,5 - 154,4) 11,64 9,10	121,3 (106,0 - 147,6) 16,05 13,23	0,1672	121,3 (109,3 - 132,3) 7,40 6,10	117,2 (108,1 - 124,8) 5,58 4,76	0,1894
Bp	27,59 (23,02 - 34,26) 3,56 12,91	25,39 (21,56 - 31,32) 3,85 15,18	0,2399	24,30 (20,99 - 26,46) 1,96 8,10	24,39 (22,11 - 27,28) 1,81 7,43	0,9119
Dp	19,88 (16,10 - 24,44) 2,61 13,14	18,17 (15,40 - 22,43) 2,66 14,65	0,2014	18,23 (15,74 - 20,25) 1,56 8,58	17,38 (15,37 - 18,92) 1,05 6,04	0,1762
D	17,78 (15,04 - 25,41) 3,30 18,60	16,70 (14,39 - 22,60) 3,22 19,32	0,0919	15,70 (14,11 - 16,64) 1,01 6,47	15,54 (13,40 - 17,52) 1,24 8,02	0,7802
E	12,40 (10,82 - 17,40) 2,19 17,72	11,27 (9,63 - 14,35) 1,78 15,85	0,0927	10,92 (9,53 - 11,58) 0,62 5,73	10,36 (8,85 - 11,18) 0,84 8,13	0,0790
Bd	30,45 (26,71 - 37,23) 3,52 11,57	28,66 (25,17 - 34,72) 3,70 12,91	0,1388	27,58 (25,12 - 29,79) 1,56 5,67	26,95 (24,45 - 30,46) 1,79 6,67	0,4288
Dd	19,60 (16,08 - 25,16) 2,83 14,48	18,59 (15,64 - 24,69) 3,17 17,07	0,5024	17,67 (15,55 - 19,14) 1,15 6,53	17,34 (15,80 - 19,24) 1,15 6,66	0,5528
Bp/GL	21,56 (18,73 - 22,94) 1,61 7,49	20,91 (18,95 - 22,64) 1,11 5,33	0,1996	20,05 (17,67 - 22,27) 1,39 6,94	20,80 (19,53 - 22,66) 0,98 4,71	0,1846
d/GL	13,82 (12,32 - 16,45) 1,25 9,07	13,72 (12,02 - 15,75) 1,27 9,27	0,8743	12,98 (11,44 - 14,33) 0,96 7,42	13,26 (12,37 - 14,63) 0,82 6,22	0,4973

Les résultats sont représentés sous forme de nombre, moyenne, (Min-Max), écart-type et CV (%)

Il est possible de visualiser la variabilité générale de l'échantillon en bornant la variabilité des femelles et celles des mâles pour l'ensemble des paramètres. Nous proposons, avec la figure 38 de borner la variabilité des deux sexes, selon les grandes longueurs des métacarpes (GL) de sorte que l'on visualise la plus petite et la plus grande femelle, et idem pour les mâles ; avec la figure 39, de borner la variabilité selon l'indice de gracilité du milieu de la diaphyse (d/GL) de sorte que l'on visualise la femelle la plus gracile et la plus trapue, idem pour les mâles.

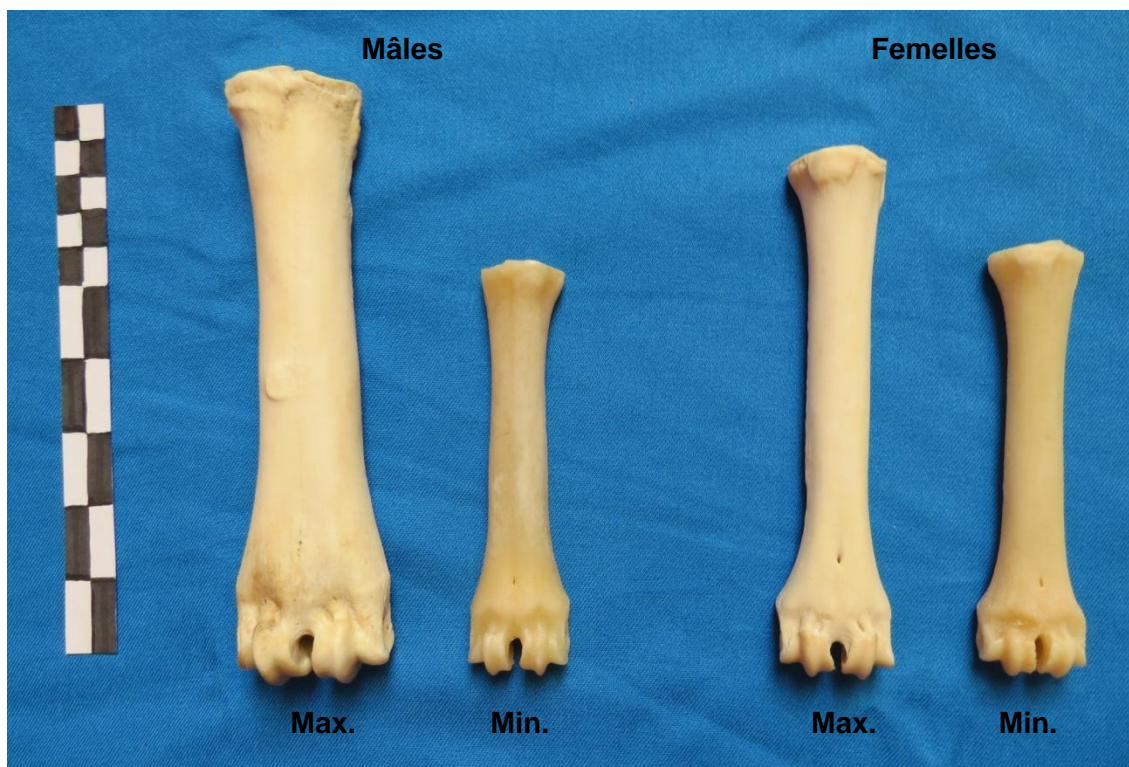


Figure 38 : Photo de la variabilité maximale des métacarpes en fonction de leur grande longueur (GL)

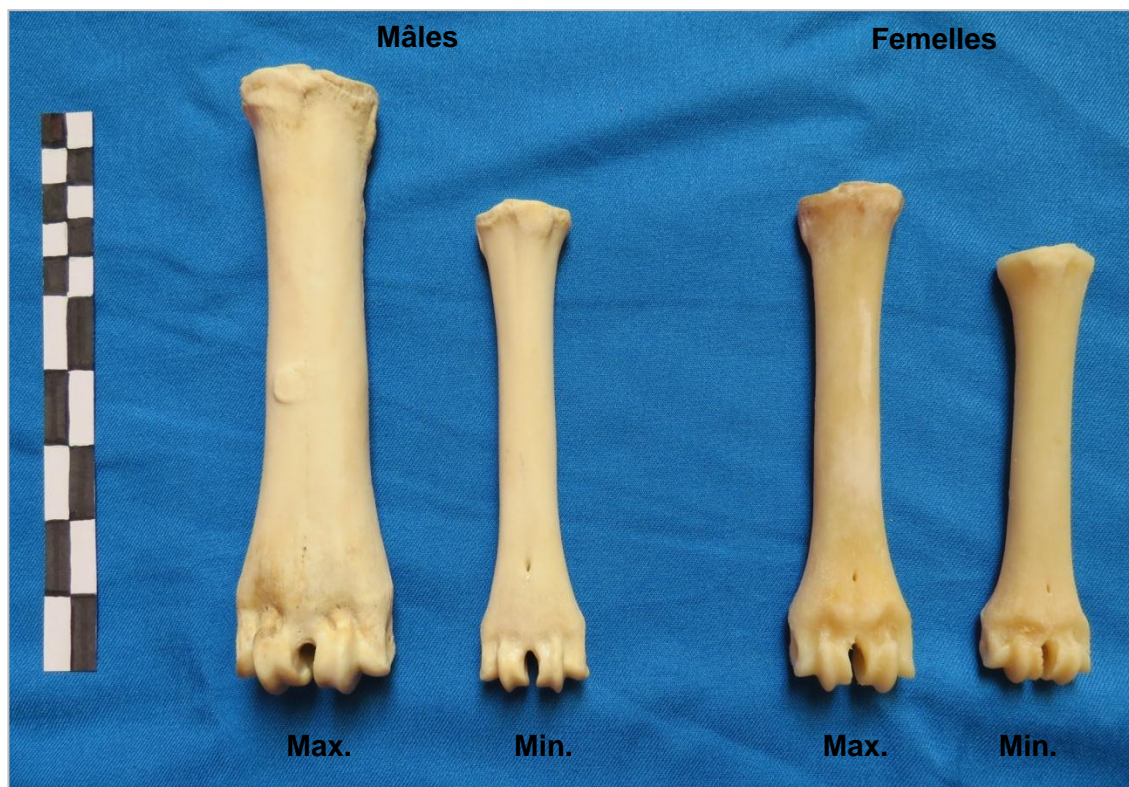


Figure 39 : Photo de la variabilité maximale des métacarpes en fonction de leur gracilité (d/GL)

2.3.4. Valeurs des indices de gracilité

Les indices de gracilité traduisent des variations de forme des os à différents niveaux. Les valeurs des deux indices calculés sont regroupées dans le tableau 16, et ne sont pas significativement différentes entre les moyennes des mâles et celles des femelles, et entre les moyennes des jeunes adultes et des adultes pour les deux sexes. L'indice d/GL est largement utilisé pour sexer les métapodes chez les bovins et même des petits ruminants. Il traduit la largeur de la diaphyse à longueur constante.

Si l'on trace le graphe $d/GL = f(GL)$, l'échantillon se distribue selon une abscisse GL qui traduit l'allongement de l'os et une ordonnée d/GL qui correspond à la forme de la diaphyse, ce que l'on appelle encore la gracilité de l'os (Fig. 40)

Pour les femelles, cet indice varie de 11,4% à 14,6% alors que pour les mâles la variation est plus importante, allant, de 12,01% à 16,4%. Les os des mâles sont non seulement plus trapus, mais sont aussi plus grands que ceux des femelles. Au-delà de $GL = 130,2$ mm et pour une valeur de $d/GL > 13,9\%$, la probabilité d'avoir un os de mâle est très forte, alors que lorsque l'on a simultanément $GL < 130,2$ mm et $d/GL < 13,9\%$, on a principalement des femelles. Ce qui est illustré par la figure 40.

Les métacarpes de notre échantillon sont plus trapus que ceux de la race Ouled Djellal (Guintard & Tekkouk 2010), de la race de moutons «Karagouniko» (Pourlis & al. 2017), et même de la population caprine autochtone étudiée par Guintard & al. (2019). Par contre, ils sont plus graciles dans les races caprines de la Grèce et de la Turquie (Pourlis & al. 2017, Pazvant & al. 2015).

En relation avec des animaux de type marcheur, la gracilité des métacarpes adultes est relativement importante avec des indices de la diaphyse faibles de l'ordre de 13,7% pour les mâles et de 13,1% pour les femelles. Pazvant & al. (2015), donnent des valeurs très voisines pour une population de caprins de Turquie, de sexe indéterminé/non sexés et de taille moyenne, puisque l'indice de gracilité de la diaphyse des métacarpes en moyenne de 14,89%, contre 13,4% dans notre étude, tous sexes confondus. En revanche, Pourlis & al. (2017), donnent la même valeur 14,89% pour des chèvres de la race hellénique de la Grèce contre 13,1% pour les femelles dans notre étude.

Le dimorphisme sexuel est assez peu marqué pour l'ostéométrie des métapodes, mais le sexage est possible à l'échelle de la population toute entière, dès qu'il s'agit d'un individu isolé, sauf pour les cas extrêmes, il devient quasi impossible de pouvoir lui attribuer son sexe de façon certaine. Ce travail regroupe enfin des animaux sub-adultes qui, du fait de l'allométrie de croissance et de la superposition des jeunes mâles avec les femelles, rend la

séparation des sexes très compliquée pour les animaux de taille moyenne. Ce phénomène se retrouve chez de nombreuses espèces de ruminants, comme le mouton (Guintard & Lallemand 2003, Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010), le bœuf (Guintard & Borvon 2009, Albarella 1997, Tekkouk & Guintard 2007, Lewis 1999, Thomas 1988, Wiig 1985), ou le dromadaire (Adamou & al. 2013).

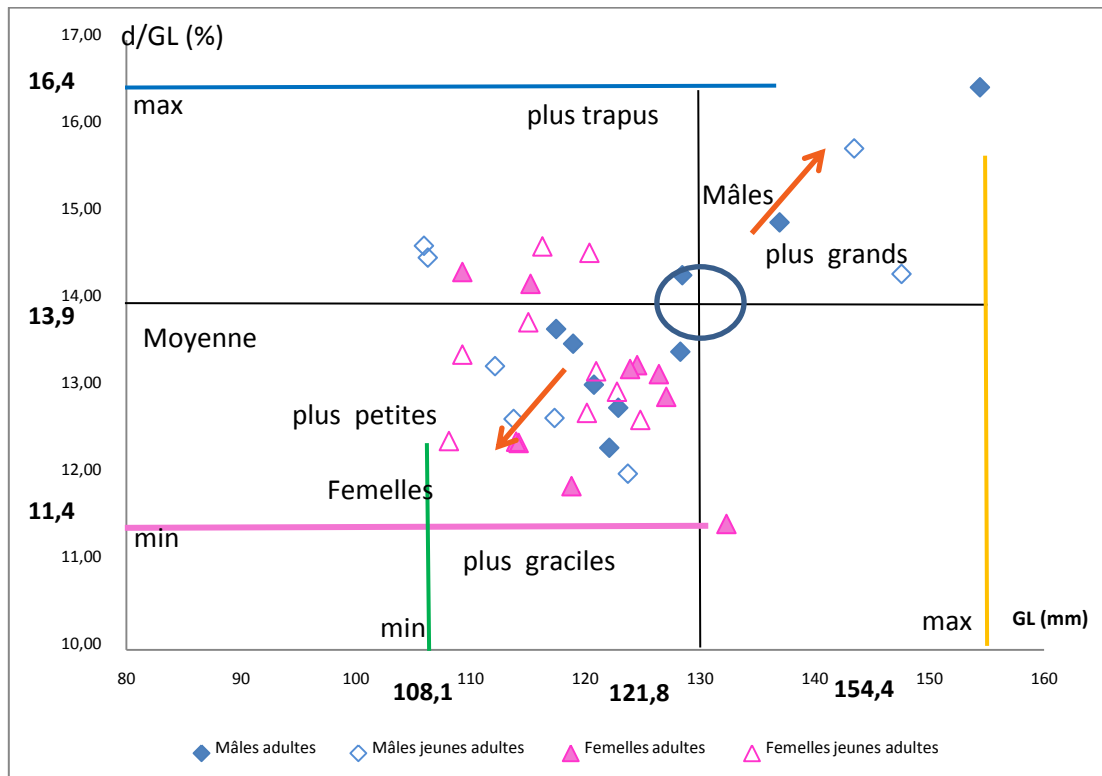


Figure 40 : Nuage de points des individus dans le graphique $d/GL=f(GL)$ pour l'ensemble de la population

II. Etude bivariée

1. Coefficient de corrélation et de régression linéaire des paramètres biométriques

Les coefficients de corrélation entre variables biométriques sont regroupés dans l'annexe III. Tous les paramètres biométriques sont particulièrement bien corrélés entre eux ($r \geq 0,79$) de façon tout à fait logique. Ainsi, le poids de carcasse et le poids du métacarpe sont parfaitement bien corrélés (Fig. 41) ou encore le poids de carcasse et le poids de la mandibule (Fig. 42), de la même façon, le poids du métacarpe et celui de la mandibule sont très bien corrélés (Fig. 43).

Il est donc possible d'extrapoler le poids moyen de carcasse d'un individu, connaissant la masse de son métacarpe ou de sa mandibule et vice-versa (Fig. 41, 42, 43).

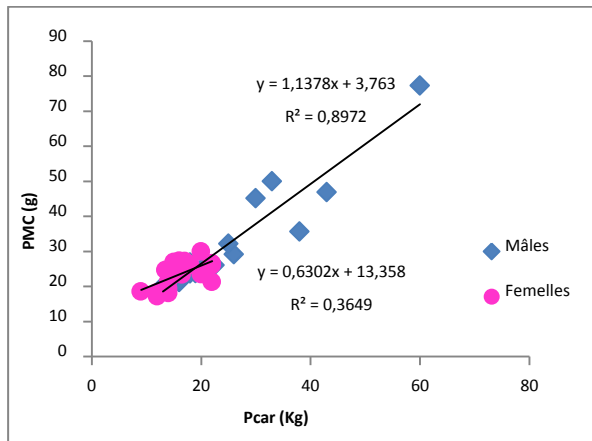


Figure 41 : $PMC = f(Pcar)$ en fonction du sexe

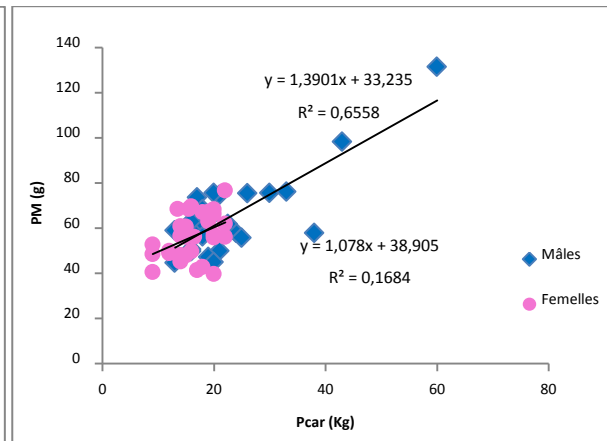


Figure 42 : $PM = f(Pcar)$ en fonction du sexe

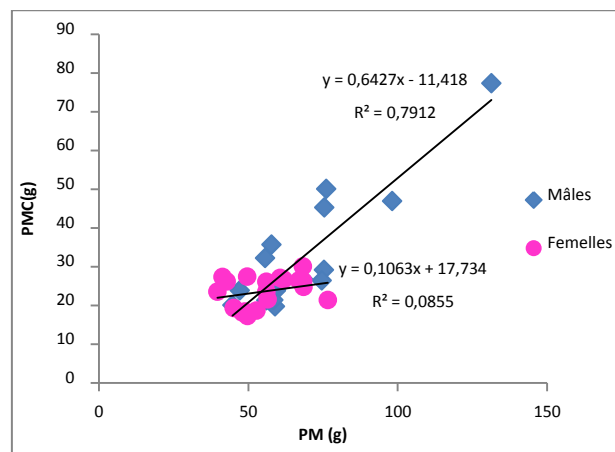


Figure 43 : $PMC = f(PM)$ en fonction du sexe

Le couple PMC-Pcar ($r = 0,93$) est mieux corrélé que le couple PM-Pcar ($r = 0,79$), et ce dernier est mieux corrélé chez les mâles que chez les femelles avec respectivement des valeurs du coefficient de corrélation de 0,82 et 0,41, car le PM est influencé par deux facteurs, l'usure et la chute des dents chez les individus âgés (> 10 ans) qui sont très

nombreux dans la classe des femelles d'une part, et la diminution de la densité osseuse qui est très importante chez les femelles d'une autre part.

Par contre, PMC est moins influencé par l'ostéoporose, par rapport à sa forme (os long), son histologie et sa position dans le squelette.

2. Coefficient de corrélation et de régression linéaire des paramètres ostéométriques

2.1. Coefficient de corrélation de chaque os

Le tableau 17 présente la répartition des coefficients de corrélation de chaque matrice dans les différents intervalles : [-0,3 - 0[, [0 - 0,3[, [0,3 - 0,5[, [0,5- 0,8[et [0,8- 1].

Tableau 17 : Répartition des coefficients de corrélation (r) des différentes matrices

r	Paramètres ostéométriques		
	Crâne	Mandibule	Métacarpe
[-0,3 - 0 [	-	n = 7 25 %	-
[0 - 0,3 [	-	n = 5 18 %	-
[0,3 - 0,5[	n = 17 14%	n = 9 32 %	-
[0,5 - 0,8[	n = 83 69 %	n = 6 21 %	-
[0,8 - 1]	n = 20 17 %	n = 1 4 %	n = 21 100 %
Total	n = 120	n = 28	n = 21

r= Valeur du coefficient de corrélation de Pearson.

n = Effectif des couples de mesures de la matrice ayant un coefficient de corrélation inclu dans l'intervalle spécifié.

On a décidé de ne retenir que les résultats significatifs au seuil de 50% (à partir de la probabilité de bonferroni), tout coefficient de corrélation inférieur à cette valeur sera considéré comme non significatif.

Comme on peut constater à l'étude de ce tableau, que les trois premiers intervalles ne se composent pas en grande partie de valeurs non significatives, on peut toutefois remarquer que la quasi-totalité des couples de variables présentant un coefficient de corrélation non significatif ($r < 0,5$) fait intervenir les paramètres ostéométriques de la mandibule, et ces derniers ne participent pas ou que peu dans la formation des couples de variables présentant une corrélation très forte ($r > 0,8$).

2.1.1. Crâne

Le simple examen du tableau 17 nous permet d'affirmer que les coefficients de corrélation des mesures de crânes sont globalement élevés, 86% de ceux-ci sont supérieurs

à 0,50, et 17 % sont supérieurs à 0,80. Ceci reflète une grande harmonie dans les proportions du crâne d'un individu à l'autre. A titre de comparaison, **Fouché (2006)**, pour les mesures des crânes de mouton, obtenait les 82,8 % sont supérieurs à 0,5 et 38,7 % sont supérieurs à 0,75, ou encore, **Antonot (2000)**, pour des mesures de crânes de bovins de l'île d'Amsterdam, obtenait la majorité de ses corrélations dans la fourchette [0,4 – 0,6 [et considérait cette proportion comme le reflet de l'harmonie dans la constitution du squelette céphalique. Dans notre échantillon, presque les trois quarts des corrélations (66 %) se situent dans la fourchette [0,6-1].

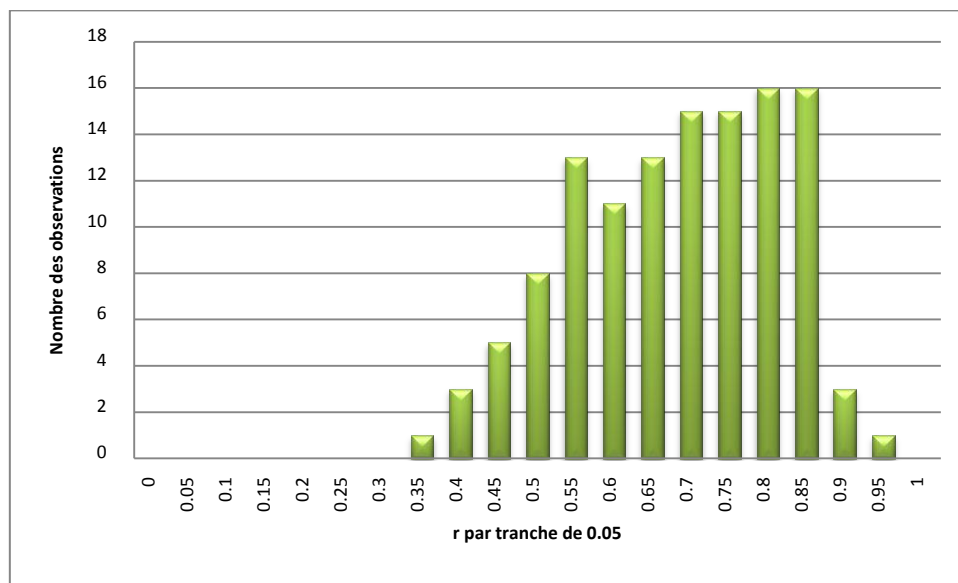


Figure 44 : Distribution de r pour les mesures de crânes (histogramme)

L'examen de la figure 44 ci-dessus nous permet de dégager plusieurs informations :

- L'appréciation visuelle de la distribution confirme l'examen des valeurs numériques des paramètres de position : les coefficients de corrélation sont globalement élevés. Les valeurs de r semblent littéralement «se tasser » vers l'abscisse 1, qui peut être assimilée à un « mur de droite». Ce mur de droite, dans le cadre de l'étude des corrélations, représente un seuil de corrélation maximale.

- La distribution des coefficients n'est pas uni-modale : on distingue aisément deux groupes de valeurs.

* Un premier groupe de valeurs moyennes [0,35 – 0,6 [, qui correspond à des coefficients faisant intervenir des paramètres de la largeur du crâne CB2, CB3, CB8. Parfois, on trouve le paramètre de la hauteur CH5. Ces variables sont celles qui présentent les coefficients de corrélation les plus faibles avec les autres, peut être, puisque ce sont les paramètres responsables de la différence morphologique (forme) du neurocrâne qui a été trouvée entre les femelles et les mâles.

* Un second groupe de valeurs élevées ($0,6 > r \leq 1$), qui regroupe les deux tiers des couples de la matrice, correspondant à des couples de variables faisant intervenir la plupart des paramètres et qui sont globalement fortement corrélées. Les couples de variables très fortement corrélés ($r \geq 0,85$), faisant intervenir 2 paramètres CL1 et CB10, avec leurs analogues de longueur ou de largeur.

Donc, au sein de l'espèce caprine domestique, une caractéristique importante du crâne est son homogénéité.

Il existe de nombreux os et un grand nombre de mesures qui sont très fortement corrélées, par conséquent de très fortes valeurs de r sont fréquentes. Il est maintenant intéressant d'examiner quelles sont les mesures les mieux corrélées entre elles.

2.1.1.1. Couples de mesures les mieux corrélées

Nous avons choisi de présenter dans le tableau 18 les couples de variables qui ont une valeur de r supérieure à 0,8.

Tableau 18 : Présentation détaillée des couples de variables satisfaisant à la condition (r) dans l'intervalle [0,8 -1] pour les crânes

Variables	$r \geq 0.8$
CL1	CL2, CL7, CL34, CB10, CB18
CL2	CL7, CL20, CL34, CB10, CB18
CL20	CL10, CL34, CB18
CL34	CB18, CB19
CB10	CB14, CB18, CB19
CB19	CB14, CB18

Nous avons remarqué que les couples qui appartiennent à l'intervalle [0,8 -1], c'est-à-dire les mesures les plus fortement liées, font intervenir CL1, CL2, CL20, CL34, CB10, CB14, CB18, CB19, qui sont des paramètres de longueur ou de largeur surtout de la face. Mais les couples qui en résultent, sont formés soit par des variables qui se réalisent dans le même axe ou selon deux axes différents, concernant la même partie de la tête ou les deux parties (face et crâne).

Les valeurs de r sont inférieures à 0.8 pour les autres variables ; CL7, CL10, CL31, CB2, CB3, CB8, CH5, CH6, que l'on peut qualifier : les longueurs de la face, les largeurs et les hauteurs du crâne.

Les os de la face sont plus homogènes d'un individu à l'autre que ceux du crâne.

2.1.1.2. Sélection de mesures

Il nous apparaît important de faire ce choix de quelques mesures représentatives des caractéristiques de l'os parmi les mesures réalisées, car la multiplication de leur nombre alourdit le travail de collecte des données.

- En préambule, on peut signaler que la mesure de la longueur totale (CL1) est toujours un paramètre incontournable. C'est une mesure qui nous renseigne sur l'axe rostro-caudal, il est fortement à très fortement corrélée aux autres mesures et est indispensable à l'appréciation numérique de la finesse de la tête.
- Au niveau de la partie rostrale, on constate que CL7 – CB18 et CL7 - CL31, qui sont deux couples de mesures de la face fortement corrélées sur la tête de la chèvre mais le premier couple ($r = 0,76$) est mieux corrélé que le deuxième couple avec un $r = 0,64$, malgré des valeurs proches de ceux du mouton, mais l'inverse avec un r égal respectivement à 0,70 et 0,82. Il est donc nécessaire de conserver ces trois mesures pour décrire de manière précise l'extrémité rostrale de la tête. Il apparaît donc souhaitable de réaliser systématiquement CL7- CB18 lorsque l'on s'intéresse à l'extrémité rostrale (Fig.45).
- Au milieu de la tête, on dispose de quatre mesures, trois de largeur (CB10, CB14, CB19) et une de la hauteur (CH6). Toutes ces mesures de largeur donnent des couples de même espèce (même axe) fortement corrélés $r > 0,8$. En revanche, les couples mixtes qui font intervenir le CH6, nous renseignent sur la même région selon deux axes différents, ils sont fortement corrélés mais avec des coefficients de corrélation inférieurs aux précédents (0,55, 0,66, 0,68). Il nous semble donc possible de ne conserver que deux couples, l'un d'une même espèce et l'autre mixte, sans perdre beaucoup d'informations, par exemple (CB10 - CB14) et (CB10-CH6) avec un r égal respectivement à 0,87 et 0,68. (Fig. 46)

Chez le mouton, le couple CB10 - CB14 contient une valeur très proche égale à 0,89, mais le couple CB10-CH6 à une valeur plus élevée 0,86.

- Au niveau de la boîte crânienne, des mesures de longueur sont fortement corrélées (CL10, CL20, CL34) avec des valeurs de r égales à 0,79, 0,83, 0,84, mais la seule mesure de la largeur est CB8 modérément corrélée avec ces paramètres, donne une valeur maximale avec CL10, $r = 0,50$.

Nous avons remarqué que la largeur zygomatique CB19, est fortement corrélée avec les mesures de la longueur avec un $0,71 \geq r \leq 0,81$, par rapport à leur position et la connexion de l'arcade zygomatique avec les os du crâne, nous l'avons utilisée comme une largeur ventrale du crâne pour l'appréciation de la boîte crânienne.

Il apparait donc systématiquement souhaitable de réaliser CL10-CL20 et CB19-CL34, lorsque l'on s'intéresse à la boîte crânienne (Fig. 47).

- Au niveau de l'extrémité caudale, les mesures CB2, CB3 et CH5, sont peu corrélées en comparaison avec les autres paramètres de la tête. Mais la corrélation qui existe entre les mesures CH5 et CB2 est très forte ($r = 0,77$). On garde ces mesures pour une précision globale de cette extrémité sans réaliser d'autres mesures plus compliquées qui sont effectuées dans d'autres études (Guintard & al. 2001, Fouché 2006, Guintard & Fouché 2008), puisque ces mesures sont les plus faciles et les plus rapides à obtenir et ont un $|r|$ très élevé, il est proche mais plus élevé que celui du mouton (0,69) (Fouché 2006). (Fig. 48)

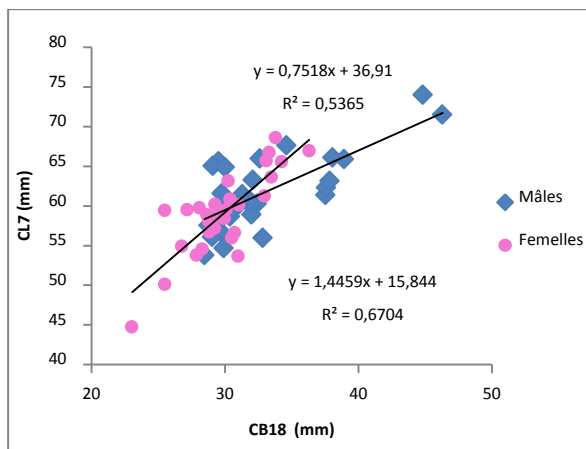


Figure 45 : CL7 =f(CB18) en fonction du sexe

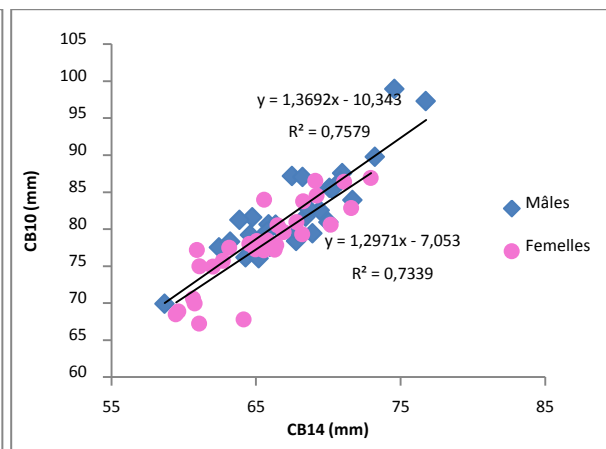


Figure 46 : CB10 =f(CB14) en fonction du sexe

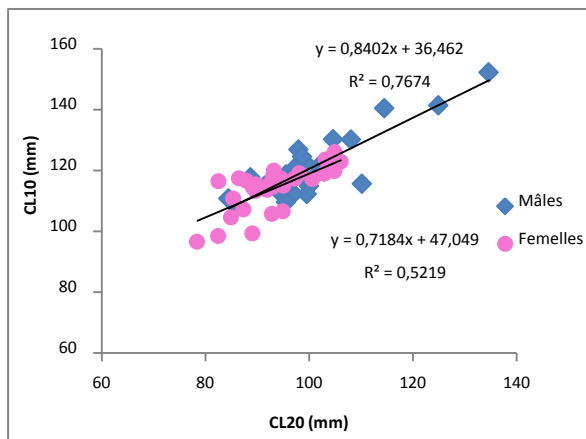


Figure 47 : CL10 =f(CL20) en fonction du sexe

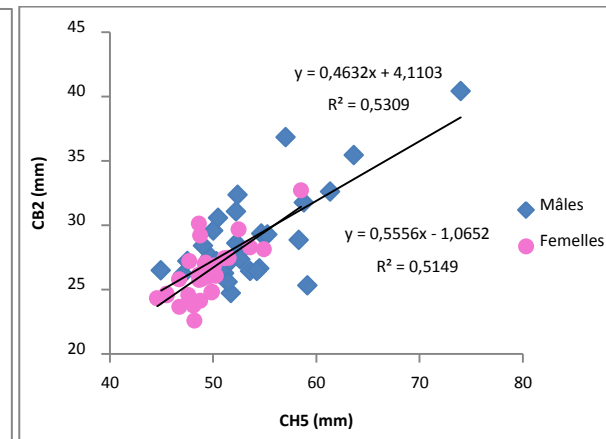


Figure 48 : CB2 =f(CH5) en fonction du sexe

2.1.2. Mandibule

Le tableau 17 nous permet de formuler des observations différentes de celles déjà faites plus haut au sujet du crâne : les coefficients de corrélation des mesures des mandibules sont globalement peu élevés : plus de la moitié (57 %) de ceux-ci sont supérieurs à 0,50, mais on a seulement un seul couple (3,5%) supérieur à 0,80, et 25% inférieurs à 0 (faible

corrélation négative). Ceci reflète une moindre harmonie dans les proportions de la mandibule d'un individu à l'autre. A titre de comparaison, **Fouché (2006)** a trouvé que pour les mesures des mandibules de mouton, 67,6 % sont supérieurs à 0,5 et 50,9 % de ceux-ci sont supérieurs à 0,75, et pas de valeurs négatives. Ces proportions reflètent une grande harmonie dans la constitution des mandibules de mouton, mais ce n'est pas le cas pour les mandibules de la chèvre autochtone.

Cependant, il faut rester prudent lorsque l'on compare ces résultats, car dans l'étude des têtes osseuses de mouton, **Fouché (2006)** a réalisé un nombre de mesures beaucoup plus grand que dans notre étude, donc les coefficients de corrélation sont plus nombreux, il n'est pas vraiment surprenant qu'ils soient plus faibles. En plus, dans notre échantillon, on a deux classe d'âge différentes, avec une différence d'âge atteint parfois à 10 - 11 ans , c'est-à-dire qu'on a tous les aspects de dentition et donc les variations des mesures, par contre dans l'étude de mouton, l'âge est inconnu.

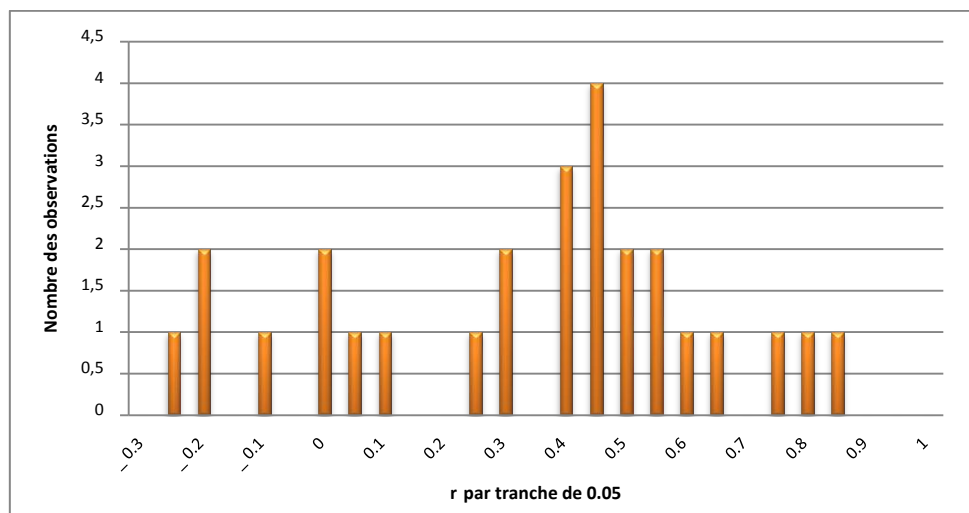


Figure 49 : Distribution de r pour les mesures des mandibules (histogramme)

La représentation graphique utilisée pour visualiser la distribution des coefficients de corrélation relatifs aux mesures des mandibules est du même type que celle utilisée pour les crânes, on se reportera donc au paragraphe suivant pour de plus amples détails sur leur constitution.

- L'appréciation visuelle de la distribution (Fig. 49) confirme l'examen des valeurs numériques des paramètres de position : les coefficients de corrélation sont globalement modérés. Les valeurs de r semble littéralement « se tasser » dans le milieu où les valeurs de coefficient vont de modérées à fortement corrélées.
- La distribution des coefficients n'est pas uni-modale : on distingue aisément trois groupes de valeurs.

* Un premier groupe de faibles valeurs, qui correspond à des coefficients non significatifs (intervalle $[-0,30 - 0,40[$) faisant intervenir le MH7, ML9 et ML8. Ces variables sont celles qui présentent les coefficients de corrélation les plus faibles positives et négatives entre eux et avec les autres.

* Un second groupe de valeurs moyennes ($0,40 \leq r \leq 0,6$), qui regroupe plus d'un tiers des couples de la matrice (35,71 %), correspondant à des couples de variables globalement modérément corrélées

N.B : les paramètres qui font des valeurs des r de l'intervalle $(-0,30 - 0,60)$, sont liés aux mesures de dents.

* Un dernier groupe, des valeurs ($r > 0,60$), correspondant à des couples de variables très fortement corrélées, faisant intervenir trois paramètres ML6 et MB1 et MH1.

Ce sont les paramètres qui résument la constitution morphologique de la mandibule, car ils se déterminent selon les trois axes (hauteur, largeur et longueur) pour différentes parties d'os (branches horizontale et verticale, l'angle qui relie les branches).

Malgré des valeurs modérées de r plus fréquentes, qui montrent une moindre harmonie entre les différentes structures de la mandibule, nous pouvons dire qu'il y a une grande harmonie dans la constitution squelettique de la mandibule, car les mesures des principales parties osseuses selon les trois axes sont très fortement corrélées.

Dans ce chapitre de corrélation de la mandibule, on ne va ni examiner quelles sont les mesures les mieux corrélées entre elles, ni sélectionner les mesures représentatives de l'os. Car les couples ML6-MH1, ML6-MB1, MH1-MB1 qui appartiennent à l'intervalle $[0,7-1]$, sont les mesures les plus fortement liées et les mesures représentatives des différentes parties de l'os. (Fig.50, 51, 52)

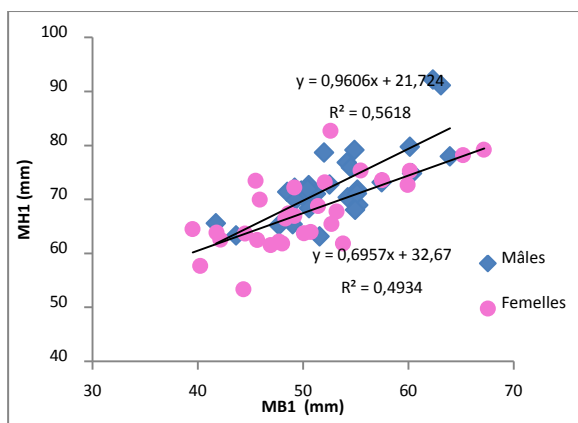


Figure 50 : MH1=f(MB1) en fonction du sexe

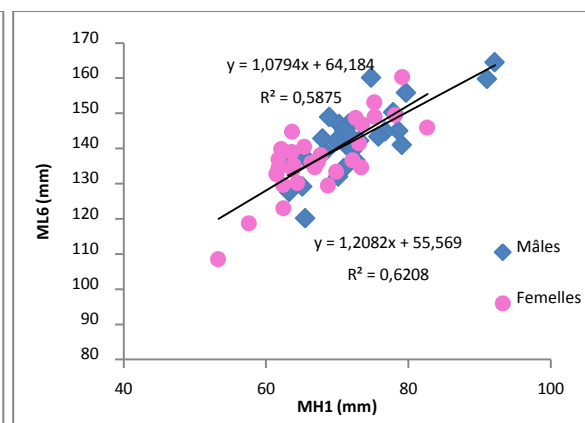


Figure 51 : ML6=f(MH1) en fonction du sexe

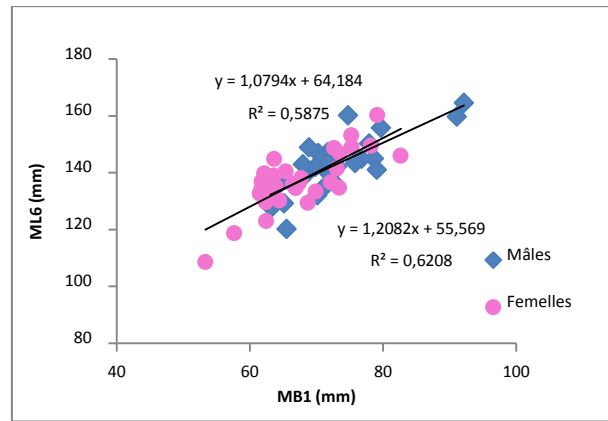


Figure 52 : ML6=f(MB1) en fonction du sexe

Ces couples ayant des valeurs de r égales respectivement à 0,79, 0,84, 0,73, et chez le mouton, ayant des valeurs légèrement supérieures aux précédentes, sont 0,91, 0,91, 0,84 (Fouché 2006).

A côté de ces mesures, nous avons ajouté deux autres couples ayant des valeurs de r négatives, (MB1-MH7) et (ML6-MH7), car ces valeurs confirment nos hypothèses précédentes (chez les individus adultes, il y'a une augmentation des valeurs moyennes de ML6 et MB1 et l'inverse, une diminution de la valeur moyenne de MH7 après l'âge de 4 ans). (Voir chapitre étude univariée de la mandibule) (Fig. 53)

Chez la chèvre, ces couples de variables présentent une faible corrélation négative avec r égal à -0,27 et -0,23 respectivement pour (MB1-MH7) et (ML6-MH7), contrairement chez le mouton, où ils sont fortement corrélés r= 0,72 et 0,79.

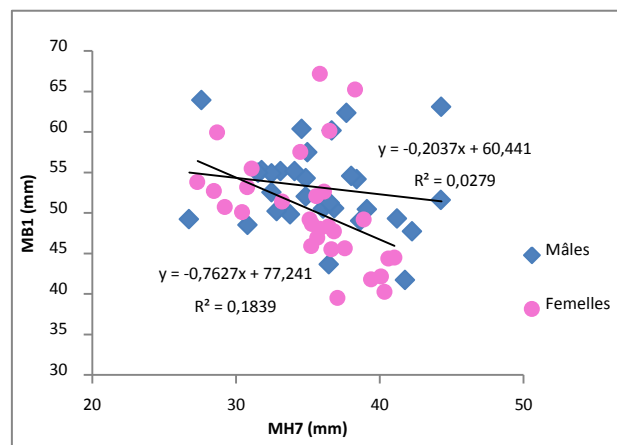


Figure 53: MB1=f(MH7) en fonction du sexe

2.1.3. Métacarpe

Le simple examen du tableau 17 nous permet d'affirmer que tous les coefficients de corrélation des mesures des métacarpes sont très élevés et supérieurs à 0,80. Ceci reflète

une grande harmonie dans les proportions du métacarpe d'un individu à l'autre. A titre de comparaison, **Lallemant (2002)**, pour les mesures des métapodes de mouton, obtenait les trois quarts supérieurs 0,65 et la moitié est supérieure à 0,79, et **Babelhadj (2012)**, dans les métapodes de dromadaire de la race sahraoui, trois quart des coefficients de corrélation sont supérieurs à 0,65 et la moitié est supérieure à 0,82, ou encore, pour les métacarpes de la chèvre (**Ridouh 2014**), les deux tiers de ceux-ci sont supérieurs à 0,50 et presque la moitié est supérieure à 0,80.

Les métacarpes de notre échantillon sont plus homogènes que ceux des autres Ruminants étudiés et même lorsqu'on compare ces résultats avec ceux de la chèvre autochtone, on explique cette homogénéité d'un côté, par l'effet de l'âge qui a été déjà mis en évidence dans le chapitre précédent, puisque notre échantillon est formé par des individus terminant leur croissance, par contre l'autre échantillon contient des individus juvéniles, et de l'autre côté, par l'élimination des indices dans cette matrice et qui sont globalement peu corrélés.

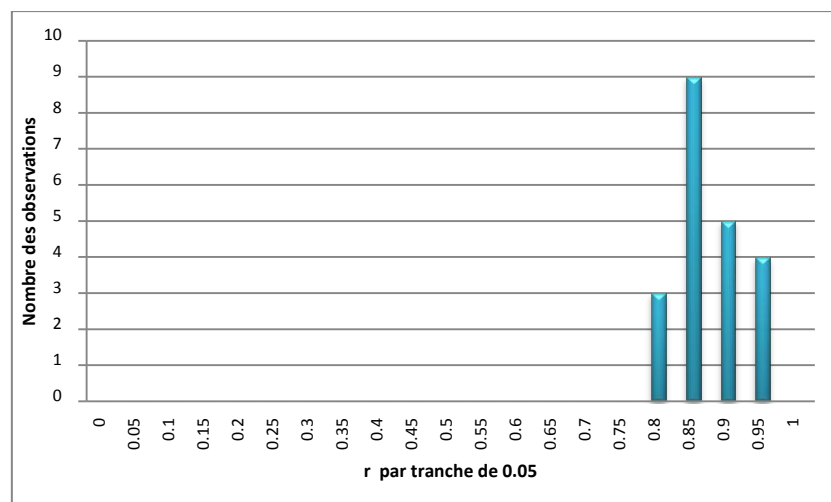


Figure 54 : Distribution de $|r|$ pour les mesures de métacarpes (histogramme)

La représentation graphique utilisée pour visualiser la distribution des coefficients de corrélation relatifs aux mesures des métacarpes est du même type que celle utilisée pour les précédents os.

- L'appréciation visuelle de la distribution (Fig.54) confirme l'examen des valeurs numériques des paramètres de position. Les valeurs de r semble littéralement « se tasser » vers l'abscisse 1, qui peut être assimilée à un « mur de droite ». Ce mur de droite, dans le cadre de l'étude des corrélations, représente un seuil de corrélation maximale
- La distribution des coefficients montre un seul groupe de valeurs très élevées, qui correspond à des coefficients très élevés $[0,8 - 1]$.

Nous considérons qu'au sein de l'espèce caprine domestique, une caractéristique importante du métacarpe est son homogénéité.

Donc, sans examiner quelles sont les mesures les mieux corrélées entre elles, ni de choisir les mesures représentatives des caractéristiques de l'os, il apparaît souhaitable de réaliser systématiquement toutes ces mesures. Nous pouvons faire la sélection ultérieurement ou bien choisir des mesures selon leur corrélation avec les mesures du crâne et de la mandibule (s'il y a une différence dans la corrélation avec les mesures des autres os).

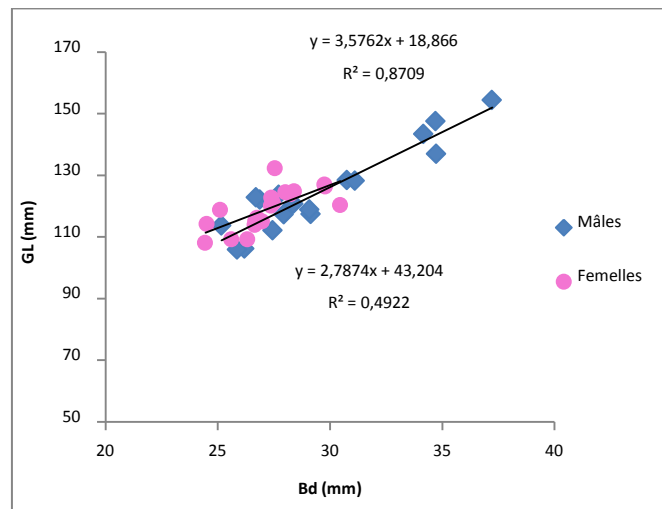


Figure 55 : $GL=f(Bd)$ en fonction du sexe

2.2. Coefficient de corrélation des paramètres ostéométriques entre eux

Les coefficients de corrélation entre variables ostéométriques des différents os forment des matrices qui sont regroupées dans l'annexe III.

Chez les ruminants, d'une façon générale, le métapode ou os canon, est un élément du squelette suffisamment solide pour être régulièrement retrouvé entier ou peu altéré lors des fouilles archéologiques. Cette caractéristique se retrouve chez les caprins (Pazvant & al. 2015), tout comme pour le bœuf (Berteaux & al. 1995, Daas & Djebir 2005, Davis & al. 2012, Deghfel & Merir 2006, Fock 1966, Forest & Rodet-Belarbi 2000, Guintard 1991, 1993, 1996, 1997, 1998, Wiig 1985), le mouton (Alpak & al. 2009, Guintard & Betti 1999, Guintard & Lallemand 2003, Guintard & Tekkouk-Zemmouchi 2010, Prummel & Frisch 1986, Rosset & al. 2002) ou le dromadaire (Adamou & al. 2013, Babelhadj & al. 2016).

Il est très intéressant de trouver de fortes corrélations entre le métacarpe et la tête, par rapport à sa fréquente présence dans les sites d'une part, et d'autre part, à la facilité de la réalisation de ses mesures.

Une première analyse des matrices de corrélation des paramètres ostéométriques du métacarpe et de la tête chez la chèvre, a démontré que le métacarpe était en mesure d'apporter des informations intéressantes sur les mesures du crâne et celles de la mandibule.

Le tableau 19 présente la répartition des coefficients de corrélation de chaque matrice des paramètres ostéométriques entre eux dans les différents intervalles : [-0,3 - 0[, [0 - 0,3[, [0,3 - 0,5[, [0,5- 0,8[et [0,8- 1].

Tableau 19 : Répartition des coefficients de corrélation (r) des différentes matrices

r	Paramètres ostéométriques		
	Crâne - mandibule	Crâne- métacarpe	Mandibule – métacarpe
[-0,3 - 0[	n = 13 10 %	-	-
[0 - 0,3[	n = 21 17 %	-	n = 11 20 %
[0,3 - 0,5[	n = 37 29 %	-	n = 12 21 %
[0,5- 0,8[	n = 54 42 %	n = 99 88 %	n = 33 59 %
[0,8- 1]	n = 3 2 %	n = 13 12 %	-
Total	n = 128	n = 112	n = 56

r= Valeur du coefficient de corrélation de Pearson.

n = Effectif des couples de mesures de la matrice ayant un coefficient de corrélation inclu dans l'intervalle spécifié.

Le simple examen du tableau 19 nous permet d'affirmer que la matrice de corrélation des mesures « métacarpe – crâne » est pourvue de coefficients de corrélation très élevés, tous sont supérieurs à 0,50 et 12% de ceux-ci sont supérieurs à 0,80.

En deuxième position, c'est la matrice « métacarpe-mandibule » avec 59 % des coefficients dans la fourchette [0,5 – 0,8], sans qu'il y ait de valeurs faibles ($r < 0,30$), ni des valeurs très élevées ($r > 0,80$).

Enfin la matrice « crâne – mandibule », occupe la troisième position avec 45% des coefficients $\geq 0,5$, et 2,3% de ceux-ci sont $\geq 0,8$, en opposition de 55% $< 0,5$, et 10% de ceux-ci sont des valeurs négatives ($r < 0$).

Ceci reflète une grande harmonie dans les proportions du métacarpe avec celles des os de la tête d'un individu à l'autre.

Comme précédemment, un histogramme a été utilisé pour obtenir une appréciation visuelle de la distribution. (Fig. 56)

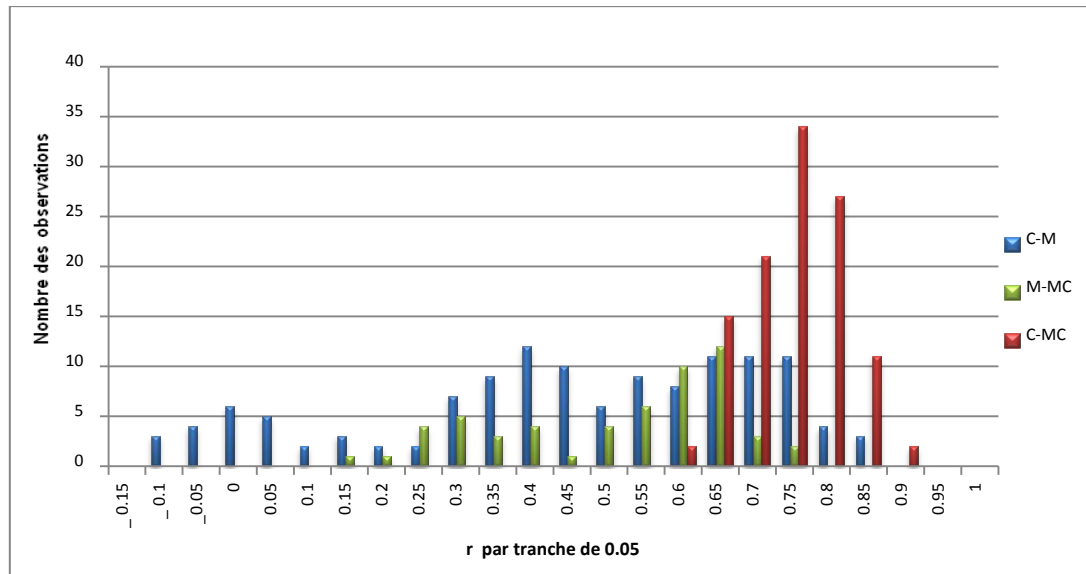


Figure 56: Distribution de r pour les mesures des différents os entre eux (histogramme)

L'appréciation visuelle de la distribution confirme l'examen des valeurs numériques des paramètres de position et nous donne l'impression que c'est une confusion des trois histogrammes précédents.

a) Matrice crâne – mandibule (C - M)

La distribution des coefficients n'est pas uni-modale : on distingue aisément trois groupes de valeurs.

- Un premier groupe de faibles valeurs, qui correspond à des coefficients non significatifs (intervalle $[-0,15 - 0, 1[$), faisant intervenir des paramètres de la mandibule ML9 et MH7. Ces variables sont les mêmes qui présentent les coefficients de corrélation les plus faibles dans la matrice de la mandibule.
- Un second groupe de valeurs moyennes ($0, 1 \leq r < 0,50$), correspondant à des couples de variables faibles à modérément corrélés, faisant intervenir des paramètres de la mandibule ML8 et MH8, et ceux du crâne ; CB2, CB3, CB8, CH5 et parfois CL31 et CH6. Ce qui est exceptionnel, c'est que quelques couples formés par ces variables sont fortement corrélés entre eux, par exemple, MH8 avec CB2, CH5 et CH6 avec des valeurs de r égales respectivement à 0,61, 0,63 et 0,69.
- Un dernier groupe, des valeurs ($r \geq 0,50$), correspondant à des couples de variables fortement corrélés, faisant intervenir les autres paramètres du crâne et de la mandibule. (Fig.57)

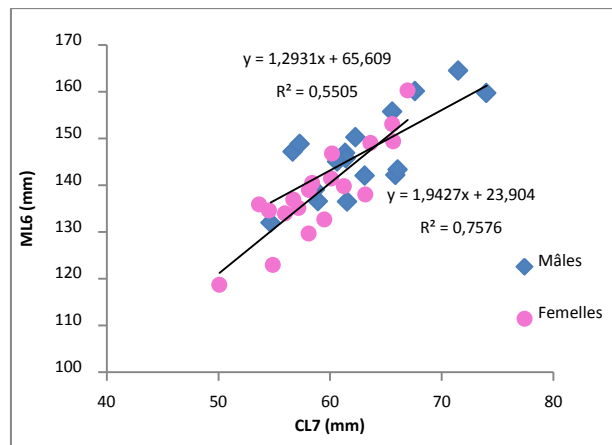


Figure 57 : ML6=f(CL7) en fonction du sexe

b) Matrice métacarpe – mandibule (MC - M)

La distribution des coefficients n'est pas uni-modale : deux groupes de valeurs sont aisément distingués et correspondent aux deux derniers groupes de la matrice précédente.

- Un groupe de valeurs moyennes ($0, 1 \leq r < 0,50$), correspondant à des couples de variables faibles à modérément corrélés, faisant intervenir seulement des paramètres de la mandibule MB1, MH7, ML9 et parfois ML6.
- Un autre groupe, des valeurs ($r \geq 0,50$), correspondant à des couples de variables fortement corrélés, faisant intervenir les autres paramètres de la mandibule et tous les paramètres du métacarpe. (Fig.58)

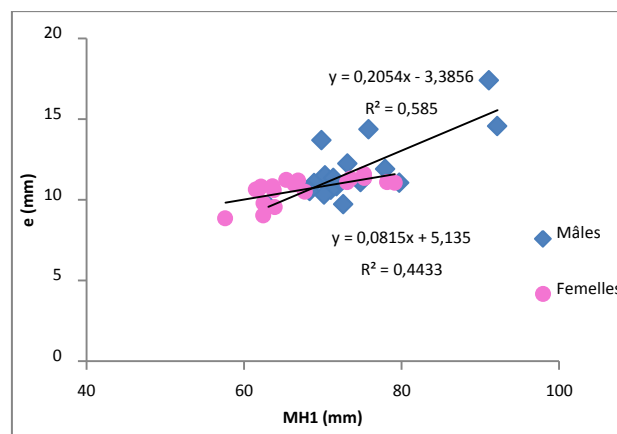


Figure 58 : e=f(MH1) en fonction du sexe

c) Matrice métacarpe –crâne (MC – C)

La distribution des coefficients est uni-modale : un seul groupe de valeurs correspond au dernier groupe des matrices précédentes, des valeurs ($r \geq 0,50$), correspondant à des

couples de variables fortement corrélés, c'est-à-dire que tous les paramètres du métacarpe sont fortement corrélés avec ceux de crâne. (Fig. 59)

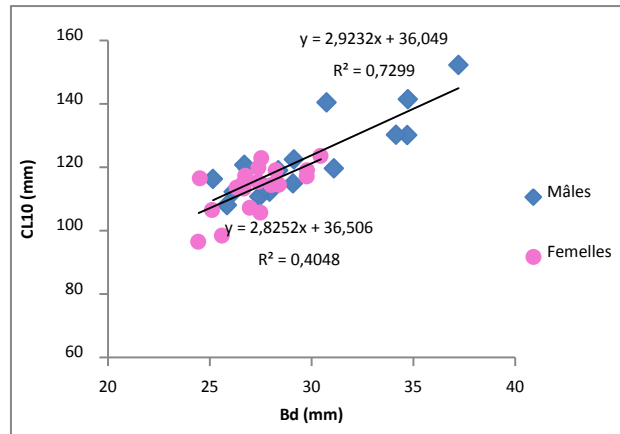


Figure 59 : CL10=f(Bd) en fonction du sexe

L'étude des trois matrices nous permet de constater que :

- * La corrélation d'un paramètre est différente d'une matrice à une autre, exemple : MH7 et ML9 participent à la formation des couples correspond à des coefficients non significatifs (intervalle $[-0,15 - 0, 1[$) avec tous les paramètres du crâne, par contre, avec ceux du métacarpe, ils donnent des coefficients faibles à modérés ($0,1 \leq r < 0,5$).
- * Tous les paramètres qui forment les couples les mieux corrélés à l'intérieur de chaque os sont les mêmes, les plus fortement corrélés à l'extérieur de l'os, c'est-à-dire avec les paramètres des autres os. Sauf pour la matrice « mandibule-métacarpe », on peut ajouter d'autres paramètres de la mandibule ML8, MH8 et MH9 qui sont modérément corrélés avec les autres paramètres du même os, mais fortement corrélés avec les mesures du métacarpe.
- * Tous les paramètres du métacarpe sont fortement corrélés avec la quasi-totalité des paramètres de la mandibule et avec tous les paramètres du crâne, avec des valeurs maximales par l'intervention du paramètre e.

Les très fortes valeurs de r sont fréquentes, puisqu'elles existent dans toutes les matrices et parfois formées de la moitié ou toute la matrice, et par conséquent les trois os sont homogènes au sein de l'espèce caprine domestique et surtout du métacarpe avec le crâne.

3. Coefficient de corrélation et de régression linéaire pour les paramètres biométriques et ostéométriques

Certains paramètres ostéométriques sont bien corrélés avec des paramètres biométriques ($r > 0,6$), ce qui permet d'envisager, par exemple pour le poids de carcasse

(Pcar), le poids du métacarpe (PMC) ou de celui de la mandibule (PM), des équations de régressions linéaires à partir de l'épaisseur ou la largeur de la diaphyse du métapode (d, e) , de la largeur incisive dorsale, de la longueur du crâne (CB18, CL1) ou de la hauteur mandibulaire (MH9).

Le tableau 20 présente la répartition des coefficients de corrélation de chaque matrice des paramètres biométriques et ostéométriques dans les différents intervalles : [0,1– 0,3[, [0,3 - 0,6[, [0,6 - 0,9[, [0,9 – 1].

Tableau 20 : Répartition des coefficients de corrélation (r) des différentes matrices des paramètres biométriques et ostéométriques

r	Paramètres biométriques avec les paramètres ostéométriques		
	Du crâne	De la mandibule	Du métacarpe
[0,1- 0,3[	-	n = 5 21 %	-
[0,3 - 0,5[	n = 2 4 %	n = 6 25 %	-
[0,5- 0,8[	n = 37 77 %	n = 13 54 %	n = 5 24 %
[0,8- 1]	n = 9 19 %	-	n = 16 76 %
Totale	n = 48	n = 24	n = 21

r = Valeur du coefficient de corrélation de Pearson.

n = Effectif des couples de mesures de la matrice ayant un coefficient de corrélation inclu dans l'intervalle spécifié.

A l'étude de ce tableau, nous pouvons constater que ;

* Tous les coefficients de corrélation des couples faisant intervenir les paramètres ostéométriques du métacarpe et 96% des coefficients faisant intervenir ceux du crâne sont supérieurs 0,5.

* Les deux premiers intervalles ne se composent pas en grande partie de valeurs non significatives, les coefficients relatifs de ces couples ne sont pas analysés mais seulement cités ou signalés qu'ils sont faibles ou modérés.

* La quasi-totalité des couples de variables présentant un coefficient de corrélation non significatif fait intervenir le poids de la mandibule (PM) et les paramètres ostéométriques de la mandibule surtout ML9 et MH7.

* Les paramètres ostéométriques de la mandibule n'interviennent pas dans les couples de variables présentant une corrélation très forte ($r > 0,8$).

Donc, les paramètres ostéométriques et biométriques de la mandibule sont moins corrélés aux paramètres biométriques de ceux du crâne et du métacarpe, car ils sont influencés par la dentition.

3.1. Couples de mesures les mieux corrélées

On a choisi de présenter dans le tableau 21 les couples de variables qui ont une valeur de r supérieure à 0,8.

Tableau 21 : Présentation détaillée des couples de variables satisfaisant à la condition (r) dans l'intervalle [0,8 -1] pour les paramètres biométriques et ostéométriques

Variables	r > 0,8
Pcar	CL2, CL10, CL20, CB10, CB18, CB19, GL, Bp, Dp, d, e, Bd, Dd
PM	d, e
PMC	CL10, CL20, CL31, GL, Bp, Dp, d, e, Bd, Dd

Il nous apparaît important de faire ce travail de sélection parmi les mesures réalisées, car la multiplication de leur nombre alourdit le travail de collecte des données. (Fig. 60, 61)

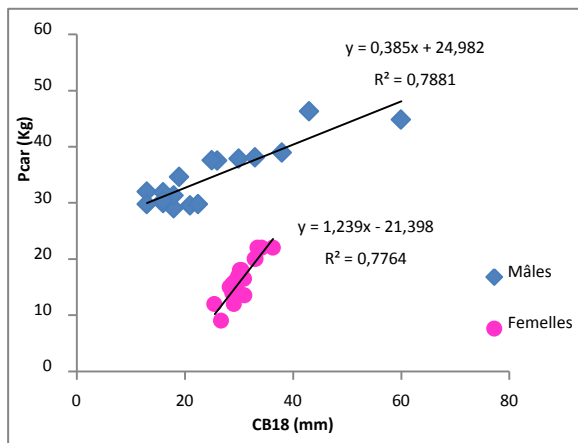


Figure 60 : Pcar=f (CB18) en fonction du sexe

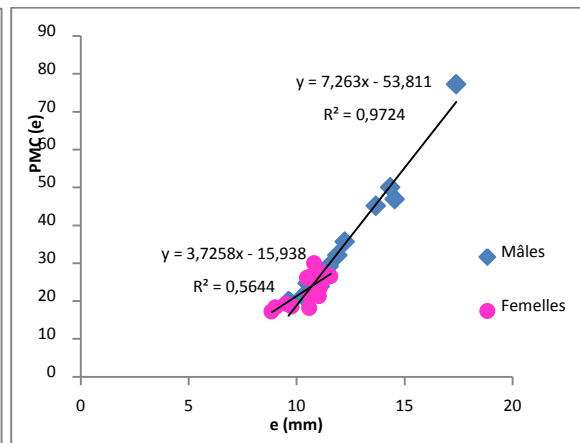


Figure 61 : PMC=f (e) en fonction du sexe

Les paramètres ostéométriques les mieux corrélés avec les paramètres biométriques sont ceux du crâne et surtout du métacarpe.

Nous pouvons passer à une conclusion plus générale ; les paramètres les mieux corrélés sont les mêmes soit avec les paramètres ostéométriques du même os ou d'un autre os, soit avec les paramètres biométriques. C'est le cas des paramètres du métacarpe, ce qui nous permet de pouvoir apprécier toutes les valeurs des paramètres ostéométriques ou biométriques du crâne et de la mandibule à partir du métacarpe.

L'archéozoologue aime bien avoir une idée de la dispersion des valeurs des mâles et des femelles pour des paramètres simples et toujours mesurés (comme les longueurs

maximales, les largeurs ou les indices de gracilité de la diaphyse). Toutes les figures permettent de visualiser cela et sont informatives. Dans tous les cas, les valeurs les plus petites appartiennent à des femelles et les plus importantes à des mâles, mais la plupart des données se retrouvent dans une zone de superposition et il y a une continuité biologique entre les valeurs des mâles et celles des femelles.

4. Coefficient de corrélation et de régression linéaire pour les paramètres biométriques et ostéométriques avec l'âge

La corrélation entre les paramètres mesurés, les indices ou les rapports calculés et l'âge des animaux, après avoir réalisé deux classes d'âge (une classe d'animaux jeunes adultes (2- 4ans) et une classe d'individus adultes ou vieux (> 4 ans)), met en évidence que certains facteurs sont corrélés positivement avec l'âge, comme CB10, CB14, CB19, ML6, MH1, MB1; d'autres sont corrélés négativement, comme MH7 et RM1, et la majorité sont peu ($|r| < 0,35$) ou non corrélés ($|r|$ voisin de 0) avec l'âge (annexe III). Une régression linéaire entre chacun des paramètres linéaires les mieux corrélés ($|r| > 0,35$) et l'âge de l'animal a été réalisée (Tab.22), pour les mâles et les femelles, ce qui permet de pouvoir apprécier la valeur de ce paramètre en fonction de l'âge.

Tableau 22 : Valeurs des coefficients de régression linéaires entre l'âge et les paramètres par os qui lui sont le mieux corrélés ($|r| > 0,35$)

		CB 10	CB14	CB19	ML6	MH1	MH7	MB1	RM1
Mâles (n=30)	b	- 6,3895	-16,067	- 8,5535	- 11,428	- 5,3514	18,921	- 5,804	15,842
	a	0,1454	0,3197	0,1374	0,1193	0,1505	-0,3707	0,2146	-0,4057
Femelles (n=30)	b	- 18,549	-19,504	- 17,864	- 13,898	- 8,5197	22,792	- 8,588	18,264
	a	0,3141	0,3882	0,2434	0,144	0,2128	-0,4793	0,2875	-0,4776
Population (n=30)	b	- 9,0249	- 14,85	- 9,7585	- 10,989	- 4,8612	15,823	- 6,7314	16,966
	a	0,1843	0,3093	0,1546	0,1195	0,151	-0,2853	0,2411	-0,4387

b: Ordonnée à l'origine ; a: Coefficient directeur de la droite de régression (pente) ; âge= aX+b

III. Analyse multivariée

1. Analyse en composantes principales du crâne

Le calcul des axes a été effectué à partir de tous les individus de notre échantillon, pour les seize variables du crâne effectuées, les rapports calculés et même le sexe et l'âge. Les deux premiers axes (appelés F1 et F2) permettent d'expliquer 72,85% de la variabilité totale de l'échantillon, on a atteint un résultat satisfaisant pour une interprétation correcte de cette analyse. Ainsi, si on prend les trois premiers axes (appelés F1, F2 et F3), cela nous permet d'expliquer 81,85% de la variabilité totale de l'échantillon. La contribution de chaque variable aux axes a été représentée sur la figure 62 (les données chiffrées sont fournies en annexe IV).

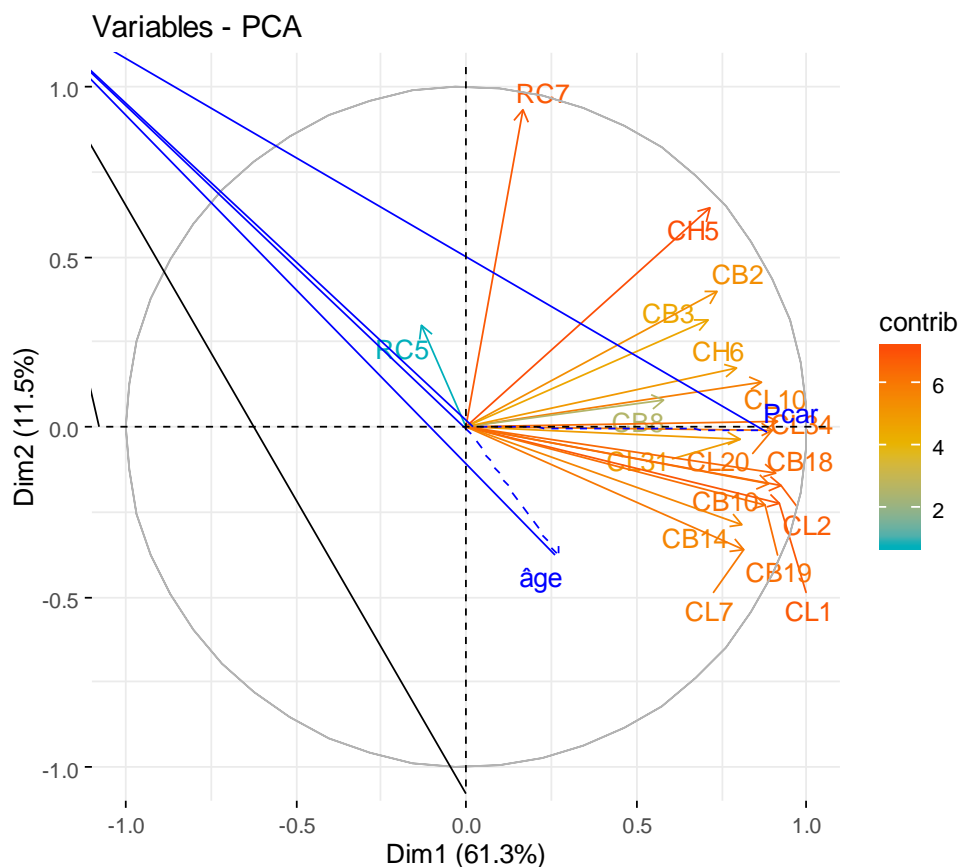


Figure 62 : Contribution des variables pour le crâne aux axes F1 et F2 de l'ACP (Analyse en Composantes principales) : 20 variables, 60 individus. F1= axe de taille générale du crâne. F2= axe de forme du crâne

Grâce à ces représentations, les différences de contribution des variables dans la formation des axes sont immédiatement visualisées. L'axe F1 regroupe la majorité des variables qui contribuent toutes à cet axe dans le même sens, autre que les rapports et a moindre degré les mesures qui interviennent dans le calcul des rapports, l'axe F1 est donc un axe de taille en morphométrie. Plus on se déplace vers la droite sur l'axe F1, plus le

crâne est grand dans sa globalité. Dans notre cas, cet axe explique un pourcentage de variance qui indique clairement que la taille globale de la tête osseuse représente une grande proportion de la variance totale.

L'axe F2 fait principalement intervenir le rapport RC7 et la hauteur CH5, et à moindre degré l'autre rapport RC5 et CB8 qui interviennent crucialement dans la constitution de l'axe 3.

Les axes F2 et F3 sont donc des axes de forme. RC7 est le rapport de la hauteur trou occipital – crête nuchale (CH5) à la grande longueur du crâne (CL1). RC5 est le rapport de la largeur du neurocrâne (CB8) à la grande longueur (CL1). Lorsque les valeurs sur les axes F2, F3 augmentent (augmentation de RC7 et RC5), cela signifie que la tête devient plus massive : à longueur constante, la hauteur et la largeur du neurocrâne augmentent.

Pour les variables quantitatives supplémentaires qui concourent à la formation des axes différents, le poids de la carcasse suit la majorité des variables et intervient à l'axe F1, donc plus le poids augmente, plus la taille de la tête augmente. Par contre, l'âge est corrélé beaucoup plus à l'axe 2 mais négativement, donc plus l'âge augmente, plus le rapport RC7 diminue (c'est-à-dire la hauteur de neurocrâne CH5 arrête de croître mais la taille de la tête continue d'augmenter où il y a une augmentation de la grande longueur CL1, ce qui engendre une diminution de RC7). (Fig.62)

Les variables de taille représentent donc bien la variabilité de taille de l'échantillon avec un pourcentage de 61,3 % et les rapports ajoutent des informations de forme (11,5%).

Si on compare notre résultat 72,85% avec ceux des crânes des moutons 89,26% (Fouché 2006) et des bovins 90,7% (Guinard & al. 2001), on constate que la variabilité de notre échantillon est moindre. Cette diminution est expliquée, d'un côté, par l'utilisation dans l'étude des bovins des variables des indices d'incurvation des cornes (la forme des cornes) qui représentent une grande variabilité, De l'autre côté, dans notre étude, les variables RC5 et CB8 interviennent principalement dans la constitution de l'axe 3, ce qui augmente le pourcentage à 81,85% de la variabilité totale de l'échantillon.

L'intérêt est donc ici, de pouvoir disperser les individus en groupes de sexe ou d'âge similaires et pourquoi pas les deux en même temps dans le plan factoriel principal (I-II) grâce à leur contribution, pour mettre en évidence l'effet de l'âge et du sexe sur la forme de l'os et la visibilité de dimorphisme sexuel.

Figure 63 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres du crâne, chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens

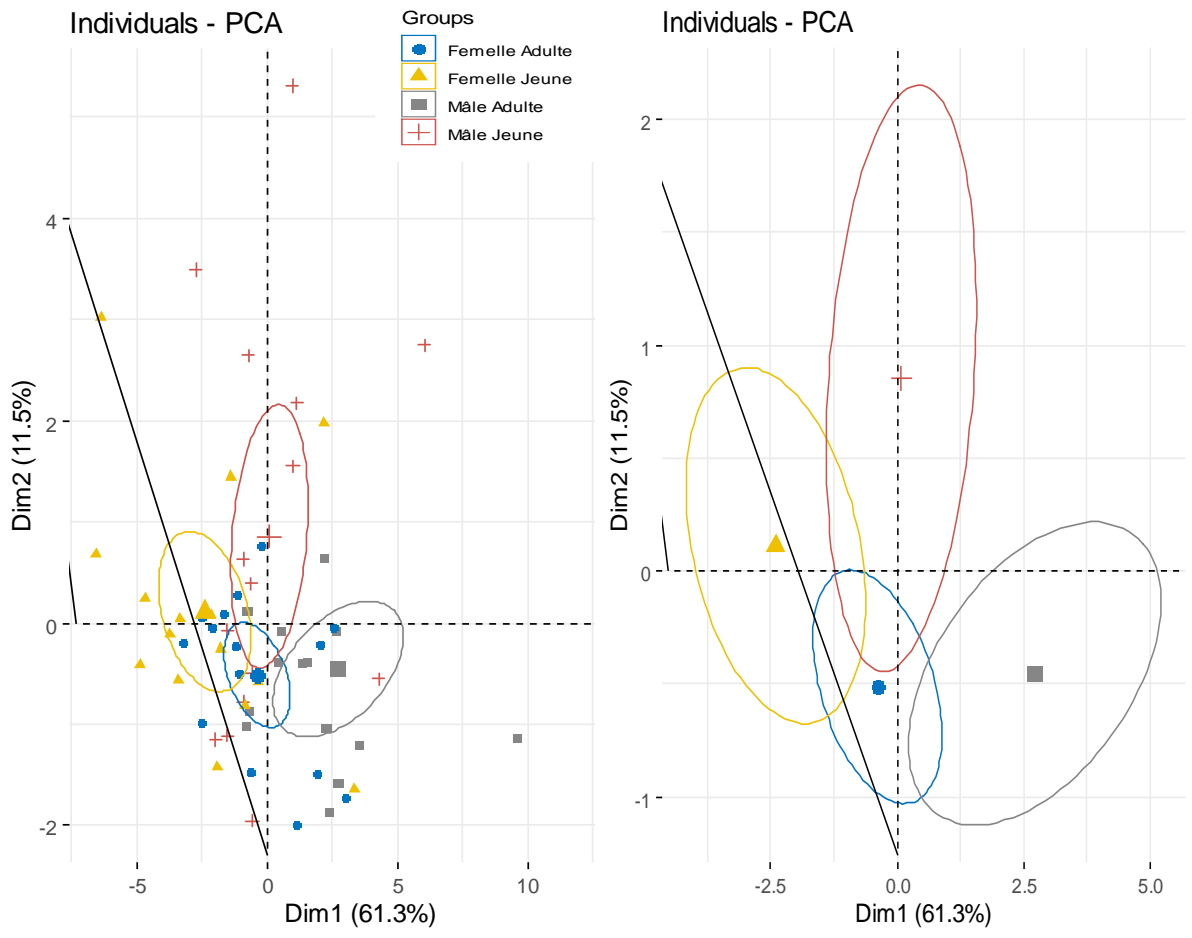


Figure 63 : A : Selon l'âge et le sexe

Le nuage de points qui visualise la dispersion des individus de l'échantillon dont le sexe et l'âge sont connus (quatre classes) sur le plan factoriel principal F1/F2 (Fig. 63), montre une dispersion continue des mâles et des femelles, des adultes et des jeunes adultes tout au long des axes I et II. Les quatre ellipses de confiance sont toutefois jointes.

Le point moyen des mâles adultes présente une abscisse significativement supérieure à 0 et une ordonnée significativement négative (l'axe des abscisses traverse l'ellipse correspondante). Pour le point moyen des mâles jeunes, il se situe sur l'ordonnée, donc l'abscisse non différente de 0 mais l'ordonnée est significativement positive (l'axe des ordonnées traverse l'ellipse correspondante). Enfin, pour les femelles, les points moyens des jeunes ou des adultes ont tous les deux une abscisse significativement négative, mais l'ordonnée est positive pour les jeunes et négative pour les adultes.

Si l'on observe la dispersion des jeunes mâles, on s'aperçoit que la quasi-totalité d'entre eux tombent dans la zone de variabilité des femelles, et son ellipse de confiance est jointe

avec celle des femelles, ce qui est une constante chez les ongulés. En revanche, l'ellipse des mâles adultes montre une petite zone de continuité (de chevauchement) avec celle des femelles adultes.

Si l'on intègre les deux variables, sexe et âge séparément, la dispersion des individus est toujours continue tout au long des axes I et II, mais les deux ellipses montrent ainsi une ségrégation nette à partir de deux groupes par les mesures des crânes.

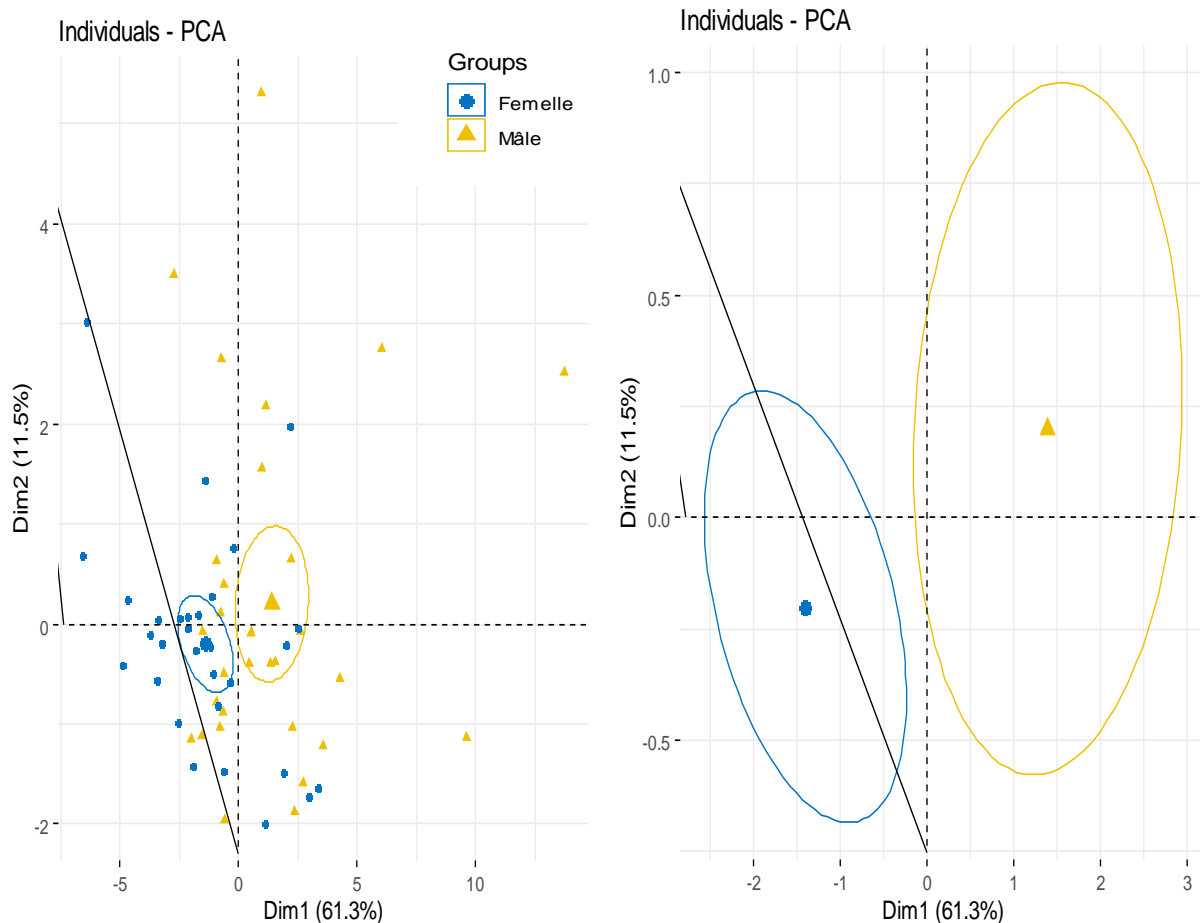


Figure 63 : B : Selon le sexe

Considérant le sexe, dans la figure 63 B, une ségrégation selon le sexe est observée et les nuages des points des individus mâles et femelles se distinguent uniquement sur l'axe 1 (axe dit de taille). Les points représentant les femelles sont majoritairement dans le demi-plan gauche par leurs abscisses négatives tandis que les mâles sont majoritairement dans le demi-plan droit par leurs abscisses positives. Les ellipses de confiance des deux groupes sont disjointes, ce qui signifie que les points moyens de chacun de ces groupes dans ce premier plan factoriel sont dans des positions significativement différentes. De plus, les coordonnées de ces points sont significativement différentes de 0, propriété qui permet de valider la bonne ségrégation de ces groupes par cette analyse. Les coordonnées de ce point

et pour femelles sont significativement inférieures à 0 tandis que les coordonnées du centre de gravité des mâles sont significativement positives.

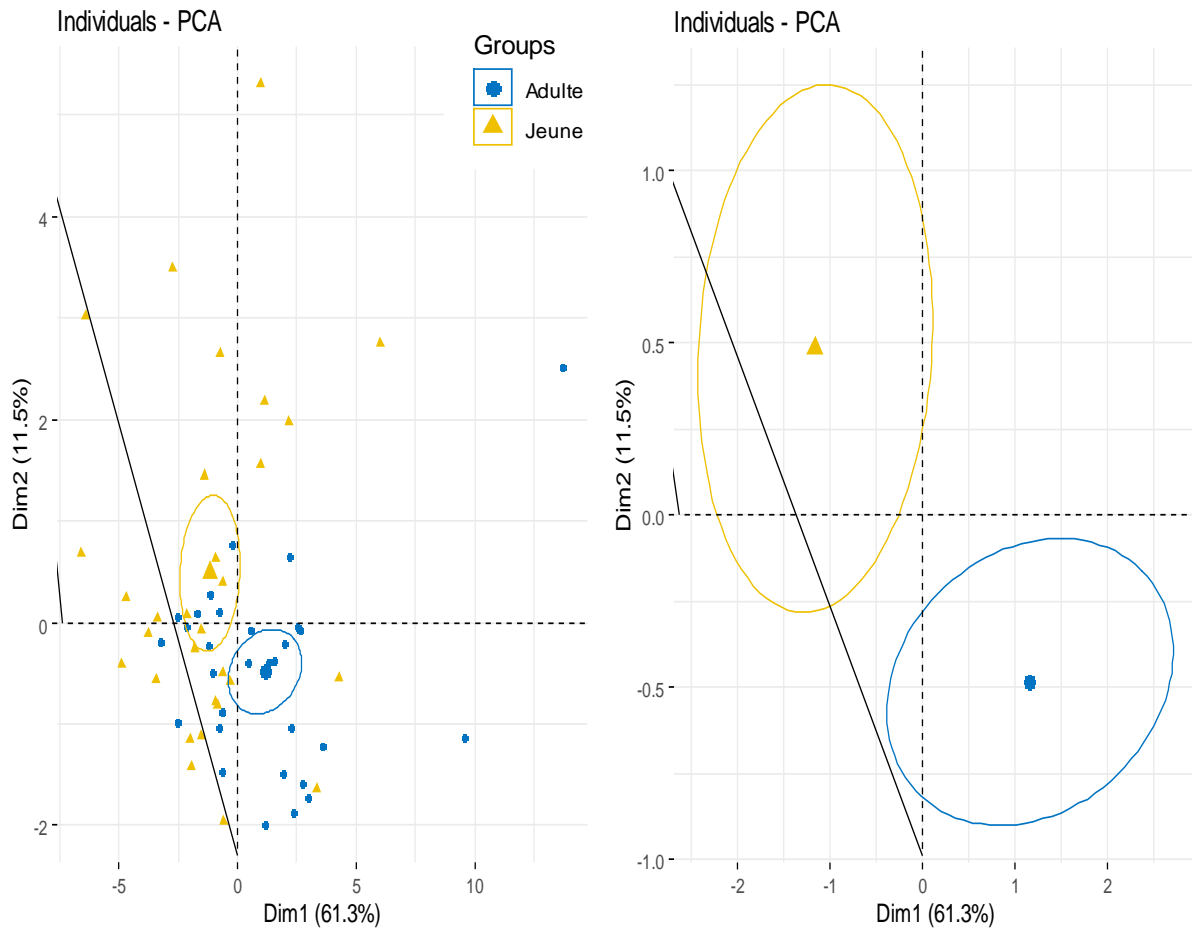


Figure 63 : C : Selon l'âge

En revanche, lorsque la population est divisée selon l'âge, les points représentant les adultes individus sont préférentiellement au dessous du premier axe, leurs ordonnées étant inférieures à 0, alors que les jeunes sont majoritairement au dessus avec des ordonnées positives. Sur l'axe 1 (axe dit de taille de façon classique en morphométrie), on ne peut séparer les deux populations (Fig. 63 C), la dispersion des points de chacun de ces nuages étant du même ordre, mais on les sépare par axe 2 (axe dit de forme). Ces résultats sont confirmés par une forte corrélation négative de l'âge avec l'axe 2 dans le cercle de corrélation (Fig. 62).

Le point moyen des adultes présente une abscisse significativement supérieure à 0 et une ordonnée significativement inférieure à 0 (l'axe des abscisses traverse l'ellipse correspondante). Pour le point moyen des jeunes, c'est l'inverse, donc l'abscisse est négative et l'ordonnée est significativement positive.

La fusion de la dispersion des points des individus, les centres de gravité et la contribution des variables sur le plan factoriel principal F1/F2, nous montre ainsi que :

- Les deux classes d'âge diffèrent essentiellement par les mesures de forme RC7 et CH5 (Fig. 63 C), tandis que les femelles et les mâles diffèrent par les variables de taille. (Fig.63 B)
- Les mâles sont pourvus de grandes et massives têtes, pour les femelles, c'est l'inverse, des petites et fines têtes.
- Les adultes sont pourvus des grandes têtes dans leur ensemble, mais les jeunes pourvus des petites têtes, avec des neurocrânes développés et massifs.

Les résultats de cette étude viennent compléter les données préliminaires obtenues et montrées dans les chapitres précédents (études univariée et bivariée).

2. Analyse en composantes principales de la mandibule

De même que le crâne, les axes de l'ACP sont calculés à partir des mesures de tous les individus de notre échantillon, pour les neuf variables de la mandibule, les rapports et même le sexe et l'âge.

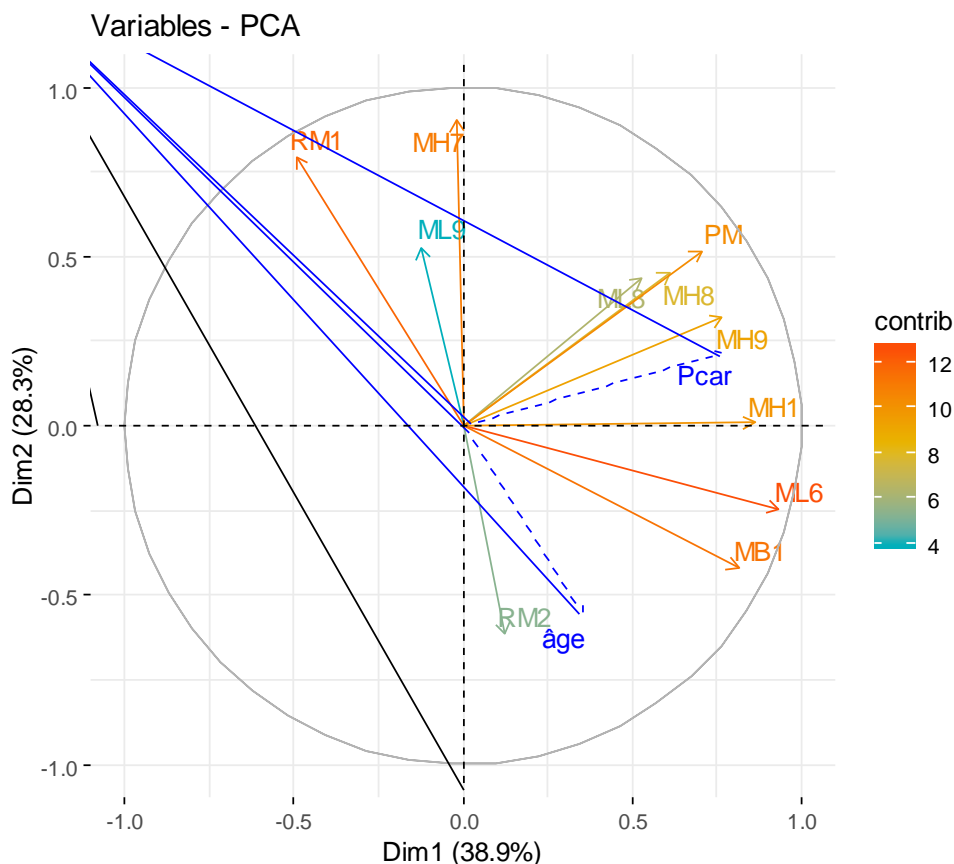


Figure 64 : Contribution des variables pour la mandibule aux axes F1 et F2 de l'ACP (Analyse en Composantes principales) : 13 variables, 60 individus. F1= axe de taille générale de la mandibule. F2= axe de forme de la mandibule

La variabilité obtenue sur les deux premiers axes permet d'expliquer 67,18% de la variabilité totale de l'échantillon, ainsi, les trois premiers axes (appelés F1, F2 et F3) permettent d'expliquer 78,72% de la variabilité totale de l'échantillon. Sur la figure 64 ont été replacées les différentes contributions des variables sélectionnées pour les axes F1 et F2 (les données chiffrées se trouvent en annexe IV).

Toutefois nous distinguons, comme pour le crâne, un axe de taille (F1) et un axe de forme (F2). Nous remarquons que la mesure ML9, correspondant à la longueur des dents prémolaires, est pratiquement indépendante de la taille globale de la mandibule, ce qui n'est pas le cas de la longueur des dents molaires (ML8).

RM1 représente la hauteur de l'arcade dentaire (MH7) à grande longueur constante (ML6) et RM2 correspond à la largeur de la branche montante (MB1) à grande longueur constante (ML6). Plus on se déplace vers le haut sur l'axe F2, plus la mandibule présente une hauteur d'arcade dentaire (branche horizontale) et une longueur prémolaire importantes, et plus la branche montante est fine et étroite. Inversement, plus on se déplace vers le bas sur cet axe, plus l'arcade dentaire est fine et étroite, la longueur des dents prémolaires courte et la branche montante est large.

Pour les variables quantitatives supplémentaires qui concourent à la formation des axes différents, le poids de la carcasse suit la majorité des variables et intervient à l'axe F1, donc plus le poids augmente, plus la taille de la mandibule augmente, et par conséquent, le poids de la mandibule augmente. Par contre, l'âge est corrélé à l'axe 2 mais négativement, donc plus l'âge augmente, plus le rapport RM2 augmente (augmentation de MB1) et à l'inverse pour le rapport RM1 qui diminue (diminution de MH7), ces résultats sont comparables aux ceux des études univariée et bivariée de la mandibule.

Nous avons essayé de faire la même chose que dans le chapitre du crâne, afin de pouvoir disperser les individus en groupes de sexe ou d'âge similaires et les deux en même temps sur le plan factoriel principal (I-II).

Le nuage de points qui visualise la dispersion des individus de l'échantillon dont le sexe et l'âge sont connus (quatre classes) sur le plan factoriel principal F1/F2 (Fig. 65 A), montre une dispersion continue des mâles et des femelles tout au long des axes I et II, car les ellipses de confiance qui sont jointes appartiennent aux mâles et femelles de même âge, c'est-à-dire des adultes ou des jeunes adultes. Les points moyens de chaque classe sont semblables à ceux de crâne, et ce qui est remarquable, c'est le rapprochement des points moyens des mâles et des femelles jeunes adultes. Donc il y a une ségrégation entre les individus adultes et les individus jeunes adultes.

Figure 65 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres de la mandibule, chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens

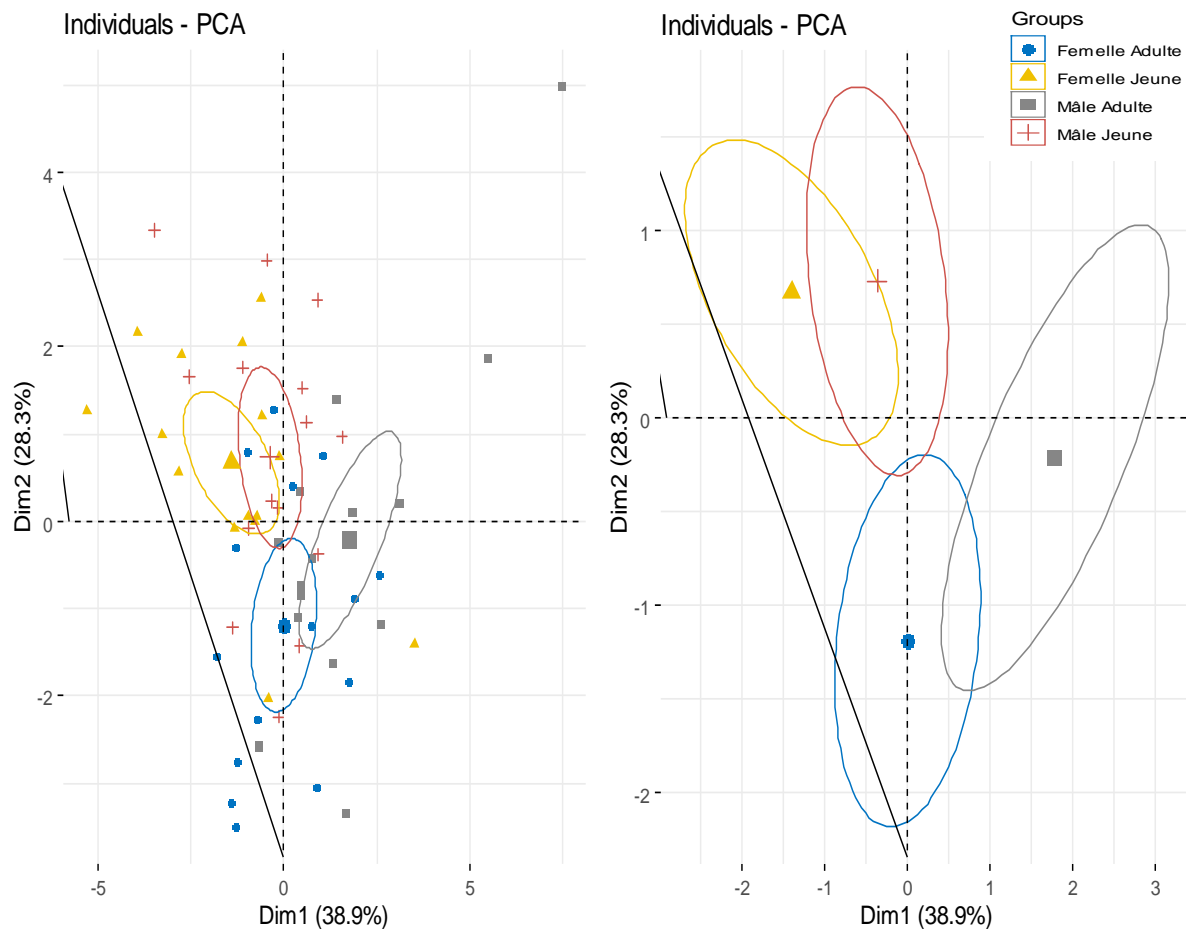


Figure 65 : A : Selon l'âge et le sexe

Par rapport à l'emplacement des points moyens de chaque classe « individuelle » et des variables, l'extrait du profil de forme de chaque catégorie est possible (Fig. 66):

- Les femelles et les mâles jeunes ont presque la même zone de dispersion, donc ils ont la même forme, où la mandibule présente une hauteur d'arcade dentaire importante et la branche montante est fine et étroite. A l'inverse pour les adultes chez les deux sexes, c'est-à-dire que la mandibule est pourvue d'une arcade dentaire étroite et d'une branche montante large (Fig.36), mais cette forme est plus visible et accentuée chez les femelles que les mâles adultes car elles sont plus âgées que les mâles avec des valeurs moyennes d'âge respectivement de 8 ans et demi, et de 7 ans et demi (Tab. 10)
- Du point de vue de la taille, les mandibules des mâles sont plus grandes que celles des femelles, et des adultes que celles des jeunes.
- Les femelles adultes et les mâles jeunes ont des mandibules de même taille mais de forme différente.

- Donc la taille de la mandibule dépend beaucoup plus du sexe et la forme dépend plus de l'âge.

Pour confirmer ces résultats, nous intégrons les deux variables séparément (âge et sexe), la dispersion des individus est toujours continue tout au long des axes I et II, mais les deux ellipses montrent ainsi une ségrégation nette à partir de deux groupes par les mesures des mandibules, et surtout pour la variable d'âge où il n'y a pas de chevauchement entre les ellipses de confiance (Fig. 65 B, C).

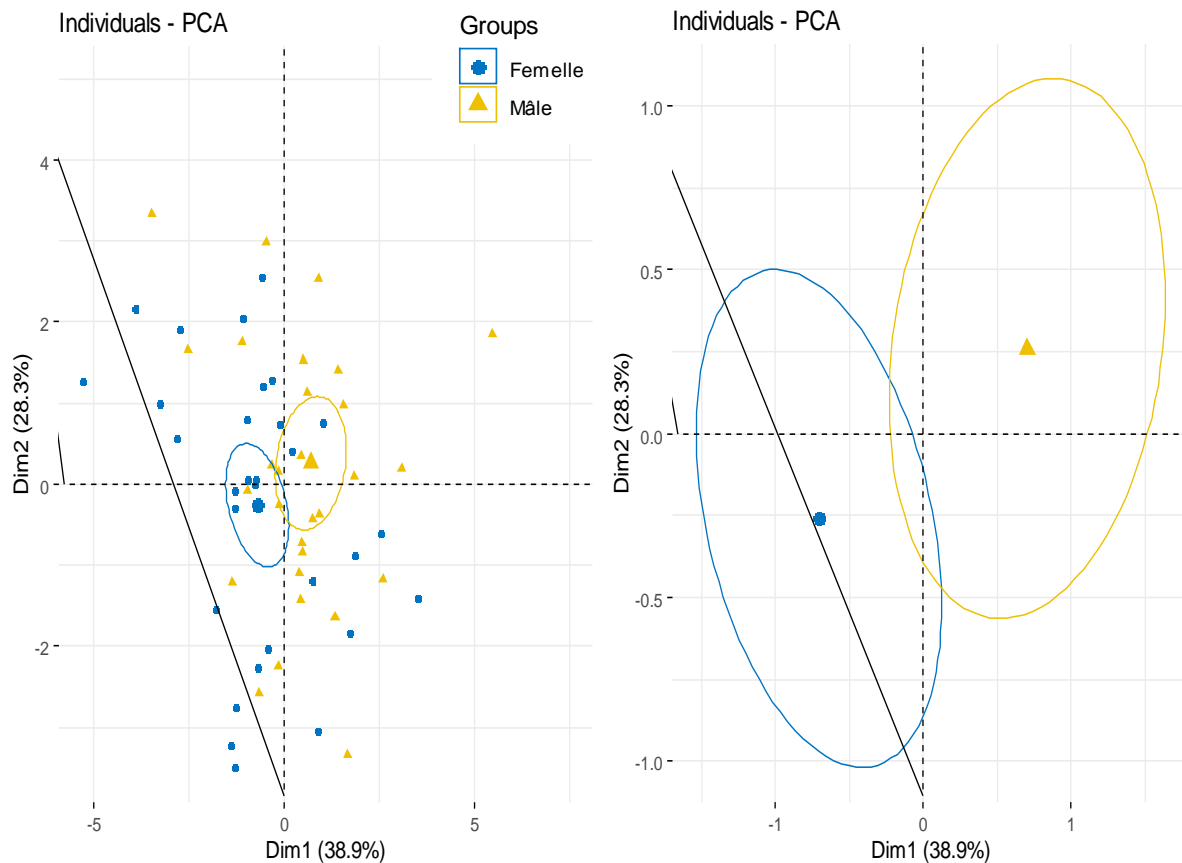


Figure 65 : B : Selon le sexe

La figure 63 B avec une division selon le sexe montre que les nuages des points des individus mâles et femelles se distinguent uniquement sur l'axe 1 (axe dit de taille). Les points représentant les femelles sont majoritairement dans le demi-plan gauche par leurs abscisses négatives tandis que les mâles sont majoritairement dans le demi-plan droit par leurs abscisses positives. Malgré les ellipses de confiance des deux groupes, elles sont jointes dans une petite zone, mais cela n'empêche pas que les points moyens de chacun de ces groupes dans ce premier plan factoriel soient dans des positions significativement différentes.

Les coordonnées de ces points pour les femelles sont significativement inférieures à 0 tandis que les coordonnées des centres de gravité des mâles sont significativement positives.

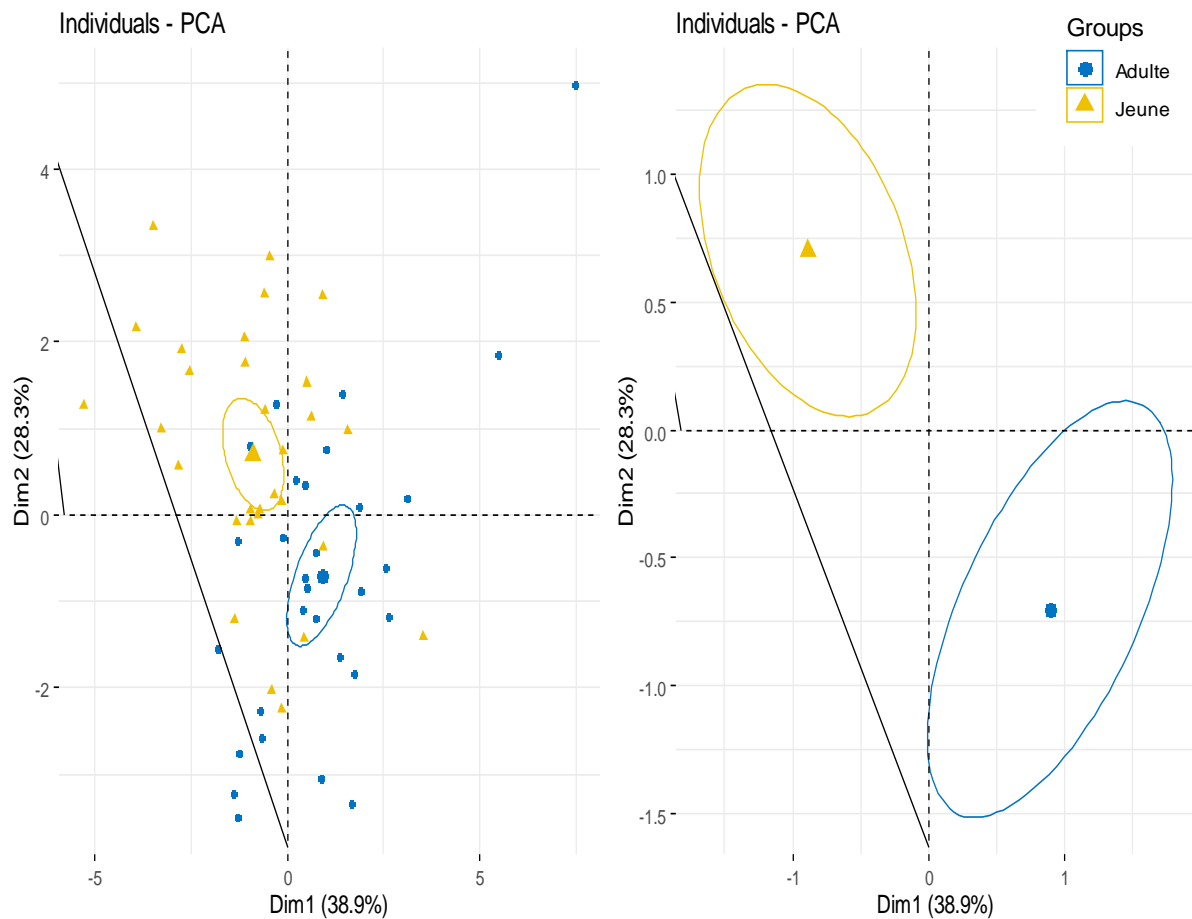


Figure 65 : C : Selon l'âge

En revanche, selon l'âge, les points représentant les individus adultes sont préférentiellement au dessous du premier axe, leurs ordonnées étant inférieures à 0, alors que les jeunes sont majoritairement au dessus avec des ordonnées positives. Les ellipses de confiance des deux groupes sont disjointes. Sur l'axe 1 (axe dit de taille de façon classique en morphométrie), séparer les deux populations est impossible (Fig. 65 C), la dispersion de points de chacun de ces nuages étant du même ordre, mais on les sépare par axe 2 (axe dit de forme).

Ces observations sont comparables à ceux du crâne, sauf que la ségrégation par sexe est plus nette dans le crâne que dans la mandibule. Ils nous permettent de déclarer que la taille de la mandibule dépend plus du sexe, par contre la forme dépend plus de l'âge (Fig. 66), et le dimorphisme sexuel est plus visible dans le crâne que dans la mandibule (à confirmer dans le chapitre du dimorphisme sexuel).

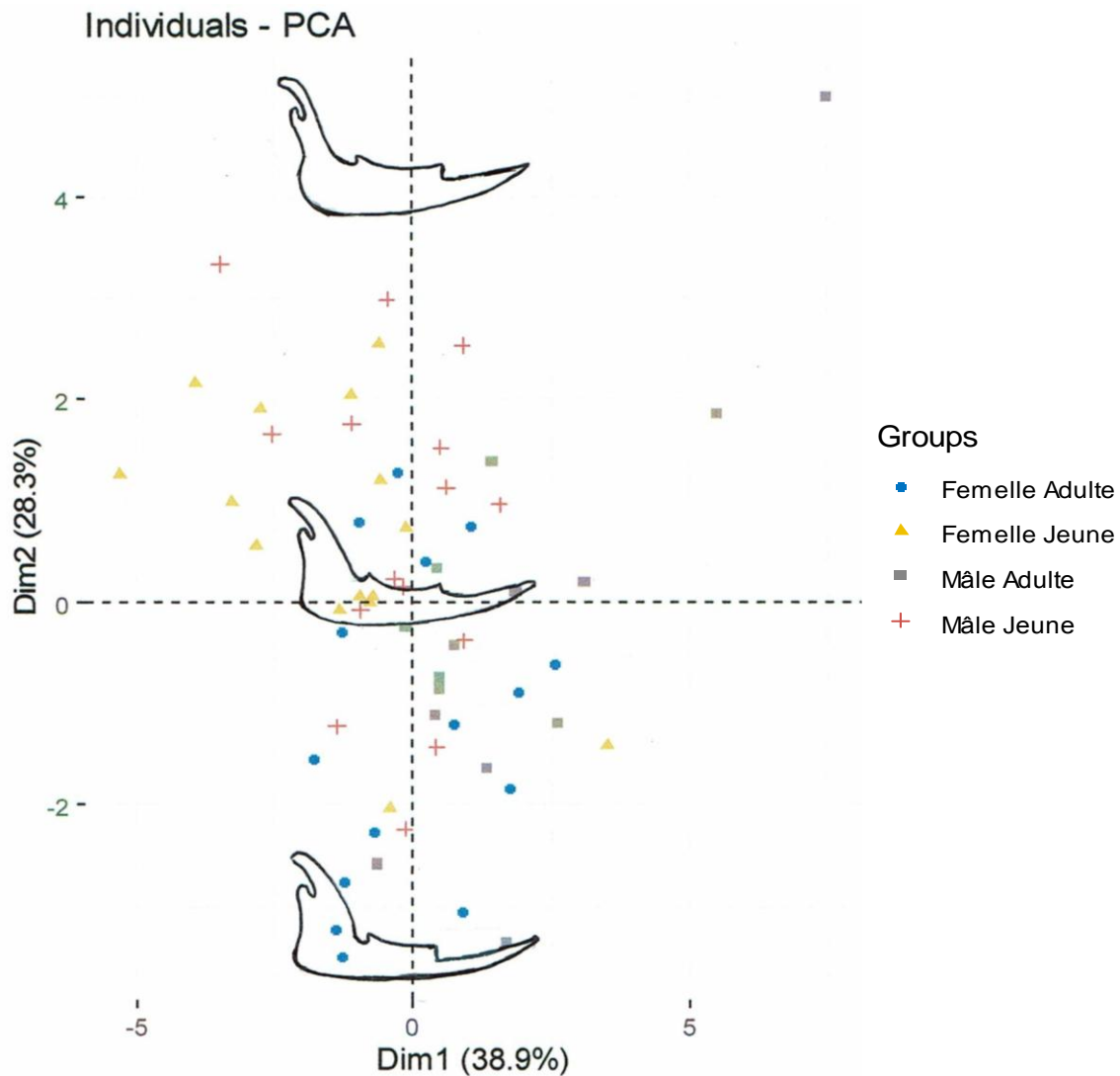


Figure 66 : Profils des mandibules selon la dispersion des individus sur le plan factoriel (I-II)

La variabilité de la mandibule sur les deux premiers axes est bien représentée (67,18 %), mais plus faible que celle des crânes (72,85%) aussi par rapport aux résultats obtenus par Fouché (2006) sur les mandibules des moutons de différentes races françaises actuelles (73,34 %). Cette diminution de la valeur de la variabilité des mandibules de notre échantillon est expliquée par deux facteurs :

- Plusieurs variables (ML8, ML9, MH8 et RM2) interviennent principalement dans la constitution de l'axe 3, ce qui augmente le pourcentage à 78,72% de la variabilité totale de l'échantillon. (Fig. 64 et annexe IV)
- Les variables dépendent des dents varient d'un individu à l'autre par plusieurs conditions ; l'alimentation, la morphologie, les pathologies,... et surtout l'âge. On s'aperçoit que ces variables sont responsables de cette perte de la variabilité, le calcul de l'ACP avec les mêmes variables moins ML8 et ML9, nous obtenons une variabilité sur F1 et F2 de 74,87%,

sans RM2 70,97%, et sans ces trois variables nous avons 80,96%. Toutes ces valeurs sont supérieures à celles de l'ensemble des variables (67,18%).

- L'âge de notre échantillon qui s'étale de 2 ans à 13 ans, donc une différence qui atteint à 10-11 ans entre certains individus, surtout qu'il y a des variables qui sont influencées par ce caractère, comme il est mentionné au dessus.

3. Analyse en composantes principales du métacarpe

Avec un niveau d'inertie sur le plan factoriel principal de 90,78%, on atteint un résultat très satisfaisant pour une interprétation correcte de cette analyse.

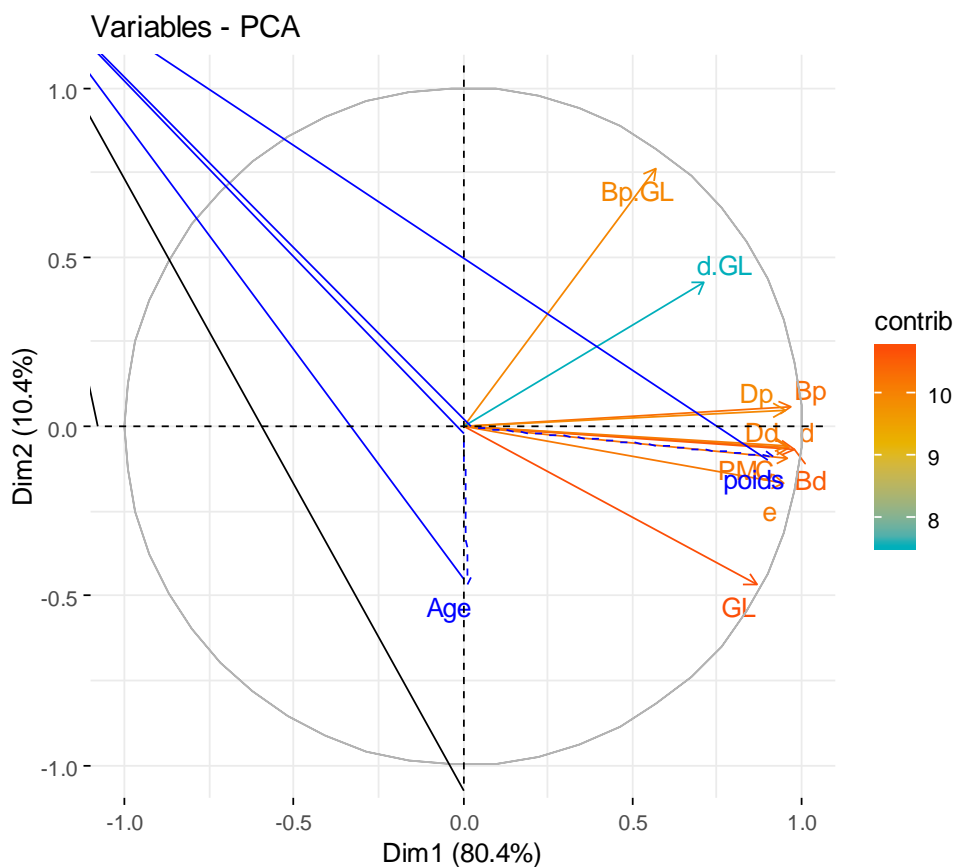


Figure 67 : Contribution des variables pour le métacarpe aux axes F1 et F2 de l'ACP (Analyse en Composantes principales) : 11 variables, 36 individus. F1= axe de taille générale du métacarpe. F2= axe de forme du métacarpe

On remarque toutefois un effet «taille» clair puisque toutes les mesures sont positivement corrélées entre elles et avec le premier axe factoriel, les mesures GL, Bp, Dp, d, e, Bd, Dd et PMC contribuent très fortement au premier axe factoriel (coefficient de corrélation supérieur à 0,89, sauf pour GL est égal à 0,75). Concernant l'axe II, seuls les

indices traitant de la gracilité (de l'épiphyse proximale principalement $Irl=0,58$, mais aussi de façon moindre de la diaphyse $Irl=0,30$) sont corrélés avec lui, les autres mesures sont très faiblement corrélées à cet axe (généralement, le coefficient de corrélation inférieur est à 0,08), ce qui en fait un axe de forme générale de l'os. Sur la figure 67 ont été replacées les différentes contributions des variables sélectionnées pour les axes F1 et F2 (les données chiffrées se trouvent en annexe IV).

Ces résultats sont comparables à ceux des études réalisés sur des caprins autochtones avec des taux d'inertie qui égalent respectivement 89,22% et 86,81% pour les variables du métacarpe et ceux des deux métapodes (Ridouh & al. 2019, Guintard & al. 2018) et même pour la contribution des mesures sur les axes I et II.

Figure 68 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres du métacarpe, chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens

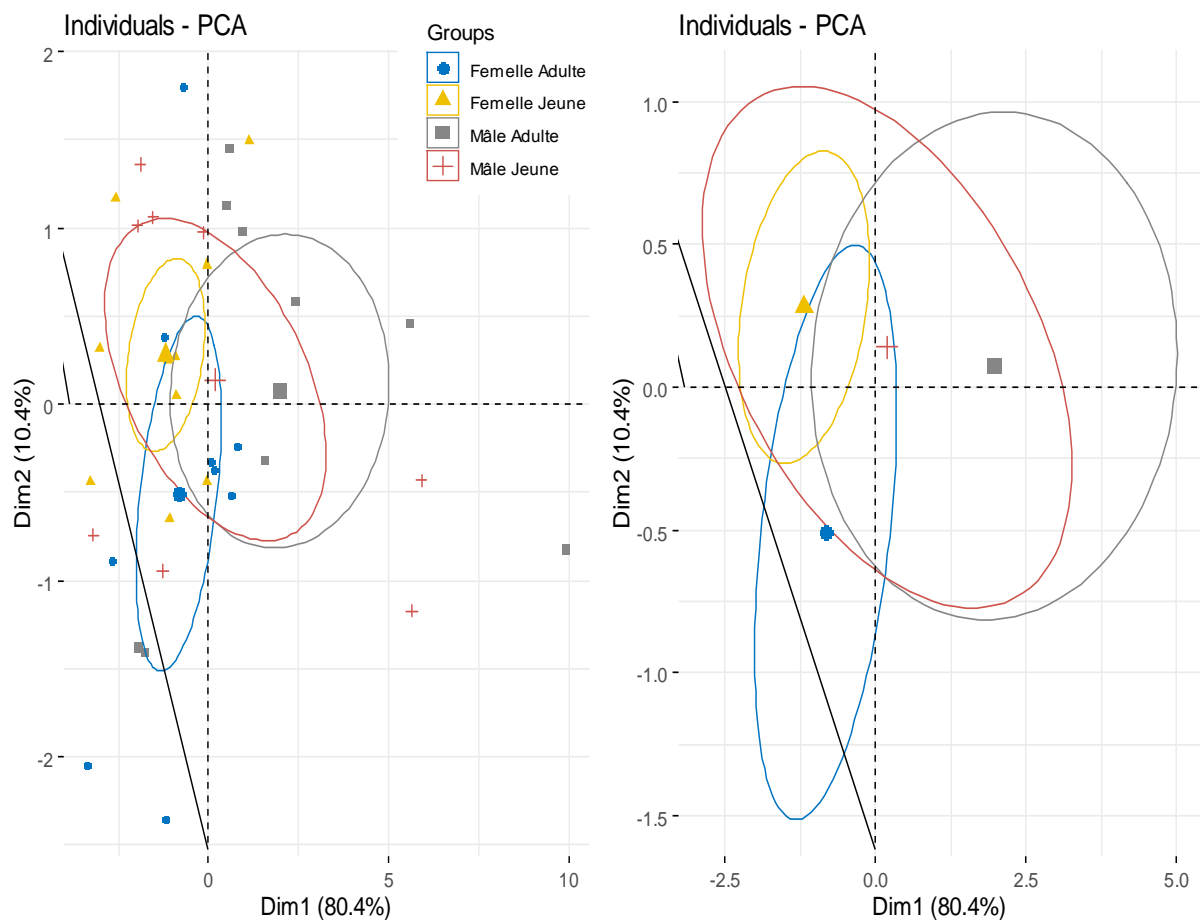


Figure 68 : A : Selon l'âge et le sexe

Le nuage de points qui visualise la dispersion des individus de l'échantillon dont le sexe et l'âge sont connus (quatre classes) sur le plan factoriel principal F1/F2 (Fig. 68 A), montre une dispersion continue des mâles et des femelles, des adultes et des jeunes adultes tout au long des axes I et II. Pour les mâles, les points moyens des adultes ou des jeunes ont tous

les deux une abscisse et une ordonnée significativement positive, et sont très proches. Le point moyen des femelles jeunes est très proche à celui des mâles jeunes. Inversement, pour le point moyen des femelles adultes, nous avons une abscisse et une ordonnée significativement négative.

Comme dans les autres études de la chèvre autochtone, on s'aperçoit que la quasi-totalité des jeunes mâles tombent dans la zone de variabilité des femelles, ce qui est une constante chez les ongulés. Mais dans notre étude, les quatre ellipses de confiance sont toutefois jointes dans des grandes zones et l'ellipse de confiance des femelles Jeunes se situe à l'intérieur de l'ellipse des mâles Jeunes, ce dernier partage de grandes parties avec les deux autres ellipses. Donc, pas de ségrégation à partir des quatre groupes par les mesures des métacarpes, contrairement aux autres études de la chèvre autochtone où les quatre ellipses de confiance sont toutefois disjointes montrant ainsi une ségrégation nette. (Ridouh & al. 2019, Guintard & al. 2018)

Ainsi, si on intègre les deux variables sexe et âge séparément, la dispersion des individus est toujours continue tout au long des axes I et II, les deux ellipses montrant une zone de continuité à partir des deux groupes par les mesures des métacarpes.

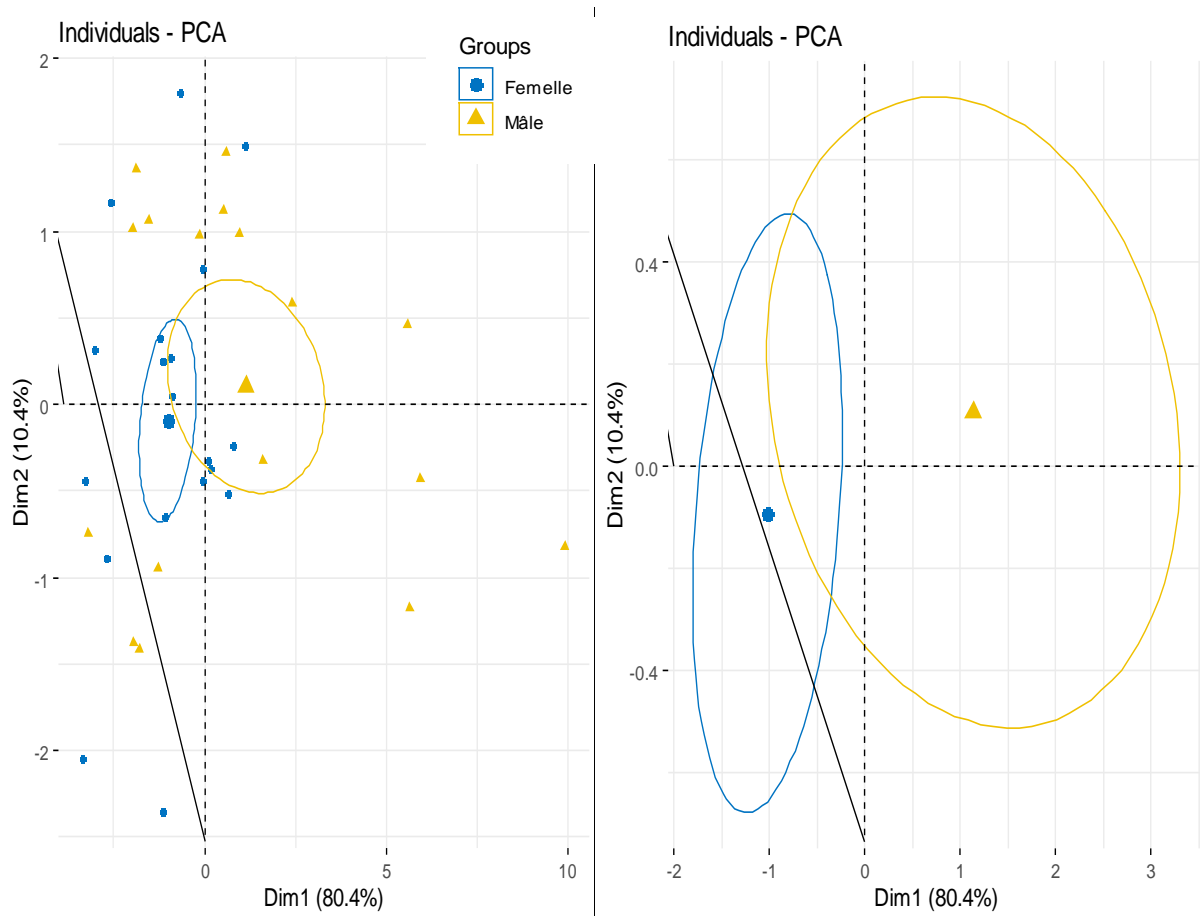


Figure 68 : B : Selon le sexe

Considérant le sexe, on observe que les individus mâles et femelles se distinguent uniquement sur l'axe 1 (axe dit de taille). Les points représentant les femelles sont majoritairement dans le demi-plan gauche par leurs abscisses négatives tandis que les mâles sont majoritairement dans le demi-plan droit par leurs abscisses positives. (Fig. 68 B)

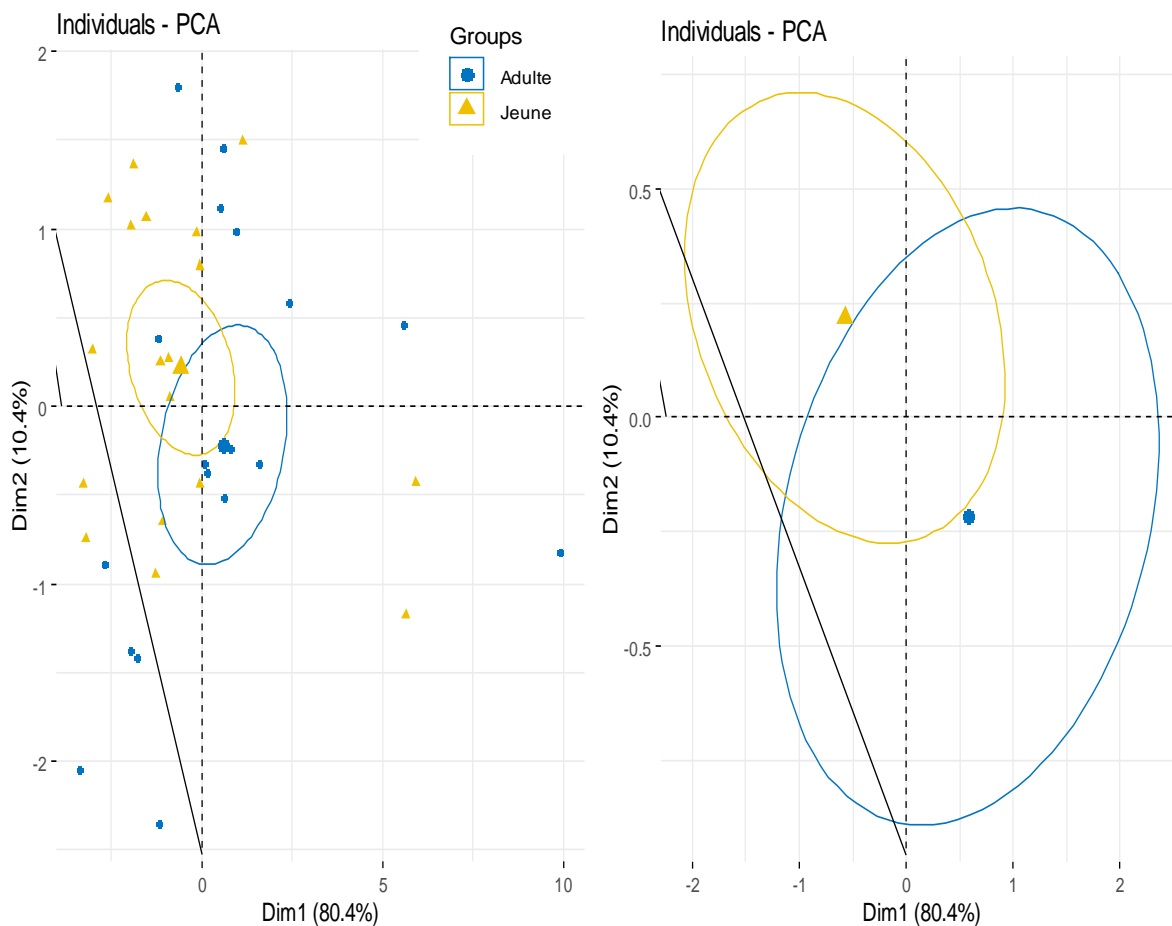


Figure 68 : C : Selon l'âge

En revanche, lorsqu'on considère la deuxième variable qualitative: l'âge, on observe que l'axe 2 (axe dit de forme) qui sépare les jeunes avec des ordonnées positives et des adultes par leurs ordonnées étant inférieures à 0. (Fig. 68 C)

Pour l'interprétation, considérant l'emplacement des centres de gravité de différentes catégories et la jonction des ellipses de confiance, nous pouvons dire que les métacarpes des mâles sont plus grands que ceux des femelles, et les métacarpes des jeunes pourvus des indices de gracilité sont plus élevés que les adultes, mais pas des différences significatives entre les os de différents groupes qui sont formés par des individus âgés de 5 ans et demi en moyenne (jeunes adultes et des adultes). Par contre l'échantillon étudié par **Guintard & al. (2018)** est formé par des individus âgés de 22 mois en moyenne (Juvéniles). Donc les os de notre échantillon atteignent leur format adulte dès l'âge 2 ans et l'os ne présente plus ensuite ni de croissance significative, ni de différences significatives.

Ces résultats appui sur les précédents dans l'étude uni variée. Nous allons confirmer ou infirmer ces données dans l'étude de dimorphisme sexuel, par le calcul de ce dernier pour chaque paramètre.

Donc, dans les trois études d'ACP (crâne, mandibule et métacarpe) on remarque que les mâles et les femelles se distinguent sur l'axe 1 (axe dit de taille), par contre, la population des adultes et des jeunes est séparée par l'axe 2 (axe dit de forme). Sans oublier de noter la forte corrélation négative de l'âge avec l'axe 2 dans le cercle de corrélation des trois ACP (fig. 62, 64, 67) qui explique ces résultats.

IV. Dimorphisme sexuel

De nombreux auteurs ont proposé des indices permettant de quantifier le dimorphisme sexuel (Lewis 1997, 1999) à partir des métapodes de ruminants (Boessnek 1956, Fock 1966, Guintard 1998, Guintard & Betti 1999, Guintard & Borvon 2009, Guintard & Lallemand 2003, Haimovici 1963, Higham 1969, Lasota-Moskalewska 1980, Thomas 1988, Wiig 1985, Zalkin 1960, Nobis 1954, Jewell 1963, Kürten 1955, Matolcsi 1970, Mennerich 1968). Meniel (1984) propose un facteur pour le dimorphisme sexuel appelé D.S.

$$\text{D.S.} = [(\text{moyenne mâle} - \text{moyenne femelle})/\text{moyenne femelle}].$$

C'est un facteur très simple que nous avons calculé pour notre échantillon, afin de se faire une idée du dimorphisme sexuel pour les différents paramètres linéaires mesurés pour les trois os (Tab. 23, 24 et 25).

Tableau 23 : Dimorphisme sexuel pour les paramètres des crânes

Variabes	m mâles	m femelles	D.S%	P ♂-♀
CL1	231,1	221,1	4,55	0,0126
CL2	225,8	214,8	5,14	0,0107
CL7	61,65	59,07	4,36	0,0478
CL10	120,6	113,99	5,83	0,0045
CL20	100,19	93,18	7,52	0,0037
CL31	101,38	95,94	5,67	0,0169
CL34	83,00	78,49	5,75	0,0019
CB2	53,70	49,43	8,64	0,0006
CB3	54,76	52,23	4,86	0,0283
CB8	63,58	63,66	-0,13	0,9578
CB10	82,44	77,78	6,00	0,0028
CB14	67,77	65,40	3,62	0,0175
CB18	32,90	29,90	10,04	0,0041
CB19	102,98	97,55	5,57	0,0023
CH5	28,98	26,40	9,80	0,0016
CH6	67,93	60,70	11,92	5,118e-06
RC5	27,53	28,80	-4,38	0,0201
RC7	12,55	11,96	4,93	0,0549

Tableau 24 : Dimorphisme sexuel pour les paramètres des mandibules

Variables	m mâles	m femelles	D.S%	P ♂-♀
ML6	142,7	137,3	3,93	0,0396
ML8	49,17	48,36	1,67	0,3611
ML9	25,58	24,67	3,69	0,1407
MH1	72,77	67,68	7,52	0,0049
MH7	35,83	35,28	1,56	0,604
MH8	23,17	21,27	8,94	0,0047
MH9	17,61	15,92	10,65	0,0163
MB1	53,14	50,33	5,59	0,0786
RM1	25,25	25,92	-2,61	0,5168
RM2	73,13	74,41	-1,72	0,417

Tableau 25 : Dimorphisme sexuel pour les paramètres des métacarpes

Variables	m mâles	m femelles	D.S%	P ♂-♀
GL	124,7	119,1	4,70	0,1431
Bp	26,55	24,35	9,06	0,0385
Dp	19,07	17,78	7,28	0,0872
d	17,27	15,62	10,59	0,3581
e	11,87	10,63	11,66	0,0840
Bd	29,61	27,24	8,67	0,0218
Dd	19,12	17,50	9,30	0,0449
Bp/GL	21,25	20,45	3,95	0,0742
d/GL	13,7	13,1	4,95	0,0738

Pour notre échantillon, le dimorphisme sexuel apparaît très faible puisqu'il est en moyenne de 6,79 pour les 31 paramètres linéaires des trois os (il est de l'ordre de 6,20% pour le crâne, 5,44% pour la mandibule et 8,75% pour le métacarpe), variant de -0,13% pour CB8 à 11,92% pour CH6; cette valeur est en effet de l'ordre de grandeur du CV (Coefficient de Variation) observé pour les différentes variables (10,03%), ce qui ne permet pas d'envisager une séparation totale des deux sexes sur une seule variable. Il existe, comme toujours en morphométrie, au sein d'une race, une continuité biologique entre les valeurs mesurées pour les mâles et celles pour les femelles. Pour la mandibule, les dimorphismes sexuels moyens de la mandibule (5,44%) et du crâne (6,20%) sont proches, légèrement inférieurs à ceux du métacarpe (8,75%). Mais dans les trois cas, la valeur reste assez faible. Selon le paramètre ostéométrique considéré, D.S. varie de -0,13% pour CB8 à 11,92% pour CH6 dans le crâne, de 1,56% pour MH7 à 10,65% pour MH9 dans la mandibule, et de 4,70% pour GL à 11,66% pour d dans le Métacarpe.

Le dimorphisme sexuel moyen de cette population est sensiblement identique sur la base des têtes et des métacarpes, et aucun paramètre seul ne permet une séparation correcte des deux sexes. Le fait qu'il y ait très peu de très gros ou de très grands mâles dans l'échantillon étudié (Fig. 27) a probablement tendance à minorer le dimorphisme sexuel moyen.

V. Variabilité maximale

La variabilité maximale «**Vmax**» est moins affectée par la constitution dissymétrique de notre échantillon, elle permet de se faire une meilleure idée du dimorphisme sexuel dans cette population, à partir d'un seul paramètre linéaire mesuré.

$$\text{Variabilité maximale \%} = (\text{max pop} - \text{min pop})/\text{min pop}$$

1. Crâne

Tous les paramètres sont dimorphiques avec une valeur moyenne de Variabilité maximale = 60,03 % allant de la Variabilité maximale de CB14 (pour 30,81%) à la Variabilité maximale de CB18 de (pour 101,04%).

Tableau 26 : Variabilité maximale des crânes

Variables	Maximum	Minimum	Vmax %	P $\text{\textcircled{M}}-\text{\textcircled{F}}$
CL1	280,4	190,1	47,50	0,0126
CL2	280,3	180,3	55,46	0,0107
CL7	74,03	44,74	65,47	0,0478
CL10	152,25	96,54	57,71	0,0045
CL20	134,68	78,46	71,65	0,0037
CL31	130,72	78,45	66,63	0,0169
CL34	102,58	68,44	49,88	0,0019
CB2	74,00	44,59	65,96	0,0006
CB3	68,06	44,46	53,08	0,0283
CB8	80,99	48,13	68,27	0,9578
CB10	98,94	67,23	47,17	0,0028
CB14	76,77	58,69	30,81	0,0175
CB18	46,30	23,03	101,04	0,0041
CB19	122,39	83,26	47,00	0,0023
CH5	40,42	22,59	78,93	0,0016
CH6	88,00	50,00	76,00	5,118e-06
RC5	32,87	23,31	41,01	0,0201
RC7	16,73	10,65	56,98	0,0549

Les rapports sont moins dimorphiques avec une valeur moyenne de Vmax qui vaut 49% pour RC5 et RC7 (respectivement 41,01% et 56,98%).

Les paramètres de longueur sont plus dimorphiques avec une valeur moyenne de Vmax valant 59,19% (variant de Vmax = 47,5% pour CL1 à Vmax = 71,65% pour CL20). Les paramètres de largeurs permettent de sexer dans les mêmes proportions, puisque la variabilité Vmax des sept paramètres réalisés vaut en moyenne 59,05 % (allant de Vmax = 31,8% pour CB14 à Vmax = 101,04% pour CB18). Les paramètres de hauteur sont les plus dimorphiques avec une valeur moyenne de Vmax qui vaut 77,46% pour CH5 et CH6 (respectivement 78,93% et 76%).

Rappelons que pour notre échantillon, tous les paramètres et les rapports étaient significativement différents entre les mâles et les femelles sauf CB8 et RC7, donc le sexage est possible par les différents paramètres en particulier CL20, CB18 et les paramètres de hauteur CH5, CH6 pour des variabilités maximales égalent respectivement à 71,65% ; 101,04% ; 78,93% ; 76%), lorsque cela est possible (Tab. 26).

2. Mandibule

Les paramètres de la mandibule sont plus dimorphiques que ceux du crâne (60,03 %) avec une valeur moyenne de Variabilité maximale = 76,29% allant de la Variabilité maximale de ML8 (pour 41,12%) à la Variabilité maximale de MH8 de (pour 129,94%). Sachant que cette variabilité est influencée non seulement par la présence des deux sexes mais aussi par la grande différence d'âge remarquée dans cet échantillon.

Tableau 27 : Variabilité maximale des mandibules

Variables	Maximum	Minimum	Vmax %	P ♂-♀
ML6	164,5	108,5	51,62	0,0396
ML8	56,49	40,03	41,12	0,3611
ML9	32,21	19,38	66,20	0,1407
MH1	92,17	53,31	72,89	0,0049
MH7	44,29	26,75	65,57	0,604
MH8	33,25	14,46	129,94	0,0047
MH9	27,69	12,60	119,76	0,0163
MB1	67,20	39,51	70,08	0,0786
RM1	37,44	18,38	103,77	0,5168
RM2	87,06	61,32	41,97	0,417

Les paramètres de hauteur sont les plus dimorphiques avec une valeur moyenne de Vmax valant 97,04% (variant de Vmax = 65,57% pour MH7 à Vmax = 129,94% pour MH8). Le seul paramètre de largeur est dimorphique par une valeur égale à 70,08%, Les rapports permettent de sexer dans les mêmes proportions, puisque la variabilité Vmax des deux rapports mesurés vaut en moyenne 72,87 % pour RM1 et RM2 (respectivement 103,77% et 41,97%). Les paramètres de longueur sont moins dimorphiques avec une valeur moyenne de Vmax qui vaut 52,98% (variant de Vmax = 41,12% pour ML8 à Vmax = 66,2% pour ML9).

Rappelons que pour notre échantillon, il y a quatre paramètres qui étaient significativement différents entre les mâles et les femelles, parmi ces paramètres, trois sont de hauteur, donc le sexage est possible par ces différents paramètres en particulier les paramètres de hauteur MH1, MH8 et MH9 pour des variabilités maximales égales respectivement à 72,89% ; 129,94% ; 119,76%, lorsque cela est possible (Tab. 27).

3. Métacarpe

Tous les paramètres sont dimorphiques avec une valeur moyenne de Variabilité maximale = 60,22 % allant de la Variabilité maximale de Bp/GL (pour 29,86) à la Variabilité maximale de e (pour 96,61).

Tableau 26 : Variabilité maximale des métarpes

Variables	Maximum	Minimum	Vmax %	P ♂-♀
GL	154,4	106,0	45,73	0,1431
Bp	34,26	20,99	63,22	0,0385
Dp	24,44	15,37	59,01	0,0872
d	25,41	13,40	89,63	0,3581
e	17,40	8,85	96,61	0,0840
Bd	37,23	24,45	52,27	0,0218
Dd	25,16	15,55	61,80	0,0449
Bp/GL	22,94	17,67	29,86	0,0742
d/GL	16,45	11,44	43,83	0,0738

Les paramètres d'épaisseur et de largeur sont très dimorphiques avec une valeur moyenne de Vmax valant 70,42% variant de Vmax = 52,27% pour Bd à Vmax = 96,61% pour e), dont les paramètres d'épaisseur sont les plus dimorphiques avec une valeur moyenne égale à 72,47%, et ceux de la largeur avec une valeur plus légère mais très proche égale à 68,37%. Le paramètre de longueur GL est moins dimorphique avec une valeur de Vmax qui vaut 45,73%. Les indices de gracilité permettent de sexer dans des

proportions moins élevées, puisque la Variabilité maximale des deux indices calculés vaut en moyenne 36,84 % (allant de Variabilité maximale = 29,86% pour Bp/GL à Variabilité maximale = 43,83 % pour d/GL), mais l'indice d/GL permet de sexer dans les mêmes proportions que le paramètre de longueur GL, puisque la variabilité Vmax est égale 43,83 %.

A titre de comparaison, la grande longueur du métacarpe (GL) est aussi dimorphique que les autres mensurations chez le dromadaire, alors qu'elle ne l'est pas chez les bovins et les ovins (Guintard 1996a, Guintard 1998, Guintard & Betti 1999, Guintard & Borvon 2009, Babelhadj & al. 2016)

L'indice d/GL avec une variabilité maximale de 43,83 %, semble donc intéressant pour le sexage, elle situera celle du plus gros mâle (d/GL = 0,16) et celle de la plus petite femelle (d/GL = 0,1). Cette valeur seuil vaut dans le cas de cette étude : $[11,44 + (16,45 - 11,44)/2]$ soit d/GL = 13,94% (la même valeur est trouvée à partir du graphe d/GL=f(GL) dans l'étude univariée). Plus on s'éloigne de cette valeur vers les fortes valeurs, plus la probabilité d'obtenir un mâle est grande, à l'inverse, plus on s'éloigne de cette valeur vers des valeurs faibles, plus la probabilité d'avoir une femelle augmente.

Rappelons que pour notre échantillon, l'indice d/GL n'était pas significativement différent entre les mâles et les femelles, mais on conserve sa valeur qui donne une indication pour des archéozoologues même si elle n'est pas significative statistiquement dans ce travail, c'est un seuil intéressant sur le terrain pour sexer des individus. Notamment, les paramètres Bp, Bd et Dd étaient significativement différents entre les mâles et les femelles, donc le sexage est possible par ces différents paramètres et pour des variabilités maximales égales respectivement à 63,22% ; 52,27% ; 61,80%), lorsque cela est possible (Tab. 28).

Considérant la variabilité maximale, les trois os permettent de sexer dans les mêmes proportions mais par ordre décroissant ; la mandibule, le métacarpe et le crâne pour des valeurs Vmax respectivement de 76,29%, 60,22% et 60,03%.

En revanche, les paramètres de hauteur (épaisseur dans le métacarpe) sont les plus dimorphiques pour les trois os, et tous sont significativement différents entre les mâles et les femelles dans le crâne, à moindre degré dans la mandibule, et seulement un seul paramètre dans le métacarpe, sans oublier l'effet de l'âge sur les paramètres de la mandibule, ce qui va changer le classement crâne, mandibule et métacarpe (ce qui est obtenu dans l'étude multivariée).

VI. Position relative de la population caprine Algérienne par rapport aux données ostéométriques des races ovines et caprines actuelles de référence

Il existe un nombre considérable de différences morphologiques entre les petits ruminants (ovins et caprins), la plupart sont nettes visuellement d'une manière simple et efficace, par exemple : la queue, la crinière, les cornes et le cou (Wilson 1991). Le système squelettique apparaît comme une des structures du corps qui a été utilisé et toujours utilisé pour la caractérisation de différentes espèces d'animaux y compris les humains (Watson 1972, Guintard & Lallemand 2003). C'est parce que la plupart des paramètres considérés comme la forme, la hauteur, la longueur et la taille sont facilement accessibles dans le squelette (Salami & al. 2011).

Un certain nombre d'études ont déjà permis de se faire une idée de la proximité morphologique de ces populations de différentes races européennes et africaines rustiques ou plus sélectionnées (Alpak & al. 2009, Boessneck & al. 1964, Clutton-brock & al. 1990, Guintard & Betti 1999, Guintard & Lallemand 2003, Vila 2001, Guintard & Fouché 2008), sur la base de l'ostéométrie des têtes ou des métapodes, cet examen révèle des différences à l'intérieur et entre les espèces (Onar & al. 2008, Salami & al. 2011). Dans les autres données existantes sur l'utilisation des mensurations pour différencier les petits ruminants, elles incluent les longueurs de la hanche et donc le membre ainsi que la hauteur de la croupe (Afolayan & al. 2006, Salako 2006a & 2006b).

Afin de juger de la pertinence de nos résultats et de leur positionnement par rapport à la variabilité des petits ruminants, un corpus de comparaison aussi varié que possible est proposé et constitué de plusieurs races européennes et algériennes qui ont déjà été étudiées (Daikh 2007, Ami 2014, Ridouh 2014, Guintard & Lallemand 2003, Guintard & Tekkouk 2010, Guintard & al. 2018, Ridouh & al. 2019, Pourslis & al. 2017).

1. Position de la population caprine par rapport aux crânes : $CB19 = f(CL10)$

Les valeurs de la largeur zygomatique (CB19) et de la longueur frontale médiane (CL10) des races de référence sont regroupées dans l'annexe IV.

Avant de placer les divers groupes de races sur des graphiques, nous rappellerons les principales caractéristiques des races présentes dans l'échantillon :

- Les races bouchères (ou à prédominance bouchère), de grand format : Île-de-France, Mouton Vendéen, Nez-noir du Valais et Suffolk.
- La race lainière : Mérinos de Rambouillet, de poids vif moyen, elle atteint cependant une hauteur au garrot proche de celle des races bouchères.

• Les races rustiques ou locales, peu ou pas spécialisées : les races Belle-Île et Landaise sont de format moyen, la race des Landes de Bretagne est de format moyen à petit et le Mouton d'Ouessant est de très petit format (Babo 2000 cité par Guintard & Fouché 2008)

L'exemple choisi pour l'analyse bivariée est $CB19 = f(CL10)$, car il est déjà utilisé par Guintard & Fouché (2008). Ces deux mesures représentent les dimensions postérieures du crâne. Les différentes races ont été placées sur la représentation graphique $CB19 = f(CL10)$. Les valeurs ayant permis de construire ces graphiques sont les moyennes calculées uniquement pour les femelles de chaque race afin de ne pas risquer une surreprésentation d'une population mâle au sein d'une population à dominante femelle (Antonot 2000, Davis 1996, Forest 1998, Forest & Rodet-Belarbi 1998, Guintard 1998, Guintard & al. 2001, Lallemend 2002)

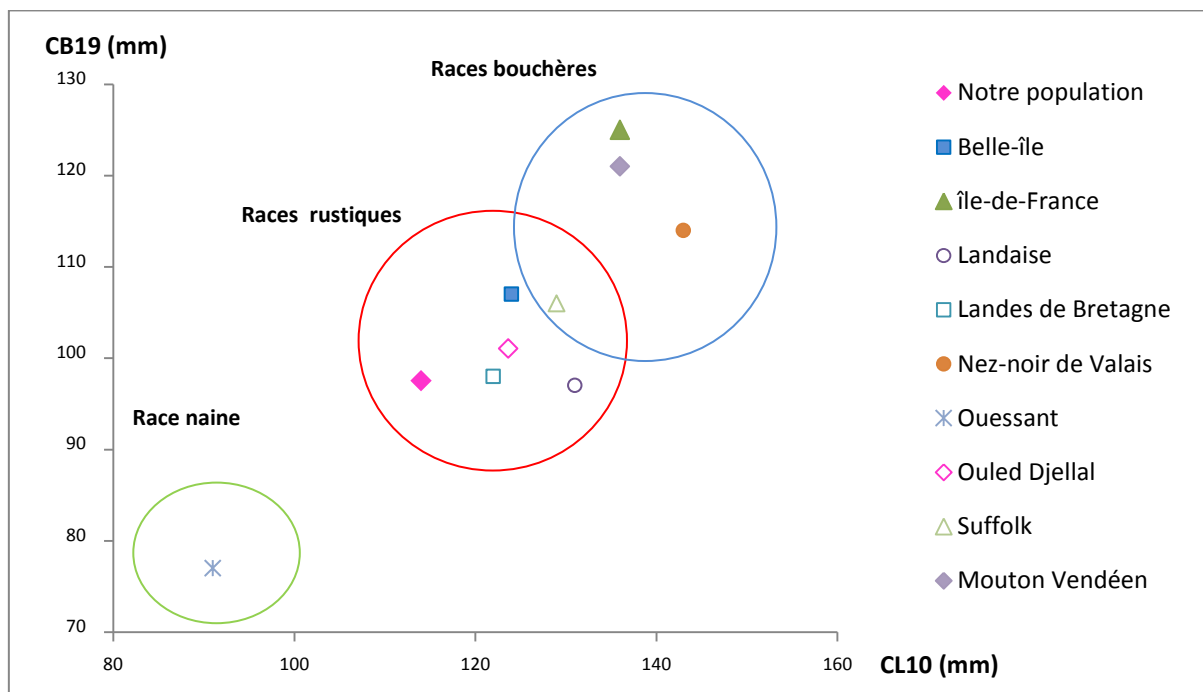


Figure 69 : Représentation graphique $CB19 = f(CL10)$ pour les femelles de différentes races actuelles

Les groupes précédemment définis apparaissent : les races spécialisées bouchères forment un groupe caractérisé par une longueur et une largeur élevées, un groupe médian est constitué des races rustiques peu spécialisées et le dernier groupe est représenté par une seule race, naine, la race Ouessant. Il existe donc une bonne corrélation entre les mesures effectuées dans notre étude et le classement des races par rapport à ces mesures, aussi bien la race autochtone que des races extérieures à l'échantillon (les races référentielles) (Figure 69)

La race caprine autochtone se place à la limite inférieure des races rustiques de l'échantillon de référence, intermédiaire entre les races de ce groupe et la race naine du Mouton d'Ouessant. Ceci peut s'expliquer que c'est une race rustique, mais plus petite que

les ovins rustiques et même par rapport à la race Ouled Djellal qui se trouve au centre du groupe rustique. Ces résultats viennent corroborer les résultats issus de l'étude univariée.

2. Position de la population caprine par rapport aux métacarpes : $d/GL = f(GL)$

Les valeurs de la grande longueur du métacarpe (GL), de la largeur proximale (Bp) et de l'indice de gracilité de la diaphyse (d/GL) des races de référence sont regroupées dans l'annexe V.

Si l'on adjoint à notre population un échantillon constitué des 38 races ovines et caprines de référence, il est possible de "borner" la variabilité morphologique des petits ruminants en réalisant les graphes $Bp = f(GL)$ et $d/GL=f(GL)$ pour les femelles comme on a fait pour les têtes. (Fig. 70 et 71)

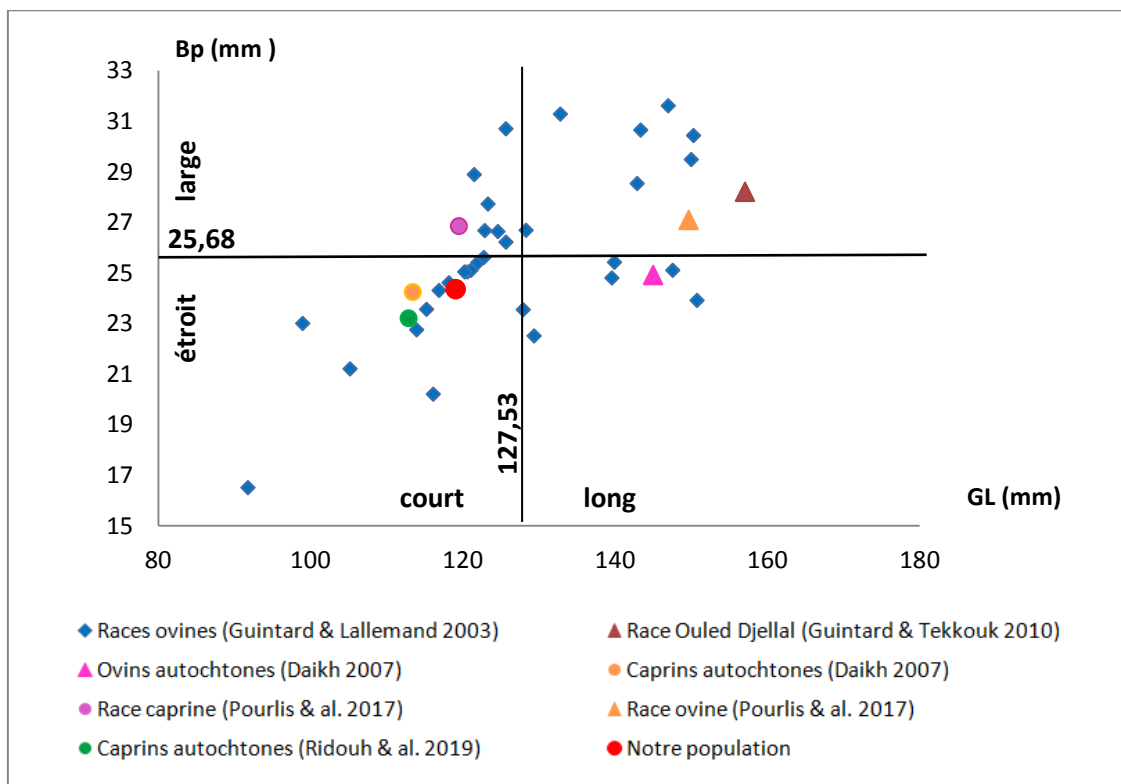


Figure 70 : Représentation graphique $Bp = f(GL)$ pour les femelles de différentes races actuelles

Notre échantillon présente des faibles valeurs moyennes de la grande longueur des métacarpes ($GL = 119,1$ mm), de la largeur proximale des métacarpes ($Bp = 24,35$ mm). Si l'on prend en compte ces deux valeurs, notre population entre dans le groupe des petits ruminants ayant des os particulièrement courts ($GL < 127$ mm pour les femelles) et assez larges (Bp voisin de la moyenne 25 mm).

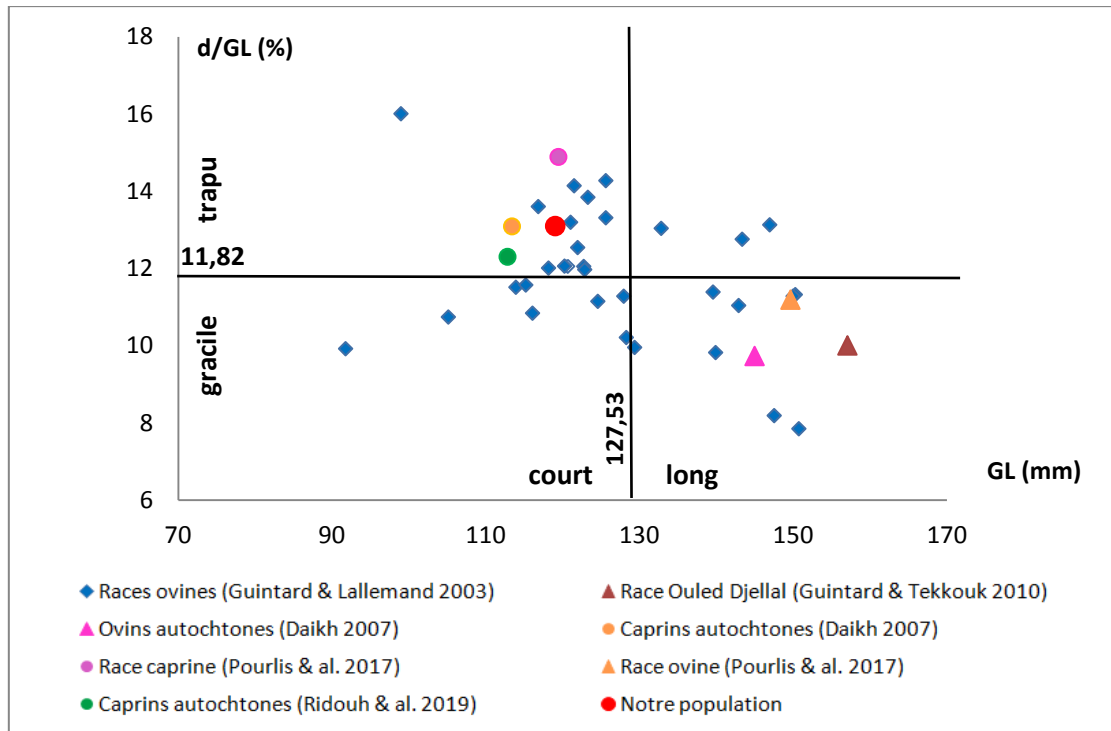


Figure 71 : Représentation graphique $d/GL = f(GL)$ pour les femelles de différentes races actuelles

L'indice de gracilité d/GL de notre population autochtone, comparé aux autres races de référence indique une population trapue. Avec une valeur de $d/GL = 13,1\%$, très nettement supérieure à la moyenne $11,75\%$ (Fig. 71).

Au bilan, par rapport aux différentes races et populations des petits ruminants, la population caprine autochtone présente donc des métacarpes courts, des os assez larges correspondant à des animaux de format moyen, assez robustes, assez lourds et en même temps, des os particulièrement trapus au niveau de la diaphyse.

En ce qui concerne la proximité, notre population est très proche des caprins déjà étudiés, issus de la même population.

Par rapport aux ovins algériens, les os de notre population sont plus courts et plus trapus, mais plus étroits au niveau de leurs extrémités proximales. Donc notre chèvre est trapue mais moins robuste que les ovins Ouled Djellal.

Par rapport aux ovins européens et malgré des rapprochements de certaines valeurs moyennes entre les races ovines et notre population comme par exemple (Speckle face, Welsh Speckleface, Herdwick, Belle Ile, Portland), on veut mettre en évidence les races utilisées dans la comparaison des têtes pour sélectionner les races les plus proches de notre chèvre pour les têtes et les métacarpes en même temps (Fig. 72, 73).

Il nous apparaît une dispersion des races qui sont divisées en trois groupes ; notre chèvre dans le groupe médian qui contient presque les mêmes races trouvées dans la comparaison des têtes (Vendéen, Suffolk, et surtout Landes de Bretagne et Belle île qui sont très proches) et présentent des animaux rustiques caractérisés par un format moyen.

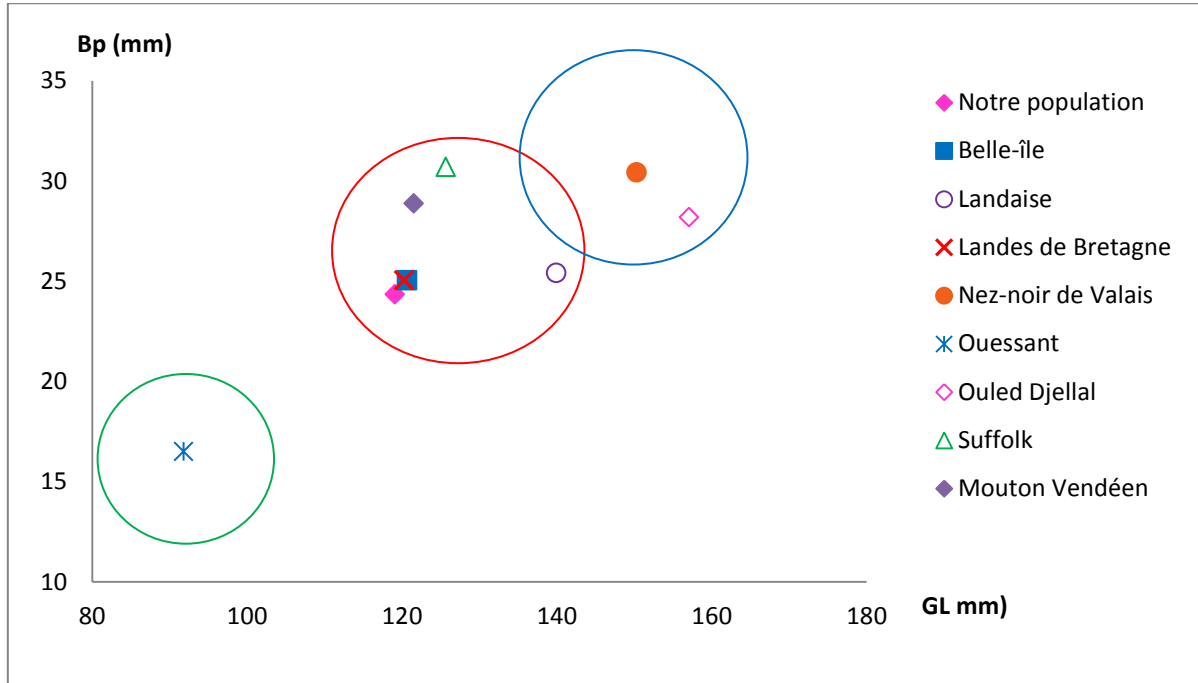


Figure 72 : Représentation graphique $Bp = f(GL)$ pour les femelles de différentes races actuelles utilisées pour la comparaison des crânes

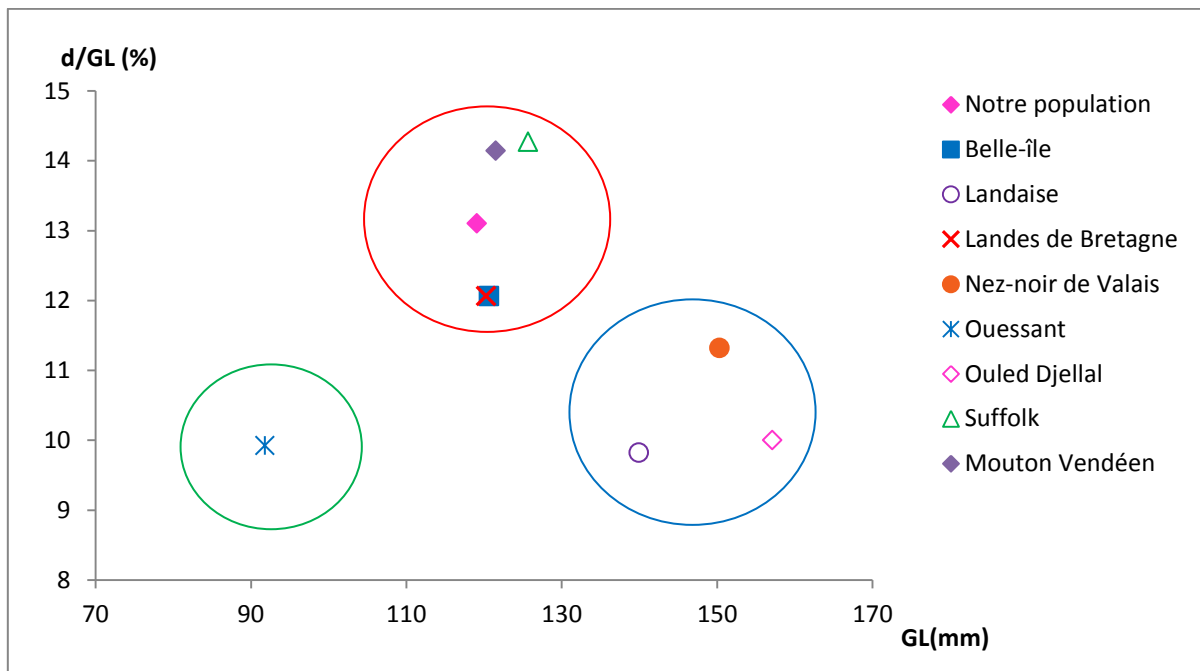


Figure 73 : Représentation graphique $d/GL = f(GL)$ pour les femelles de différentes races actuelles utilisées pour la comparaison des crânes

Conclusion

Conclusion

Cette première approche ostéo-crâniométrique de la population caprine Algérienne, a permis de mettre en évidence un certain nombre de résultats originaux, et de faire ressortir les principaux traits caractéristiques de cette population.

L'étude crâniométrique des caprins a servi à la formation d'une base de données concernant de nombreuses mesures sur un échantillon d'une population actuelle. Concernant l'étude ostéométrique des métacarpes, notre travail est un approfondissement et une prolongation de l'étude initiale réalisée sur l'ostéomorphométrie des os canons de la chèvre de race Arabia en Algérie (Guintard & al. 2018), avec des animaux adultes.

Le sexe ratio de l'échantillon est équilibré et offre des animaux d'âge et de poids qui correspondent bien à l'abattage actuel dans la race caprine.

Notre population est pourvue de petites têtes avec de gros neurocrânes par rapport à celles des ovins. Concernant les métacarpes, ils sont plus petits et plus trapus par rapport à ceux des ovins, mais sont particulièrement courts et plus graciles que ceux des autres races caprines. En relation avec des animaux de type marcheur, la gracilité des métacarpes est relativement importante.

L'effet de l'âge est visible sur la croissance des têtes où les mâles semblent plus précoces que les femelles. Sinon la croissance du métacarpe ne présente pas une différence.

En terme de variabilité globale des paramètres ostéométriques, on s'aperçoit que les tendances sont presque les mêmes pour les crânes et pour les mandibules. Les paramètres les plus variables sont ceux de la hauteur, sachant que la partie la plus variable du métacarpe de la chèvre autochtone est la diaphyse, en particulier sa largeur, comme chez tous les ruminants étudiés.

L'intérêt de ce travail pour l'archéozoologie réside dans les très rares cas où les animaux sont retrouvés en connexion anatomique, peu fragmentés au niveau du crâne, ou en présence de la mandibule. Mais d'une façon générale, l'os canon, est un élément du squelette suffisamment solide pour être régulièrement retrouvé entier ou peu altéré lors des fouilles archéologiques et la simplicité de ses mesures qui nous apportent des informations intéressantes sur les crânes et les mandibules par des équations linéaires proposées. Ceci nous permet d'estimer des paramètres difficiles d'accès à partir des mensurations les mieux corrélées (tous les paramètres de métacarpe sont fortement corrélés avec ceux de crâne). La réalisation d'un référentiel est nécessaire pour se baser sur des morphotypes connus. Il pourrait donc être intéressant d'utiliser cet outil sur des échantillons de races actuelles plus

diverses ou sur des populations archéologiques connues afin de disposer d'un référentiel plus complet. Il faudra toutefois se souvenir que ces équations ne sont extrapolables qu'à des morphotypes très proches, car la chèvre algérienne autochtone est un animal de taille moyenne, rustique, de type marcheur très accusé.

En revanche, l'étude multivariée des métacarpes ne permet pas de mettre en évidence une ségrégation des sexes au sein d'une population formée par des os épiphysés, cette séparation et même la séparation des individus sub-adultes et adultes sont possibles par les crânes, ou encore mais à moindre degré par les mandibules.

Le dimorphisme sexuel est bien marqué, la crâniométrie et l'ostéométrie des métacarpes permettent de sexer l'échantillon sans trop de problème, mais non individuellement. Néanmoins, les paramètres de hauteur sont aussi dimorphiques que les autres mensurations chez l'espèce caprine et tous sont significativement différents entre les mâles et les femelles dans le crâne. Le sexage doit donc être privilégié sur le crâne lorsque cela est possible.

Enfin, et même si ces premiers résultats doivent impérativement être confrontés à un corpus de comparaison plus étoffé de caprins, car il y a très peu des études réalisées sur cette espèce. La comparaison de ces données avec les différentes races de petits ruminants qui sont divisées en trois morphotypes selon des paramètres des têtes et des métacarpes, montre que la chèvre autochtone Algérienne est une race rustique de format moyen et assez robuste, pourvue d'une petite tête et de métacarpes courts, assez larges à leurs extrémités proximales et trapus au niveau de la diaphyse.

S'il demeure évident que ces résultats doivent être complétés par une éventuelle nouvelle étude statistique, ils donnent néanmoins des tendances et permettent d'envisager des pistes de recherche et de réaliser des comparaisons entre les différentes races caprines.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

1. **Adamet Z.**: Untersuchungen Über *Capra prisca*, eine ausgestorbene neue Stammform unserer Hausziegen. Mitteilungen d. Landwirt. Lehrkanzeln d. Hochschule für Bodenkultur in Wien. 1915, 3, (1), 1-21. Cité dans Zeuner F.E., A History of Domesticated Animals. London, United Kingdom, Hutchinson, 1963, 129- 152.
2. **Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Thorin C., Brerhi E.H., Borvon A. & Babelhadj B. & Guintard C.** : Étude ostéo-biométrique de la «race» cameline algérienne Sahraoui (*Camelus dromedarius* L., 1758). Rev. Méd. Vét., 2013, 164, 230-244. Londres, 1999, 56-57.
3. **Afolayan R.A., Adeyinka I.A. & Lakpini C.A.M.**: The estimation of live weight from body measurements in Yankasa sheep. Czech J. Anim. Sci., 2006, 51:343-8.
4. **Albarella U.** : Shape variation of cattle metapodials: age, sex or breed? Some exemples from mediaeval and postmediaeval sites. Anthropozoologica, 1997, 25-26, 37-47.
5. **Alpak H., Onar V. & Mutus R.** : The Relationship Between Morphometric And Long Bone measurements of the Morkaraman Sheep. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 2009, 33(3) : 199-207.
6. **Ami K.** : Approche ostéo-morphométrique des têtes de la population ovine autochtone. Thèse de Magister en médecine vétérinaire. Option : Anatomie et Anatomie Pathologique. Spécialité : Anatomie. Université des Frères Mentouri Constantine 1, 2014, 171.
7. **AnGR** : « Rapport National Sur Les Ressources Génétiques Animales : Algérie ». Rédigé par : Kerboua M., Feliachi K., Abdelfettah M., Ouakli K., Selhab F., Boudjakdji A., Ghenim H. Ministère De l'Agriculture Et Du Développement Rural, Commission Nationale Angr, 2003. 1-46.
8. **Antonot P.** : Etude ostéométrique de têtes osseuses de bovins de l'île Amsterdam, 109 pages, Thèse de Doctorat Vétérinaire, Nantes, 2000.
9. **Arbogast R.M.** : Premiers élevages néolithiques du nord-est de la France. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Liège, ERAUL, n° 67, 1994.
10. **Archeochartres** « Direction de l'Archéologie » : Les métiers de l'archéologie. L'archéozoologie Juin 2015.
11. **Argüello A.** : Trends in goat research, a review. Dans : Journal of Applied Animal Research, 39 :4, 2011, pp.429-434.
12. **Auguste P.** : Actions climatique et édaphique – Synthèse générale. In : Patou-Mathis Marylène dir. - Outillage peu élaboré en os et bois de cervidés, IV. 6 ème table ronde : Taphonomie / Bone modification. Paris, France septembre 1991. Treignes : Centre d'Études et de Documentation Archéologiques, 1994b, p. 17-27.
13. **Auguste P.** : Introduction générale : la fossilisation. In : Patou-Mathis Marylène dir. - Outillage peu élaboré en os et bois de cervidés, IV. 6 ème table ronde : Taphonomie / Bone modification. Paris, France septembre 1991. Treignes : Centre d'Études et de Documentation Archéologiques, 1994a, p. 11-14.
14. **Babelhadj B.** : Etude ostéo-biométrique de dromadaire : cas de la population Sahraoui. Thèse de Magister, Option : Élevages en zones arides (EZA). Université Kasdi Merbah de Ouargla, 2012, p137.
15. **Babelhadj B., Adamou A., Thorin C., Tekkouk-Zemmouchi F., Benaissa A. & Guintard C.** : Etude ostéo-biométrique comparée des races camelines algériennes Sahraoui et Targui (*Camelus dromedarius* L., 1758). Revue de Médecine Vétérinaire, 2016, 167(3-4) : 77-92.
16. **Babo D.** : Races ovines et caprines françaises, 302 pages, France Agricole éd., Paris, 2000.

17. **Badis A., Laouabdia –Sellami N., Guetarni D., Kihal M. & Ouzrout R.:** Caractérisation phénotypique des bactéries lactiques isolées à partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales « ARABIA ET KABYLE ». *Sciences et technologie*, 2005, 23, 30-37.
18. **Baker J. & Brothwell D. :** *Animal Diseases in Archaeology*. Academic Press, London, 1980, 235 pp.
19. **Balasse M. & Ambros S.H. :** Distinguishing sheep and goats using dental morphology and stable carbon isotopes in C4 grassland environments. *Journal of Archaeological Science*, 32, 2005, p. 691-702.
20. **Barone R. :** *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome I: Ostéologie*. 3ème édition. Paris, Vigot. Editions, 1986. p761.
21. **Barone R. :** *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome III : Splanchnologie I : Appareil digestif, appareil respiratoire*. 2ème édition, Vigot, 1984, 879p.
22. **Belhaoues F., Forstenpointner G. & Breit S.:** Dimorphisme sexuel des os longs chez le chien : analyses statistiques des variables ostéométriques linéaires chez le Berger allemand. *Revue Méd. Vét.*, 2016, 167, 9-10, 256-268 p.
23. **Benecke N. :** *Der Mensch und seine Haustiere. Die Geschichte einer jahrtausendealten Beziehung*. Stuttgart : Konrad Theiss, 1994, 470 p.
24. **Berteaux D. & Guintard C. :** Osteometric study of the metapodials of Amsterdam Island feral cattle. *Acta Theriologica*, 1995, 40(1) : 97-110.
25. **Betti E., Douart C. & Guintard C. :** Statistiques uni- et multivariées appliquées à la biologie : étude ostéomyométrique du coxal et du fémur chez le chien (Berger allemand et Beagle), I. Etude ostéométrique du coxal et du fémur. *Revue Méd. Vét.*, 2000, 151, 317-336 p.
26. **Bibracte :** Les métiers de l'archéologie. Actions éducatives. Parcours d'éducation artistique et culturelle. Centre archéologique européen - 58370 Glux-en-Glenne. 2006
27. **Binford Lewis R. :** *Bones, ancient men and modern myths*. New York-London-TorontoSydney-San Francisco : Academic Press, 1981, 321 p.
28. **Boessneck J. & Von Den Driesch A. :** The significance of measuring animal bones from archaeological sites in Meadow R. H. & Zeder M. A. (eds.) : *Approaches to faunal analysis in the Middle East*, 1978, 25-39, Peabody Museum Bulletin, vol. 2, Harvard.
29. **Boessneck J. :** Ein Beitrag zur Errechnung der Widerristhöhe nach Metapodienmassen bei Rindern. *Z. Tierzucht. Zuchtungsbiol. (J. Anim. Breed Genet.)*, 1956, 68, 75-90.
30. **Boessneck J. :** Osteological difference between sheep (*Ovis aries* Linné) and goat (*Capra hircus* Linné). In : Brothwell D. & Higgs E.S. (Eds), *Science in archeology, a survey of progress and research*. Thames & Hudson, London, 1969, 331-358.
31. **Boessneck J., Müller H.H. & Teichert M.** Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linnaeus) und Ziege (*Capra hircus* Linnaeus). *KuhnArchiv*, 1964, 78 : 1-129.
32. **Bökönyi S.:** *History of Domestic Mammals in Central and Eastern Europe*, Budapest. Thèse de doctorat, Akademiae Kiado, 1974.
33. **Borvon A., Guintard C. & Pérez Macías J.A.:** La faune du site Almohade de La Barrera (Bonares, Espagne, XIIe-XIIIe siècle). *Revue Méd. Vét.*, 2008, 159, 3, 130-143
34. **Borvon A. :** Acquisition des ressources animales, alimentation carnée et distinction sociale en Anjou de la fin du Xe au début du XIIe siècle. Étude archéozoologique du site de Montsoreau (Maine-et-Loire).Thèse présentée et soutenue publiquement pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne en Archéologie Environnementale, spécialité Archéozoologie, le 26 janvier 2012

- 35. Bouchel D & Lauvergne J.J.** : Le peuplement de l'Afrique par la chèvre domestique. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 1996, 49(1) : 80-90.
- 36. Bouchel D., Lauvergne J.J., Guibert E. & Minvielle R.** : 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*, 1997, 148(1) : 37-46.
- 37. Bouchel D., Sow R.S., Bibe B., Tixier-Boischar M., Lauvergne J.J., Poivey J.P. & Rognon X.** : 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*, 2006, 13 : 257.
- 38. Boughalem K.**: Mise en place d'un système d'identification, d'enregistrement et de suivi des animaux en Algérie. CVO Algérie Alger, Algérie– 24 et 25 Novembre 2015 CPC/REMESA
- 39. Bourlière F.** : Sur l'origine de nos animaux domestiques et des plantes cultivées, dans l'Eurasie de la collection Life. In : *Bulletin de la Murithienne Société valaisanne des sciences naturelles*, Numéros 84 à 87. Edition : le Société, 1967. Numérisé le 20 déc 2017.
- 40. Brasier L.** : Domestication origines d'une révolution. *Le monde, science & techno*, N° 4, le samedi 18 août 2012.
- 41. Briand É., Cayzac N., de Craene N., Claire A., Soulages L., Monteillet M.L. & Mourot F.**: L'archéologie et ses métiers. Dossier Pédagogique Hors Série N°2. Site archéologique Lattara – musée Henri Prades de Montpellier Méditerranée Métropole. Service des publics, 2017.
- 42. Bull G. & Payne S.** : Tooth eruption and epiphyseal fusion in pigs and wild boar. In : WILSON (B.), GRIGSON (C.) et PAYNE (S.) eds. - *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological sites*. Oxford, Archaeopress, 1982, p. 55-71 (BAR British Series 109).
- 43. Camby A. & Maizeret Ch.** : le Vison d'Europe (*Mustela Lutreola* Linnaeus, 1761) et le Vison d'Amérique (*Mustela vison*). *Encyclopédie des carnivores de France* n°13 et 14. Société française pour l'étude et la protection des mammifères, 1990, 44p.
- 44. Camps G.** : Les origines de la domestication dans le nord de l'Afrique, *Trav. Du LAPEMO*, ronéo : Colloque d'élevage en Méditerranée occidentale. Paris. CNRS, 1976, p49-66.
- 45. Castel J.C.** : Comportements de subsistance au Solutréen et au Badegoulien d'après les faunes de Combe Saunière (Dordogne) et du Cuzoul de Vers (Lot). Thèse pour obtenir le grade de Docteur-spécialité : Préhistoire et Géologie du Quaternaire. Bordeaux : Université de Bordeaux I, 1999, 619 p.
- 46. Chaix L. & Desse J.** : L'os et sa mesure. *Archéozoologie et archéométrie. Histoire & Mesure*, IX/3-4, 1994, p. 339-363.
- 47. Chaix L. & Méniel P.**: *Archéozoologie. Les animaux et l'archéologie*. Editions Errance, Paris, 2001, 239p.
- 48. Chaix L. & Méniel P.**: *Éléments d'archéozoologie*. Paris : Errance, 1996, 112 p.
- 49. Chaix L.**: Troisième note sur la faune de Kerma (Soudan), campagnes 1983-1984, *Genava*, 32 : 3134. Cité dans VIGNE J.D.: Les grandes étapes de la domestication de la chèvre : une proposition d'explication de son statut en Europe occidentale. *Ethnozootechnie*, 1988, 14: 1-14.
- 50. Charlet P., Le Jeouen J.C.**: Les populations caprines du Bassin méditerranéen: Aptitudes et évolution, *Options Méditerranéennes*, N°35, 1977, Ressources p 44-45.
- 51. Chellig R.** : La production animale de la steppe : Congrès sur le nomadisme en Afrique, Addis-Abbéda, 6-10 février 1978.
- 52. Clavel B. & Yvinec J.-H.**: L'archéozoologie du Moyen Âge au début de la période moderne dans la moitié nord de la France. In : CHAPELOT (J.) éd. - *Trente ans d'archéologie médiévale en France*

Un bilan pour l'avenir. Actes du IXe congrès international de la Société d'archéologie médiévale (Vincennes, 16-18 juin 2006). Caen : Publications du CRAHM, 2010, p. 71-87.

53. Clavel B.: Étude archéozoologique de deux implantations rurales sur le littoral français au Moyen Âge. ARCHÉOPAGES. Janvier 2007.

54. Clutton-Brock J., Dennis-Bryan K., Armitage P.L. & Jewell P.A.: Osteology of the Soay Sheep. Bulletin British Museum Natural History, 1990, 56, 1-56.

55. Colley S. M. : The Analysis and Interpretation of Archaeological Fish Remains in Schiffer M. B. (ed.) : Archaeological Method and Theory, 1990, 207-253, The University of Arizona Press, Tucson.

56. Couplan F. & Benoit L.: Agriculture: les différents foyers de domestication. (Première partie). Revue Valériane n°86. Nature Progrès Belgique & Culture Education Permanente. Janvier-Février 2011.

57. Cucchi T., Baylac M., Evin A., Bignon-Lau O., Vigne J-D: Morphométrie géométrique et archéozoologie: Concepts, méthodes et applications. Chapitre 14. Messages d'os Archéométrie du squelette animal et humain. Éditions des archives contemporaines. 2015

58. Cuq P.: L'âge des Animaux Domestiques. Dakar EISMV, 3ème édition, 1975, 65 p.

59. Daas S. & Djebir S. : Etude comparative des métapodes des bovins. Cas de métacarpes et de métatarses provenant de l'abattoir de Ferdjioua et d'El-Khroub. Mémoire de Doctorat Vétérinaire, n° 05-003. Département vétérinaire El-Khroub, Université de Constantine, Algérie, 2005, 67 pp.

60. Daikh B. : Mesures ostéométriques et essais de dureté osseuse des métapodes des petits ruminants. Mémoire de Magister, option anatomie. Batna, 2007, 81 p.

61. Dao F. & Masungi N. : De la fouille au musée : les métiers de l'archéologie « La Villa romaine de Pully ». Edition : Service des affaires culturelles (SERAC), Département de la formation, de la jeunesse et de la culture du Canton de Vaud (DFJC). dp • n°56–2014

62. Davis S. J.M. : The Archaeology of Animals. London : B.T. Batsford Ltd, 1987, 224 p.

63. Davis S. J.M., Svensson E. M., Albarella U., Detry C., Götherström A., Pires A. E. & Ginja C. : Molecular and osteometric sexing of cattle metacarpals: a case study from 15th century AD Beja, Portugal, Journal of Archaeological Science, 2012, 39, 1445-1454.

64. Davis S.J.M.: Measurements of a group of adult female Shetland Sheep skeletons from a single flock : a baseline for zooarchaeologists. J. Archaeological Sci., 1996, 23, 593-612.

65. Deghfel M.L. & Merir Y. : Ostéométrie des métapodes de bovins. Cas de métacarpes et de métatarses de trois races locales : Cheurfa, Guelmoise et Sétifienne. Mémoire de Doctorat Vétérinaire, n°06-003. Département vétérinaire El-Khroub, Université de Constantine, Algérie, 2006, 70 pp.

66. Dekkiche Y. : Etudes des paramètres zootechniques d'une race caprine améliorée (Alpine) et deux populations locales (MAKATIA et ARBIA) en élevage intensif dans une zone steppique (Laghouat). Thèse. Ing. Agro ; INA. El Harrach. 1987.

67. Denys Ch. & Patou-Mathis M. : Manuel de taphonomie. Editions errance. DÉP. LÉG. : SEPT. 2014

68. Dereclenne J. B. : Le prieuré de Sainte-Sigolène, lieu-dit Troclar à Lagrave (Tarn) : étude archéozoologique des vestiges osseux des IXe-XIIIe siècles (Fouilles 1993-1995). Thèse pour le diplôme d'État de Docteur Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, 200, 130 pp.

69. Descola Ph. : Pourquoi les Indiens d'Amazonie n'ont-ils pas domestiqué le Pécarí ? in De la préhistoire aux missiles balistiques B. Latour & P. Lemonnier (dir), Paris, 1994, La Découverte : 329-344

- 70. Desse J. & Desse-Berset N.** : Âge et saison de mort des poissons : applications à l'archéologie in Baglinière J.-L. (ed.) : Tissus durs et âge individuel des vertébrés, Colloque national de Bondy, mars 1991, 341-353, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM, remplacé par l'Institut de recherche pour le développement IRD), Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris, 1992.
- 71. Diamond J.** : Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature*, 2002,418: 700–707.
- 72. Diamond J.** : *Guns, germs and steel: the fates of human societies*. new York, etats-unis d'amérique. Norton, 1999.
- 73. Dive J. & Eisenmann V.**: Identification and discrimination of first phalanges from Pleistocene and modern Equus, wild and domestic. : MEADOW (R. H.), Uerpman (H.-P.) eds. - Equids in the ancient world. Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients. Wiesbaden : L. Reichert, Band 2, 1991, 278-333.
- 74. Djarim S. & Ghribeche M.T.** : Contribution à la connaissance de la chèvre de Touggourt et à l'amélioration de son élevage. Mémoire de fin d'études, ITA Mostaganem. 1981.
- 75. Downs J. F.** : Domestication : an examination of the Changing Social Relationship Between Man and Animals, 1960, cité par Jean-Pierre Digard : *L'homme et les animaux domestiques : Anthropologie d'une passion*, 1990, voir Bibliographie.
- 76. Driesch A. (Von Den) & Boessneck J.** : Kritische Anmerkungen zur Widerristhöhenberechnung aus Längenmassen vor- und frühgeschichtlicher Tierknochen. *Säugetierkundliche Mitteilungen*. 1974. 22 : 325-348.
- 77. Driesch A. (Von Den) & Boessneck J.**: Die Tierknochenfunde aus der neolithischen Siedlung von Merimde- Benisalâme am Westlichen Nildelta. *Inst. Paleoanat. Domestikationsf. u. Ceschichte Tiermedir. Univ. Munich, Allemagne, München éd*, 1985, 123 p. Cité dans VIGNE J.D.: *Les grandes étapes de la domestication de la chèvre : une proposition d'explication de son statut en Europe occidentale*. *Ethnozootechnie*, 1988, 14: 1-14.
- 78. Driesch A. (Von Den)** : A guide to the measurement of animal bones from archeological sites. Harvard University : Peabody Museum, 1, 1976, 137 p.
- 79. Ducos P.** : *L'origine des animaux domestiques en Palestine*. CNRS, Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux, Bordeaux, 1968, 191 pp.
- 80. Eisenmann V. & Bekouche S.**: Identification and Discrimination of Metapodials from Pleistocene and Modern Equus, Wild and Domestic. In : MEADOW (R. H.), Uerpman (H.-P.) eds. - Equids in the ancient world. Wiesbaden : L. Reichert, 1986-1991, Band 1, 1986, p. 117-163.
- 81. Eisenmann V.** : Comparative Osteology of Modern and Fossil Horses, Half-asses, and Asses. In : MEADOW (R. H.), Uerpman (H.-P.) eds. - Equids in the ancient world. Wiesbaden : L. Reichert, 1986-1991, Band 1, 1986, p. 67-116.
- 82. Eisenmann V.** : Equidae monodactyles. Mesures , 2013. <http://www.vera-eisenmann.com/>. Lien consulté le 11 novembre 2014.
- 83. Eisenmann V.** : Etude des dents jugales inférieures des Equus actuels et fossiles. Montpellier : *Palaeovertebrata*, 1981, vol. 10, fasc. 3-4, p. 127-226.
- 84. Eisenmann V.** : Les chevaux (Equus sensu lato) fossiles et actuels : crânes et dents jugales supérieures. Paris : Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1980, 186 p. (Cahiers de Paléontologie).
- 85. Escareño L., Salinas-Gonzalez H., Wurzinger M., Iñiguez L., Sölkner J. & Meza-Herrera C.** : Dairy goat production systems. Status quo, perspectives and challenges. *Tropical Animal Health Production*, 2013.45, p. 17-34.

- 86. Espérandieu G. & Chaker S.:** « Chèvre ». [En ligne], Encyclopédie berbère, 13, 1994.
- 87. Esperandieu G. :** Art animalier dans l'Afrique antique, Imprimerie Officiel 7 et 9, Rue TOLLIER Alger, 1975, pp 10-12.
- 88. Etier-Lafon V. :** Présentation de la paléopathologie animale. Étude de cas. Thèse pour le diplôme d'État de Docteur Vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, 1997, 139 pp
- 89. Eveha :** Les métiers de l'archéologie. L'archéozoologie. Etude et valorisations archéologiques 2017
- 90. Fabre L., Forest V. & Ginouvez O.** 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. XXIIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APDCA, Antibes : 2002. 437-450.
- 91. Fantazi K.:** Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie. Cas de la vallée d'Oued Righ (Touggourt). Thèse de Magister I.N.A. Alger, 2004, 145p.
- 92. Faugere O., Faugere B., Merlin P., Dockes C. & Perrot C.:** L'élevage traditionnel des petits ruminants dans la zone de Kolda (Haute Casamance) : référentiel technico-économique (données recueillies dans vingt villages de 1984 à 1987), 1988, 187 p.
- 93. Feknous M. :** Essai de caractérisation des systèmes d'élevage ovin à l'échelle de la wilaya d'echellif. Dèp. Zootechnicienne INA. El Harrach. 1991
- 94. Feliachi K. :** Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie. Commission générale AnGR, Point focal algérien pour les ressources génétiques. Octobre 2003, 29-30p.
- 95. Fernandez H. :** Ostéologie comparée des petits ruminants eurasiatiques sauvages et domestiques (genres Rupricapra, Ovis, Capra et Capreolus) : diagnose différentielle du squelette appendiculaire, Thèse présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Genève pour obtenir le grade de docteur ès sciences, mention biologique, dactylographiée. Genève : Muséum d'histoire naturelle, 2001, 2 volumes, 465 p., 45 pl. et 140 fig.
- 96. Fernández H., Hugues S., Vigne J.D., Helmer D., Hodgins G., Miquel C., Hänni C., Luikart G. & Taberlet P. :** Divergent mtDNA lineages of goats in an Early Neolithic site, far from the initial domestication areas. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America , 2006, 103, 15375-15379.
- 97. Fernández H., Taberlet P., Mashkour M., Vigne J.D. & Luikart G. :** Assessing the origin and diffusion of domestic goats using ancient DNA, 2005. In: The first steps of animal domestication. New archaeological approaches (eds. Vigne JD, Peters J, Helmer D), pp. 50-54. Oxbow Books, Oxford, UK.
- 98. Fock J. :** Metrische Untersuchungen an Metapodien einiger europäischer Rinderrassen. Inaugural Dissertation, München, 1966, 1-81.
- 99. Forest V. & Rodet-Belarbi I. :** À propos de la corpulence des bovins en France durant les périodes historiques. Gallia, 2002, 59 : 273-306.
- 100. Forest V. & Rodet-Belarbi I. :** Augmentation du format des bovins en Gaule romaine : problèmes méthodologiques et innovation technique in Garcia D. & Meeks D. (eds.) : Techniques et économie antiques et médiévales. Le temps de l'innovation, 1997, 166-171, Errance, Paris.
- 101. Forest V. & Rodet-Belarbi I. :** Ostéométrie du métatarse des bovins en Gaule de la Conquête romaine à l'Antiquité Tardive. Revue Méd. Vét., 1998, 149, 1033-1056.
- 102. Forest V. & Rodet-Belarbi I. :** Ostéométrie et morphologie des bovins médiévaux et modernes en France méridionale. In : Marandet M.C. (dir.), L'homme et l'animal dans les sociétés méditerranéennes. 4e journée d'études du Centre de Recherches Historiques sur les Sociétés Méditerranéennes, Presses Universitaires de Perpignan, 2000, 27-91.

- 103. Forest V.** : Une succession d'occupations du début du Néolithique moyen à l'âge du Bronze ancien. Ed. des Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse, 2018, 500 pp. In : Convertini F. & Georjon C. (dir.), Le Champ du Poste (Carcassonne, Aude).
- 104. Forest V.** : De la hauteur au garrot des espèces domestiques en archéozoologie. *Revue Méd. Vét.*, 1998, 149, 55-60.
- 105. Forest V.** : Données biologiques et données zootechniques anciennes. Essai de mise en équivalence. *Revue de Médecine vétérinaire*, 148-12, 1997, p. 951-958.
- 106. Forest V.** : Etude archéozoologique. Eglise Saint-Jacques – Elne (XIe-XIIe siècles). 2e Rencontres d'histoire et d'archéologie d'Elne, 1999. Société des Amis d'Illyberis, 2003, 193-212.
- 107. Fouché S.** : Etude ostéométrique de têtes osseuses de moutons (*Ovis aries*, L.). 223 pages, Thèse de Doctorat Vétérinaire, Nantes, 2006.
- 108. Garcia D.** : Livre blanc de l'archéologie préventive. Commission D'évaluation Scientifique, Économique Et Sociale De L'archéologie Préventive Mars 2013.
- 109. Getty R.** : Anatomy of the domestic animals. W. B. Seun ders company, London, 1977. 4eme édition. volume 01. 1211p.
- 110. Ghedhaifi B.** : Contribution à la connaissance des races ovines algériennes cas de la race ouled djellal. Thèse Ing. INA El Harrach. 1991
- 111. Gillis R. Chaix L. & Vigne J. D.** - An assessment of morphological criteria for discriminating sheep and goat mandibles on a large prehistoric archaeological assemblage (Kerma, Sudan). *Journal of Archaeological Science*, 38, 2011 p. 2324-2339.
- 112. Goldfinger E.** : Animal anatomy for artists, the elements of form. Oxpord university press, 2004, 242p.
- 113. Gould S. J.** : Le mécanicien céleste et le naturaliste terrestre. Cité par GOULD S. J. : les quatre antilopes de l'apocalypse. *Réflexions sur l'histoire naturelle*. Paris : Seuil, 2000, 45-60.
- 114. Grasse P.** : *Traité de Zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie*, Tome XVI, premier fascicule. Mammifères : téguments, squelette. Paris: Masson et Cie Editions, 1967, 1162p.
- 115. Greathouse E.** : Animal anatomy. Research World 4735/22 Prakashdeep Bldg, 2012. 1ère Edition.
- 116. Greenfield H. J. & Arnold E.** : Absolute age and tooth eruption and wear sequences in sheep and goat: determining age-at-death in zooarchaeology using a modern control sample. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2008, p. 836-849.
- 117. Greenfield H. J.** : Sexing Fragmentary Ungulate Acetabulae. In : RUSCILLO (D.) éd. - Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones (9th ICAZ Conference, Durham 2002. Oxford : Oxbow, 2006, p. 68–86.
- 118. Grigson C.:** Sexing Neolithic domestic cattle skulls and horn cores. In : B. WILSON, C. GRIGSON, S. PAYNES (éd.), Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites : BAR British Series 109, 1982, 25-35.
- 119. Grigson C.:** The craniology and relationship of four species of Bos. 1, Basic Craniology : Bos taurus L. and its Absolute Size. *J. Archaeological Sci.*, 1974, 1, 353-379.
- 120. Grigson C.:** 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. *J. Archaeological Sci.*, 1978, 5, 123-152.

- 121. Guessas H.M. & Semar S. :** Réflexion sur la mise en place d'un centre géniteur caprin dans la région de Ghardaïa. Mém.- Ing. : Agron. Université : INA : Département de productions animales, Alger, 1998.
- 122. Guillaume B. :** Les apports de l'archéologie à l'enseignement de l'histoire. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation. Université Lumière Lyon 2. Présentée et soutenue le 2 avril 2004.
- 123. Guintard C. & Arnaud S. :** Ostéologie comparée de la tête osseuse chez trois espèces de Félidés d'Europe de l'ouest : le lynx (*Lynx lynx*), le chat sauvage (*Felis sylvestris*) et le chat domestique (*Felis catus*). Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, nouvelle série 25, 2003, 49-83.
- 124. Guintard C. & Betti E.:** Ostéométrie des métapodes des ruminants domestiques (*Bos taurus* et *Ovis aries*) : typologie et sexage, Mondial Vet Lyon 99, 23-26 septembre 1999, Lyon (F), Proceedings, WVA Conferences, 26ème Congrès mondial WVA ; Recherche/search, CDROM Mac/PC, Conception ACM, 1999.
- 125. Guintard C. & Borvon A. :** Sexer les métapodes de bovins : proposition de méthodologie appliquée aux métacarpes. Exemple des sites archéologiques médiévaux d'Andone (Charente, X-XIe siècles) et de Montsoreau (Maine-et-Loire, XIe siècle). Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série, 2009, 31, 123137.
- 126. Guintard C. & Fouché S.:** Etude ostéométrique de têtes osseuses de moutons (*Ovis aries*, L.). Revue Méd. Vét., 2008, 159, 12, 603-617
- 127. Guintard C. & Lallemand M.:** Osteometric study of metapodial bones in sheep (*Ovis aries*, L. 1758). Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger, 2003, 185, 573-583.
- 128. Guintard C. & Tekkouk-Zemmouchi F. :** Aperçu ostéo-biométrique de la race ovine (*Ovis aries*, L.) Ouled Djellal (Algérie). Rev. Méd. Vét., 2010, 161, 521-531.
- 129. Guintard C. :** Identifier et mesurer l'évolution de l'élevage bovin : Un problème de méthode en archéozoologie. VIe Congrès International de la S.A.M., 1-5 octobre 1996, "L'innovation technique au Moyen Age, Dijon, (éd.) : Errance, 1997, 21-29.
- 130. Guintard C. :** Estimation du poids chez les bovins à partir du métapode. Deuxième congrès des étudiants du MNHN, Biodiversité et Biologie des Organismes et des Populations. Zoologie, 1996b, 37-38.
- 131. Guintard C. :** Étude ostéométrique des métapodes de bovins : la race charolaise. Thèse de doctorat du MNHN, Anatomie comparée. Paris, 1996, 391 pp.
- 132. Guintard C. :** Identifier et mesurer l'évolution de l'élevage bovin : un problème de méthode en archéozoologie (Comment appréhender la variabilité biologique ?) in Beck P. (ed.) : L'innovation technique au Moyen Âge. Actes du VIe Congrès International d'Archéologie Médiévale, 1998b, 21-29, Errance, Paris.
- 133. Guintard C. :** L'apport de l'archéozoologie à la connaissance d'un castrum de l'an mil : l'exemple d'Andone (Charente - ca 950-1028). Bilan et perspectives in Cocula A.-M. & Combet M. (eds.) : Le château et la nature. Actes des Rencontres d'Archéologie et d'Histoire en Périgord, septembre 2004, 11-35, Ausonius, Scripta Varia 11 - De Boccard, Bordeaux, 2005.
- 134. Guintard C. :** Ostéométrie des métapodes de bovins. Revue Méd. Vét., 1998, 149, 751-770.
- 135. Guintard C., Betti E., Thorin C. & Antonot P. :** Etude crâniométrique des bovins de l'île Amsterdam : modélisation du dimorphisme sexuel. Revue Archéométrie, 2001, 25, 157-177.
- 136. Guintard C., Ridouh R., Thorin C. & Tekkouk-Zemmouchi F. :** Etude ostéométrique des métapodes de Chèvres (*Capra Hircus*, L., 1758) d'Algérie : cas de la race autochtone Arabia. Revue de Médecine Vétérinaire, 2018, 169(10-12) : 221-232.

- 137. Guintard C., Rousseau G. & Mellet F. :** Place de l'animal domestique à Zeugma, apport de l'archéozoologie: évolution de la consommation carnée selon les époques d'occupation. Bollettino di Archeologia on line I 2010/ Volume speciale G / G9 / 1
- 138. Guintard C.:** Les bovins de l'île Amsterdam. Etude ostéomorphométrique des métapodes, mémoire de DEA, Paris VII - MNHN, inédit, 1991, 73 pages.
- 139. Guintard C.:** Morphologie osseuse et sélection bovine, In : L'homme, l'animal domestique et l'environnement du Moyen Age au XVIIIe siècle. Enquêtes et documents, C.R.H.M.A., Nantes, 1993, 129-140.
- 140. Habbi W. :** Caractérisation phénotypique de la population caprine de la région de Ghardaïa. En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur d'Etat. Spécialité : Agronomie Saharienne. Option : élevage dans zones aride. UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA - 2014.
- 141. Habermehl K. H. :** Die Alterbestimmung bei Haus und Labortieren. Berlin/Hamburg : Paul Parey Verlag, 1975, 216 p.
- 142. Hachem L.:** La faune rubanée de Cuiry-lès-Chaudardes (Aisne-France) ; essai sur la place de l'animal dans la première société néolithique du Bassin parisien. Thèse de Doctorat, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, 1995.
- 143. Haimovici S. :** Observatiuni asupra metapodalelor de Bos taurus descoperite in Asezarile din epoca bronzului. An. St. Univ. Iasi. N. S., 1963, 10, 183-192.
- 144. Halstead P., Collins P. & Isaakidou V. :** Sorting the Sheep from the Goats : Morphological Distinctions between the Mandibles and Mandibular Teeth of Adult Ovis and Capra. Journal of Archaeological Science, 2002, 29, p. 545-553.
- 145. Hanotte O. & Mensah G.A. :** Biodiversity and domestication of 'non-conventional' species: a worldwide perspective. Seventh World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 19–23 août 2002, Montpellier, France. 30: 543–546.
- 146. Hardy M., Bouchard G.P. & Doyon L. :** Découvertes récentes. Un outil en os à usages multiples dans un contexte moustérien. Bulletin de la Société préhistorique française. Tome 111, numéro 4, octobre-décembre 2014, p. 741-744.
- 147. Hatting T. :** Osteological investigations on Ovis aries L. Vidensk. Meddr dansk naturh. Foren., 144, 1983, p. 115-135.
- 148. Hatting T. :** The influence of castration on sheep horns. In : CLASON (A. T.). ed. - Archaeozoological studies – Papers of the Archaeozoological Conference 1974, held at the Biologisch – Archaeologisch Instituut of the State University of Groningen. Amsterdam : North Holland Publ. Company, 1975, p. 345-351.
- 149. Hellal F. :** Contribution à la connaissance des races caprines Algériennes : Etude de l'élevage caprin en système d'élevage extensif dans les différentes zones de l'Algérie du nord. Thèse d'ingénieur d'état en agronomie, INA., El-Harrach, Alger, 1986, 78p
- 150. Helmer D. :** Discrimination des genres Ovis et Capra à l'aide des prémolaires inférieures 3 et 4 et interprétation des âges d'abattage : l'exemple de Dikili Tash (Grèce). Anthropozoologica, 31, 2000, p. 29-38.
- 151. Higham C.F.W. :** The metrical attributes of two sample of bovine limb bones. J. Zool., 1969, 157, 63-74.
- 152. Holst P.J & Denney G.D.:** The value of dentition for determining the age of goats Int. Goat Sheep Res, 1980, 1(1): 41-47.
- 153. Horard-Herbin M.P. & Vigne J. D. :** Animaux, environnements et sociétés. Paris : Errance (Comm. « Archéologiques »), (dir.) 2005, 191 p.

- 154. Horard-Herbin M.P.:** Archéozoologie, in : Zadora-Rio É. (dir.) 2013. Atlas Archéologique de Touraine, 53e Supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France, FERACF, Tours, 2014.
- 155. Horwitz L.K., Tchernov P., Ducos P., Becker C., von den Driesch A., Martin L. & Garrard A. :** Animal domestication in the Southern Levant. *Paléorient*, 2000, 25, 63-80.
- 156. ICAZ :** International Council for Archaeozoology : L'archéozoologie, à la croisée de l'archéologie et de la zoologie. 11e CONGRÈS INTERNATIONAL PARIS - 23-28 août 2010.
- 157. Inrap** « institut national de recherches archéologiques préventives » : Les sciences de l'archéozoologie, l'archéozoologie. Octobre 2013
- 158. Ioannidou A. :** Taphonomy of Animal Bones : Species, Sex, Age and Breed Variability of Sheep, Cattle and Pig Bone Density. *Journal of Archaeological Science*, 30, 2003, p. 355-365.
- 159. ITElv :** Institut Technique des Elevages. Département de conservation des espèces caprines en Algérie.
- 160. Joshi M.B., Rout P.K., Mandal A.K., Tyler-Smith C., Singh L. & Thangaraj K. :** Phylogeography and origin of Indian domestic goats. *Molecular Biology and Evolution* , 2004, 21, 454-462.
- 161. Julien M.A. :** François Poplin. De l'archéozoologie à l'anthropozoologie Université de Montréal Muséum national d'Histoire naturelle. *Alt é rit é s* , vol. 4, no 1, 2007 : 53-60.
- 162. Kadi S.A., Hassini F., Lounas N. & Mouhous A. :** Caractérisation de l'élevage caprin dans la région montagneuse de Kabylie en Algérie. *Options Méditerranéennes, Série A*, 2014, 108, p. 451-456.
- 163. Kadi S.A., Djellal F., Hassini F. & Mouhous A.:** Pratiques alimentaires dans les élevages caprins dans la région montagneuse de Tizi-Ouzou en Algérie. In Napoléone M. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Boutonnet J.P. (ed.), López-Francos A. (ed.), Gabina D. (ed.) : *The value chain in Mediterranean sheep and goats products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems* *Options Méditerranéennes, serie A*, no. 115, 2016. p 249-252.
- 164. Khelifi Y.:** Les productions ovines et caprines dans les zones steppiques algériennes, *Cihem options méditerranéennes*, 1997, 245-246 p.
- 165. Lallemand M. :** Etude ostéométrique des métapodes de moutons (*Ovis-aries L.*). Th.Diplôme d'état de Docteur Vétérinaire. Faculté de Médecine de Nantes, 2002.
- 166. Lasota-Moskalewska A. :** Morphotic changes of domestic cattle skeleton from the Neolithic age to the beginning of the Iron age. *Wiadom. Archeol.*, 1980, 45, 119-169.
- 167. Learning center :** De la fouille au laboratoire: une exposition du Learning Center archéologie égyptologie . Par [Christophe Hugot](#) le 31 mai 2012 Publié dans [Expositions](#) | [Learning center](#)
- 168. Lemppenau U. :** Geschlechts- und Gattungsunterschiede am Becken mitteleuropäischer Wiederkäuer. Dissertation Universität München. München : Tieranatomischen Institut der Universität München, 1964, 39 p., 22 figs.
- 169. Lepetz S. & Hanot P. :** « Archéozoologie et patrimoine ostéologique du cheval. Les os des chevaux provenant des fouilles archéologiques : sujets de recherche et archives du sol ». In *Situ Revue des patrimoines*, 18 | 2012, mis en ligne le 24 juillet 2013.
- 170. Lepetz S. :** L'animal dans la société gallo-romaine de la France du Nord. Amiens : *Revue Archéologique de Picardie*, 1996, n° spécial 12, 174 p.
- 171. Levine M. :** The use of crown height measurements and eruption-wear sequences to age horse teeth. In : Wilson B., Grigson C. & Payne S. (eds.) : *Ageing an sexing animal bones from archaeological sites*, 1982, 223-250, *British Archaeological Reports, British Series 109*, Oxford.

- 172. Lewis S.** : A simple procedure for investigating differences in sexual dimorphism between populations. In : Anderson S. & Boyle K. (éd.) : Computing and Statistics in Osteoarchaeology, Proceedings of the second meeting of the Osteoarchaeological Research Group held in London on 8th April 1995, Londres, 1997, 35-37.
- 173. Lewis S.** : Further notes on a statistical method for use when investigating differences in sexual dimorphism: a discussion paper. In: Anderson S. & Boyle K.(éd) : Current and Recent Research in Osteoarchaeology 2. Proceedings of the fourth, fifth and sixth meetings of the Osteoarchaeological Research Group held in York on 27th April 1996, Cardiff on 16th November 1996 and Durham on 7th 1997, Londres, 1999, 56-57.
- 174. Libois R.-M., Hallet-Libois C. & Rosoux R.** : Éléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du nord de la France. 1 - Anguilliformes, Gastérostéiformes, Cyprinodontiformes et Perciformes. Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie. Série A : Poissons, vol. 3, Centre de Recherches Archéologiques du CNRS, Association pour la Promotion et la Diffusion des Connaissances Archéologiques (APDCA), Juan-les-Pins, 1987, 17 pp.
- 175. Luikart G., Fernández H., Mashkour M., England P.R. & Taberlet P.** : Origins and diffusion of domestic goats inferred from DNA markers: example analyses of mtDNA, Y chromosomes, and microsatellites. In: Documenting domestication. New genetic and archaeological paradigms (eds. Zeder MA, Bradley DG, Emshwiller E, Smith BD), 2006, pp. 294-305. University of California Press, Ltd, Berkeley, CA.
- 176. Luikart G.L., Gielly L., Excoffier L., Vigne J.D., Bouvet J. & Taberlet P.** : Multiple maternal origins and weak phylogeographic structure in domestic goats. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 2001, 98(10): 5927–5930.
- 177. Lyman Lee R.** : Vertebrate Taphonomy. Réédition de 2004. Cambridge : Cambridge University Press, 1994, 524 p.
- 178. Madani T.** ; L'élevage caprin dans le Nord Est de l'Algérie. Gruner L et Chabert Y (Ed).INRA et Institut de l'Élevage Pub, Tours 2000. Actes de la 7 ème Conférence Internationale sur les Caprins, Tours (France) 15-21/05/00, 351-353.
- 179. Madani T., Sahraoui H. & Benmakhoulouf H.**: l'élevage caprin en Algérie: systèmes d'élevage, performances et mutations. Workshop national sur: Valorisation des races locales ovines et caprines à faibles effectifs. 4 Mars 2015.
- 180. Madani T., Yakhlef H. & Abbache N.**: Les races bovines, ovines, caprines et camelines. 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, 2003, p : 44-51.
- 181. Madani T.**: L'élevage caprin dans le nord est de l'Algérie. Journal algérien des Régions Arides, 2001, 41-45.
- 182. Manallah I & Dekhili M.**: Caractérisation morphologiques des caprins dans la zone des hautes plaines de Sétif. Département d'Agronomie, Université Ferhat ABBAS, Sétif, Algérie. Agriculture N° 2, 2011, 7-13p.
- 183. Manallah I.**: Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif. Mémoire de Magister. Spécialité : Production Animale. Option : Amélioration de la Production Animale. Université Ferhat Abbas–SETIF. 2012 ,107 p.
- 184. Masseur I., Bisailon A., Beaugarol G., Desrochers A. & Harery D.**: Textinfo [Montréal,Canada], 24/08/2004. Elaboration de l'atlas bovin d'anatomie et d'imagerie médicale pour le LITIEM.
- 185. Meadow R.H.** :he origins ans spread of agriculture and pastoralism in northwestern South Asia. In: The origins and spread of agriculture and pastoralism in Eurasia (ed. Harris DR), 1996, pp. 390-412. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.

- 186. Méniel P.** : Essai de reconstitution de la découpe des animaux du site néolithique de Boury-en-Vexin (Oise). *Anthropozoologica* n° spécial, 1987, p. 115-119.
- 187. Méniel P.**: Contribution à l'histoire de l'élevage en Picardie [...], du Néolithique à la fin de l'Âge du fer, Société de Préhistoire du Nord et de Picardie, n° spécial, 1984.
- 188. Méniel P.**: Manuel d'archéozoologie funéraire et sacrificielle - Âge du fer. Collection Vestigia : Editions Infolio, 2008. 188 pages
- 189. Mogicato G. & Monnereau L.** « Ostéologie des mammifères domestiques, le squelette axial. » Cours d'anatomie, école national vétérinaire de Toulouse, 2004, 37p.
- 190. Moran N.C. & O'Connor T.P.** : Age attribution in Domestic Sheep by Skeletal and Dental Maturation: a Pilot Study of Available Sources. *International Journal of Osteoarchaeology*, 4, 1994, p. 267-285.
- 191. Mouhous A., Kadi S.A. & Brabez F.** : Stratégies d'adaptation des éleveurs caprins en zone montagneuse de Tizi-Ouzou (Algérie). *European Scientific Journal*, vol.11, N.2, 2015, p. 328-344. <http://eujournal.org/index.php/esj/article/view/4977/4739>
- 192. Moula N., Ait Kaki A., Touazi L., Iguerouada M., Farnir F., Leroy P. & Antoine-Moussiaux N.**: L'élevage caprin dans la région montagneuse d'Ath Waghli dans la wilaya de Bejaia: typologie et caractérisation morpho-biométrique .11èmes Journées Internationales des Sciences Vétérinaires, 30 Novembre & 1 Décembre 2013. Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger. Algérie
- 193. Moula N., Philippe F.X., Ait Kaki A., Leroy P. & Antoine-Moussiaux N.** : Les ressources génétiques caprines en Algérie. 12èmes Journées Internationales des Sciences vétérinaires, ENSV-Alger, 6 et 7 décembre, 2014, poster inédit, http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/175790/1/nassim_ENSV.pdf.
- 194. Moustaria A.** : Identification des races caprines des zones arides en Algérie. *Revue des régions arides*, 2008, 21, p. 1378-1382.
- 195. Moutou F. & Pastoret P.P.**: Répartition géographique des animaux domestiques: une perspective historique. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 2010, 29 (1), 87-94.
- 196. Müller H.H.**: Die Haustiere der mitteldeutschen Bandkeramiker, *Schriften der Sektion für Vor- und Frühgeschichte* 17, Berlin, 1964.
- 197. Munson P.J.** : Age-correlated Differential Destruction of Bones and its Effect on Archaeological Mortality Profiles of Domestic Sheep and Goats. *Journal of Archaeological Science*, 27, 2000, p. 391–407.
- 198. Muzzolini A.**: Dating the earliest Central Saharan rock art: Archaeological and linguistic data. In: Friedman R., Adams B. eds, *The followers of Horus. Studies dedicated to Michael Allen Hoffman*. Oxford, United Kingdom, 1992, 356 p. (Egyptian Studies Association Publication No. 2).
- 199. Muzzolini A.**: L'origine des chèvres et des moutons domestiques en Afrique. *Reconsidération de la thèse diffusionniste traditionnelle*. *Empuries*, 1993, 2: 160-171.
- 200. Muzzolini A.**: Les débuts de la domestication au Sahara et les gravures rupestres les plus anciennes ("école bubaline"). *Préhist. Ariégeoise*, 1991, 46 : 211-233.
- 201. Muzzolini A.**: Les débuts de la domestication des animaux en Afrique : faits et problèmes. *Ethnoarotechnie*, 1989, 42 : 7-22.
- 202. Naderi S.** : Evolutionary history of wild goat (*Capra aegagrus*) and the goat (*C. hircus*) based on the analysis of mitochondrial and nuclear DNA polymorphism: Implications for conservation and for the origin of the domestication. *Ecology, environment*. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2007. English. <tel-00312922>

- 203. Noddle B. :** Ages of Epiphyseal Closure in Feral and Domestic Goats and Ages of Dental Eruption. *Journal of Archaeological Science*, 1, 1974, p. 195-204.
- 204. Onar V., Pazvant G. & Belli O.:** Osteometric examination of metapodial bones in sheep (*Ovis aries* L.) and goat (*Capra hircus* L.) unearthed from the Upper Anzaf Castle in Eastern Anatolia. *Revue Méd. Vét.*, 2008, 159, 3, 150-158.
- 205. Ostéothèque de Montréal Inc:** Contribution de la zooarchéologie à l'identification des sites archéologiques d'importance au Québec. Étude réalisée dans le cadre du projet du Répertoire canadien des lieux patrimoniaux (RCLP). Université de Montréal Québec, Département d'anthropologie. Mars 2006
- 206. Oueslati T. :** Approche archéozoologique des modes d'acquisition, de transformation et de consommation des ressources animales dans le contexte urbain gallo-romain de Lutèce (Paris, France). Oxford : Archaeopress, 2006, 416 p. (BAR International Series, 1479).
- 207. PAC.:** Evaluation des mesures de la PAC dans le secteur Ovin Caprin. Rapport Final. Octobre, 2011, 6: 6-24p.
- 208. PAIR.:** Le Pôle d'Archéologie Interdépartemental Rhénan. 2011, p33. E-mail contact@pairarcheologie.fr. Consulté le 30 /07/2013.
- 209. Park Y.W.:** Goat milk and human nutrition. Dans : Proceedings of the 1st Asia Dairy Goat Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 9-12 April 2012.
- 210. Patry D.:** Colonialisme, stéréotypes et intertextualité : le miracle de la race et Ulysse, café de Marius et Ary Leblond. Mémoire présenté à l'université du Québec à Trois-Rivières comme exigence partielle de la maîtrise en lettres. Avril 2008, p 204.
- 211. Payne S. & Bull G. :** Components of variation in measurements of pig bones and teeth, and the use of measurements to distinguish wild from domestic pig remains. *Archaeozoologia*, 1988, 2 : 27 - 65.
- 212. Payne S. :** Morphological Distinctions between the Mandibular Teeth of Young Sheep, Ovis, and Goats, *Capra*. *Journal of Archaeological Science*, 12, 1985, p. 139-147.
- 213. Pazvant G., Onar V., Alpak H., Gezer Ince N., Kahvecioglu K.O., Armutak A. & Kiziltan Z. :** Osteometric Examination of Metapodial Bones in Sheep (*Ovis aries* L.) and Goat (*Capra hircus* L.) Unearthed from the Yenikapi Metro and Marmaray Excavations in Istanbul. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 2015, 21, 147-153.
- 214. Peters J. :** Römische Tierhaltung und Tierzucht. Eine Synthese aus archäozoologischer Untersuchung und schriftlich-bildlicher Überlieferung. Rahden/Westf. : Marie Leidorf, 1998, 444 p.
- 215. Peters J., Helmer D., von den Driesch A. & Segui S. :** Animal husbandry in the northern Levant. *Paléorient*, 1999, 25: 27–48.
- 216. Peters J., von den Driesch A. & Helmer D. :** The upper Euphrates-Tigris basin: cradle of agropastoralism? In: *The first steps of animal domestication. New archaeological approaches* (eds. Vigne JD, Peters J, Helmer D), 2005, pp. 96-124. Oxbow Books, Oxford, UK.
- 217. Petter F.:** Origine, modalités et conséquences de la domestication. *Bull. Acad. Vét. de France*, 1987, 60, 423-427
- 218. Popesko P.:** Atlas d'anatomie topographique des animaux domestiques. Volume 3: Bassin et extrémités. Vigot. Editions 1980.
- 219. Popkin P.R.W., Baker P., Worley F., Payne S. & Hammon A. :** The Sheep Project (1) : determining skeletal growth, timing of epiphyseal fusion and morphometric variation in unimproved Shetland sheep of known age, sex, castration status and nutrition. *Journal of Archaeological Science*, 39-6, 2012, p. 1775-1792.

- 220. Poplin F.:** La faune danubienne d'Armeau (Yonne, France) : ses données sur l'activité humaine. In : CLASON (A. T.), ed. - Archaeozoological studies. Papers of the Archaeozoological Conference 1974, held at the Biologisch – Archaeologisch Instituut of the State University of Groningen. Amsterdam : North Holland Publ. Company, 1975, p. 179-192.
- 221. Poplin, F.** Le Grand saut des chevaux de Solutré. *L'Homme XXX* , 1990 (4):137-142.
- 222. Poplin, F. :** A propos du nombre de restes et du nombre d'individus dans les échantillons d'ossements. *Cahier du Centre de Recherches Préhistoriques*, 1976, 5:61-74.
- 223. Poplin, F. :** Les ossements animaux des habitats préhistoriques. *Nouvelles de l'Archéologie*, 1983b, 11:15-18.
- 224. Poplin, F.:** L'animal et l'os devant l'archéologie *Nouvelles de l'Archéologie*, 1983a, 11:7-11.
- 225. Poulain T.:** La domestication des animaux en France à l'époque Néolithique. In : NOBIS, G. & SCHWABEDISSEN, H.: Die Anfänge des Neolithikums IX vom Orient bis Nordeuropa. Der Beginn der Haustierhaltung in der "Alten Welt", Böhlau, Köln, 1984.
- 226. Poulis A., Katsoulos P. & Chatzis Th. :** Metrical data of metapodial bones in female Karagouniko sheep and Hellenic goat. *Revue Méd. Vét.*, 2017, 168, 10-12, 241246
- 227. Pucca A.:** Impact des loups sur les ossements de grands mammifères : référentiel actuel et comparaisons avec d'autres prédateurs. *Archéozoologie et Préhistoire : acquis et nouvelles perspectives*, le Samedi 29 et dimanche 30 novembre 2003 - MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
- 228. Prummel W. & Frisch H.J. :** A Guide for the distinction of Species, Sex and Body in Bones of Sheep and Goat. 1986.
- 229. Prummel W. :** Appendix to Atlas for identification of foetal skeletal elements of Cattle, Horse, Sheep and Pig. *Archaeozoologia*, vol. 3 (1-2), 1989, p. 71-78.
- 230. Putelat O. :** Archéologie des dépôts animaux et mortalité extraordinaire du cheptel bovin au premier Moyen Âge. Plaidoyer pour une redynamisation et une mise en perspective de la recherche. In : AUXIETTE (G.), MENIEL (P.) éd. - Les dépôts d'ossements d'animaux en France, de la fouille à l'interprétation. Actes de la table-ronde de Bibracte, 15-17 octobre 2012. Centre Européen d'Archéologie de Glux-en-Glenne. Montagnac : Mergoïl, 2013, p. 249-274.
- 231. Putelat O. :** Le mobilier ostéologique des vallées de la Mardelle et de la Vanne (Yonne), du Ier au VIIIème siècle après J.-C. Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'École Pratique des Hautes Études. Dijon : Université de Bourgogne – Sciences de la Vie et de la Terre –Laboratoire de Paléobiodiversité et Préhistoire – E. P. H. E, 2001, 295 p. + 28.
- 232. Putelat O. :** Les relations homme-animal dans le monde des vivants et des morts. Étude archéozoologique des établissements et des regroupements funéraires ruraux de l'Arc jurassien et de la Plaine d'Alsace, de la fin de l'Antiquité tardive au premier Moyen Âge. Thèse présentée et soutenue publiquement pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne en Archéologie Environnementale, spécialité Archéozoologie. Le 18 juin 2015.
- 233. Ridouh R. :** Ostéométrie des métapodes de la chèvre autochtone. Thèse de Magister en médecine vétérinaire. Option : Anatomie et Anatomie Pathologique. Spécialité : Anatomie. Université des Frères Mentouri Constantine 1, 2014, 198p.
- 234. Ridouh R., Tekkouk-Zemmouch F., Thorin C. & Guintard C.:** 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 (juin 2019) 38 (1) : 255-265
- 235. Rigot F. :** « Traité complet de l'anatomie des animaux domestiques, syndesmologie. ». Edition : Bechet jeun et labé, Paris, 1840. 1ère édition. 316p. Nouvelle édition : Hachette Livre – BNF, 2018

- 236. Robinson S., Nicholson R.A., Pollard A.M. & O'connor T.P. :** An Evaluation of Nitrogen Porosimetry as a Technique for Predicting Taphonomic Durability in Animal Bone. *Journal of Archaeological Science*, 30, 2003, p. 391–403.
- 237. Rognon X., Vila E. & Verrier E.:** L'évolution des espèces animales suite à la domestication, conséquences pour les ressources génétiques. Académie d'Agriculture de France, séance du 18 novembre 2009.
- 238. Rosset O., Reveleau L. & Guintard C. :** Population ovine Landaise : historique, situation actuelle et caractérisation morpho-biométrique, *Ethnozootechnie, Varia*, 2002, 69 : 75-142.
- 239. Rousseau G., Guintard C. & Abadie-Reynal C.:** La gestion des animaux à Zeugma (Turquie) : étude des restes fauniques du chantier 9 (époques hellénistique, romaine, byzantine et islamique). *Revue Méd. Vét.*, 2008, 159, 5, 251-275
- 240. Salako A. E.:** Application of morphological indices in the assessment of type and function in sheep. *Int. J. Morphol.*, 2006b, 24:13-8.
- 241. Salako A. E.:** Principal component factor analysis of the morphostructure of immature Uda sheep. *Int. J. Morphol.*, 2006a, 24:571-4.
- 242. Salami S.O., Ibe C.S., Umosen A.D., Ajayi I. E. & Maidawa S. M.:** Comparative osteometric study of long bones in Yankasa sheep and red Sokoto goats. *Int. J. Morphol.*, 2011, 29(1):100-104.
- 243. Schmid E. :** Atlas of Animal Bones for Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists. Amsterdam-London-New-York : Elsevier Publ. Company, 1972, 159 p.
- 244. Studer J. :** Viande et Lait, Viande et Laine ? L'exploitation des chèvres et des moutons à l'âge du Bronze final (Hauterive-Champréveyres, Neuchâtel, Suisse). *Revue de Paléobiologie volume spécial n°10*, 2005. Hommage à Louis Chaix : 271-281.
- 245. Sultana S., Mannen H. & Tsuji S. :** Mitochondrial DNA diversity of Pakistani goats. *Animal Genetics*. 2003, 34, 417-421.
- 246. Symmons R.H. :** A Re-examination of Sheep Bone Density and its Role in Assessing Taphonomic Histories of Zooarchaeological Assemblages. PhD thesis. London : University of London, 2002, 402 p.
- 247. Symmons R.H. :** New density data for unfused and fused sheep bones, and a preliminary discussion on the modelling of taphonomic bias in archaeofaunal age profiles. *Journal of Archaeological Science*, 32, 2005, p. 1691e1698.
- 248. Taberlet P. & Vigne J.D. :** Nouveau scénario pour la domestication de la chèvre. Publiés le 4 novembre sur le site de la revue PNAS, 2008, 1-3 p.
- 249. Takada T., Kikkawa Y., Yonekawa H., Kawakami S. & Amano T. :** Bezoar (*Capra aegagrus*) is a matriarchal candidate for ancestor of domestic goat (*Capra hircus*): evidence from the mitochondrial DNA diversity. *Biochemical Genetics*. 1997, 35, 315326.
- 250. Tekkouk F. & Guintard C. :** Approche ostéométrique de la variabilité des métacarpes de bovins et recherche de modèles applicables pour l'archéozoologie : cas de races rustiques françaises, algériennes et espagnole. *Rev. Méd. Vét.*, 2007, 158, 388-396.
- 251. Tekkouk-Zemmouchi F., Ridouh R., Betti E., Altoama K., Benhamza L., Brerhi E.H., Bouaziz O., Adamou A., Desfontis J.C. & Guintard C. :** 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.
- 252. Tekkouk-Zemmouchi F.:** Ostéométrie des métapodes des Bovins. Thèse de Doctorat université Mentouri de Constantine, 2010, 178 p.

- 253. Thomas R.N.W.:** A statistical evaluation of criteria used in sexing cattle metapodials. *Archaeozoologia.*, 1988, II (1,2), 83-92.
- 254. Trbojević Vukičević T., Rapan Papeša A., Alić I., Ekert Kabalin A., Ostović M. & Kužir I S.:** Contribution to understanding Avar burials with equids in Croatia: detailed archaeozoological analysis. *Revue Méd. Vét.*, 2017, 168, 4-6, 73-80
- 255. Tresset A.:** Le rôle des relations homme/animal dans l'évolution économique et culturelle des sociétés des Ve-IVe millénaires en Bassin Parisien : approche ethno-zootechique fondée sur les ossements animaux. Thèse de Préhistoire-Ethnologie-Anthropologie, Université Paris I - PanthéonSorbonne, Paris, 1996.
- 256. Twiss K.C. :** An Assessment of the Archaeological Applicability of Faunal Ageing Methods Based on Dental Wear. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18-4, 2008, p. 329-351.
- 257. Vigne J.D. & Taberlet P.:** Nouveau scénario pour la domestication de la chèvre. Publiés le 4 novembre sur le site de la revue PNAS, 2008, 1-3 p.
- 258. Vigne J.D. :** Les mammifères post-glaciaires de Corse - Étude archéozoologique. Paris : Éditions du CNRS, Gallia Préhistoire, XXVIème supplément, 1988, 337 p.
- 259. Vigne J.D.:** Les débuts de l'élevage. Le pommier, Paris, 2004. 192p.
- 260. Vigne J.D.:** Les débuts néolithiques de l'élevage des bovidés et de l'exploitation laitière dans l'ancien monde. Poulain, Jean-Pierre (sous la direction de). *L'homme, le mangeur et l'animal. Qui nourrit l'autre ? Les Cahiers de l'Ocha N°12*, Paris, 2007, 328 pages
- 261. Vigne J.D.:** Les grandes étapes de la domestication de la chèvre : une proposition d'explication de son statut en Europe occidentale. *Ethnozootechie*, 1988, 14 : 1-14.
- 262. Vigne J.D.:** Nouveaux éclairages chypriotes sur les débuts de la domestication des animaux et sur la néolithisation au proche-orient ». Dans « La transition néolithique en méditerranée » sous la direction de Manen C. Perrin TH et Guilaine J. éditions errance| Archives d'Ecologie Préhistorique. 2014
- 263. Vilà C. :** Multiple and ancient origins of the domestic dog. *Science*. 1997. 276:1687-1689.
- 264. Vila E. :** L'évolution de la taille du mouton dans le nord de la Mésopotamie (du Vème au Ier millénaire avant J.-C.): les faits et leurs causes. Colloques d'histoire des connaissances zoologiques 13, Journée d'étude Université de Liège 17 mars 2001, 2002 : 47-79.
- 265. Vila E. :** Etude archéozoologique des vestiges osseux de la fouille dans le temple. G.C. Nordquist, M. E. Voyatzis, E. Ostby. Tegea I, investigation in the Temple of Athena Alea 1991-94, Papers and Monographs from the Norwegian Institute at Athens Volume 3, The Norwegian Institute at Athens, pp.547-562, 2014. <hal-01678073>
- 266. Watson J. P. N. :** The interpretation of epiphyseal fusion data. In : Brothwell (D.), Clutton-Brock (J.) et Thomas (K.D.) ed. - *Research problems in zooarchaeology*. London : University of London, 1979, p. 97-101. (Institute of Archaeology Occasional Publications 3).
- 267. Watson J.P.N.:** Fragmentation analysis of animal bone samples from archaeological sites. *Archaeometry*, 1972, 14: 221-8.
- 268. Wiig O. :** Sexing of subfossil cattle metacarpals. *Acta Theriol.*, 1985, 30, 495-503.
- 269. Wilson R.T.:** Small Ruminant Production and the Small Ruminant Genetic Resource in Tropical Africa. Food and Agriculture organization of the United Nations, Rome, 1991.
- 270. Zalkin V.J. :** Metapodial variation and its significance for the study of ancient Horned cattle. *Bull. Mosk. Ols. Isp. Prirody Otd. Biol.*, 1960, 65, 109-126.

271. Zeder M. A. : Reconciling Rates of Long Bone Fusion and Tooth Eruption and Wear in Sheep (Ovis) and Goat (Capra). In RUSCILLO (D.) ed. - Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones. Oxford : Oxbow Books, 2006, p. 87-118.

272. Zeder M.A. & Hesse B. : The initial domestication of goats (Capra hircus) in the Zagros mountains 10,000 years ago. *Science*, 2000, 287(5461): 2254–2257.

273. Zeder M.A. & Pilaar S.E. : Assessing the reliability of criteria used to identify mandibles and mandibular teeth in sheep, Ovis, and goats, Capra. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2010, p. 225-242.

274. Zeder M.A. : A view from the Zagros: new perspectives on livestock domestication in the Fertile Crescent. In: The first steps of animal domestication. New archaeological approaches (eds. Vigne JD, Peters J, Helmer D), 2005, pp. 125-146. Oxbow Books, Oxford, UK.

275. Zeder M.A., Emshwiller E., Smith B.D. & Bradley D.G. : Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends in Genetics*, 2006, 22(3): 139–155.

276. Zeuner F.E. : A history of domesticated animals. London, United Kingdom, Hutchinson, 1963, p. 129-152.

Annexes

Annexes I : Matériels et méthodes



Photo 1 : Tête et métacarpe droit



Photo 2 : Dentition (mâle âgé de 4 ans)



Photo 3 : Dépouillement du crâne

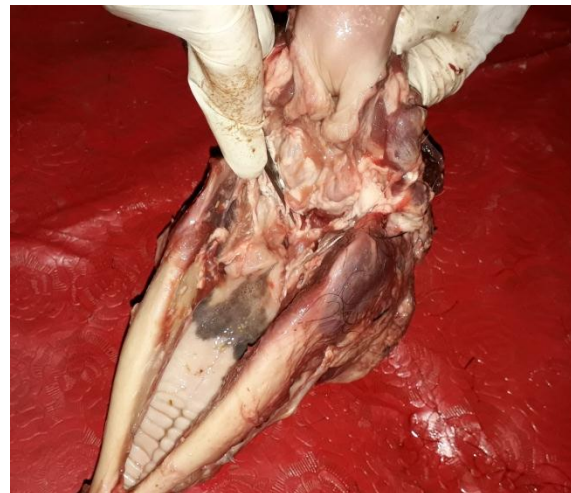


Photo 4: Enlèvement de la langue



Photo 5 : Dépouillement et isolement du métacarpe

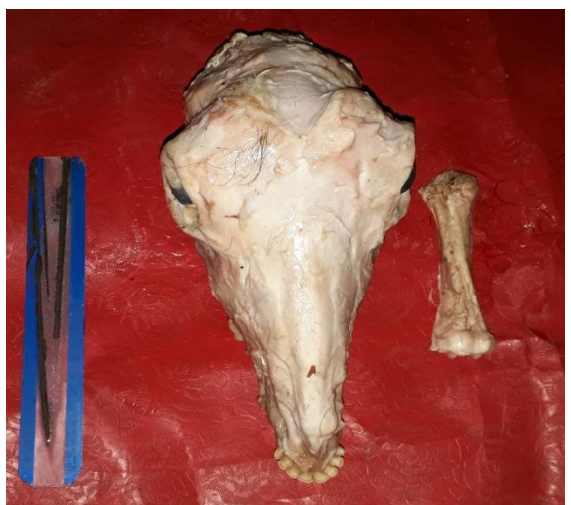


Photo 6 : Tête et métacarpe avant cuisson



Photo 7 : Tête et métacarpe après cuisson



Photo 8 : Matériels des mesurations



Photo 9 : Crânes des mâles adultes



Photo 10 : Crânes des mâles jeunes adultes



Photo 11 : Crânes des femelles adultes



Photo 12 : Crânes des femelles jeunes adultes



Photo 13 : Mandibules des mâles adultes et jeunes adultes



Photo 14 : Mandibules des femelles adultes et jeunes adultes



Photo 15 : Métacarpes des mâles adultes et jeunes adultes



Photo 16 : Métacarpes des femelles adultes et jeunes adultes

Annexes II A : Mesures et rapports des crânes des mâles

N°	Age (an)	Poids (Kg)	Mesures (mm)																Rapports (%)	
			CL1	CL2	CL7	CL10	CL20	CL31	CL34	CB2	CB3	CB8	CB10	CB14	CB18	CB19	CH5	CH6	RC5	RC7
1	6	26	240,5	230,2	61,37	119,05	98,37	99,08	86,81	54,51	56,48	68,17	83,91	71,68	37,53	100,61	26,64	70	28,35	11,08
2	7	24	250	240,1	65,99	118,29	97,91	102,27	80,98	52,61	53,25	63,08	87,57	70,99	32,63	105,4	27,9	71	25,23	11,16
3	7	38	230,5	230,8	65,89	140,45	114,56	106,91	86,23	49,76	56,28	62,56	85,55	70,1	38,94	112,56	27,53	63	27,14	11,94
4	8	19	230	220,5	60,28	118,64	95,57	101,92	81,57	53,6	55,37	66,78	80,47	66,38	32,41	102,17	26,43	63	29,03	11,49
5	10	21	230,3	230,45	60,15	117,01	96,83	130,72	80,03	52,24	53,06	64,89	85,41	70,3	31,93	104,87	31,06	68	28,18	13,49
6	7	60	280,4	280,3	74,03	152,25	134,68	129,73	102,58	74	68,06	79,84	97,29	76,77	44,84	122,39	40,42	88	28,47	14,42
7	5	43	270,2	260,7	71,5	141,42	124,94	123,83	93,43	61,36	60,7	66,84	98,94	74,58	46,3	117,65	32,61	80	24,74	12,07
8	5	21	240,9	240,4	65,6	122,52	102,64	103,39	82,24	54,68	53,41	59,36	81,57	64,76	29,53	101,31	29,35	68	24,64	12,18
9	10	22,5	220,9	220,8	56,67	114,88	100,05	98,6	84,43	50,34	53,87	66	86,52	70,87	29,75	104,64	27,18	65	29,88	12,30
10	8	25	230,9	210,6	62,3	119,64	102,04	98,7	81,67	49,04	49,06	69,33	87,15	67,51	37,58	105,84	28,41	70	30,03	12,30
11	9	18	220,5	210,7	58,35	115,14	93,29	93,02	76,79	52,26	47,11	58,8	80,92	70,04	29,64	103,47	28,59	68	26,67	12,97
12	9	19	240,6	240,6	67,62	119,58	102,96	104,04	90,66	51,65	58,37	58,7	81,69	68,45	34,62	105,2	27,18	71	24,40	11,30
13	7	18	230,1	220,3	57,3	120,75	97,24	95,82	81,55	51,1	50,77	59,44	80,64	65,9	29	99,58	26,26	62	25,83	11,41
14	10	17	240,5	230,9	63,28	115,65	110,24	102,06	86,12	58,31	60,33	62,74	82,54	69,44	32,09	103,98	28,84	69	26,09	11,99
15	7	20	220,9	210,5	65,04	114,99	91,53	100,2	79,26	47,13	49,8	60,85	79,41	68,93	29,09	98,77	26,2	68	27,55	11,86
16	4	13	220,9	210,2	58,93	116,35	94,91	95,98	80,82	47,51	52,93	54,46	78,4	67,8	32	102,06	27,21	70	24,65	12,32
17	4	18	230,6	230,6	61,44	112,24	99,63	97,03	80,4	51,74	51,77	53,76	80,59	66,37	31,31	93,8	24,73	65	23,31	10,72
18	4	16	210,3	200,1	60,66	112,29	97,05	95,79	81,24	52,67	55,73	58,6	77,62	65,98	31,87	103,03	27,34	60	27,86	13,00
19	4	16	220,9	220,5	54,69	108,07	86,08	91,18	73,97	59,15	44,46	55,45	82,73	68,65	29,92	101,1	25,31	58	25,10	11,46
20	3,5	20	220,3	220,1	60,16	126,87	98,01	97,38	81,24	55,28	61,89	64,21	79,58	67,91	31,03	102,6	29,27	63	29,15	13,29
21	3,5	18	230,9	230,5	55,98	122,48	99,37	97,78	83,42	58,82	53,93	64,1	79,21	64,61	32,84	98,27	31,76	70	27,76	13,75
22	3,5	30	240,5	250,1	63,14	130,17	108,12	101,43	91,7	63,66	67,19	65,41	89,77	73,24	37,86	106,84	35,45	76	27,20	14,74
23	2	13	220,2	210,6	61,56	110,73	84,49	87,39	85,46	52,39	59,32	64,15	76,18	64,3	29,77	98,9	32,35	60	29,13	14,69
24	2,5	16	210,4	200,3	53,79	117,74	88,76	88,18	76,39	50,49	54,24	62,45	69,89	58,69	28,47	88,21	30,56	72	29,68	14,52
25	4	16	220,2	210,9	58,69	113,54	93,98	100,4	76,93	48,86	53,45	63,61	77,51	62,46	30,39	97,32	26	63	28,89	11,81
26	4	16	220,5	210,65	60,34	115,57	96,07	94,84	81,98	51,44	46,31	63,94	79,62	65,78	29,73	103,85	25,59	65	29,00	11,61
27	4	16	220,5	220,3	64,9	109,57	95,57	90,03	78,97	44,95	51,97	59,39	76,04	65,21	30,01	102,07	26,48	58	26,93	12,01
28	4	33	250,1	250,1	66,09	130,22	104,65	110,02	84,49	50,03	53,48	80,99	87,03	68,23	38,07	109,53	29,56	73	32,38	11,82
29	4	16	220,7	220,5	57,53	118,5	97,4	100,33	78,29	54,25	56,23	59,47	78,3	63,23	28,79	97,68	26,44	68	26,95	11,98
30	2	18	220,2	210,8	56,08	124,54	98,68	103,33	80,2	57,04	54,11	70	81,24	63,88	29,05	95,75	36,83	73	31,79	16,73

Annexes II B : Mesures et rapports des crânes des femelles

N°	Age (an)	Poids (Kg)	Mesures (mm)															Rapports (%)		
			CL1	CL2	CL7	CL10	CL20	CL31	CL34	CB2	CB3	CB8	CB10	CB14	CB18	CB19	CH5	CH6	RC5	RC7
1	5	15	210,7	210,2	59,29	114,54	89,2	99,87	78,36	48,75	51,4	68	77,17	60,92	29,57	95,92	24,12	63	32,27	11,45
2	7,5	16	210,2	210,1	53,8	104,52	84,96	89,47	73,53	46,75	53,73	69,1	78,38	65,06	27,88	95,91	23,65	60	32,87	11,25
3	6	13,5	230,7	220,6	60,12	113,62	91,97	96,23	77,88	53,59	59,12	70,47	77,83	66,41	31,04	96,7	28,28	60	30,55	12,26
4	5,5	14	220,9	220,3	59,75	116,67	87,88	100,57	80,5	49,28	49,15	60,28	74,98	61,1	28,09	96,52	27,08	65	27,29	12,26
5	11	22	240,3	230,9	65,59	117,14	100,67	95,87	81,98	51,53	53,77	63,23	86,38	71,11	34,26	103,69	27,47	72	26,31	11,43
6	8	18	230,7	220,7	63,17	113,32	89,72	99,8	80,68	47,61	51,17	70,49	79,61	66,93	30,24	96,57	24,58	65	30,55	10,65
7	12,5	14	210,4	210,1	56,73	106,52	95,01	93,78	76,21	49,56	50,28	60,65	78	64,57	28,83	97,47	26	58	28,83	12,36
8	7	16	230	220,4	60,19	114,4	91,41	93,93	78,17	51,11	48,7	67,98	77,12	65,56	29,26	98,08	27,44	59	29,56	11,93
9	11	17	220,7	220,6	58,43	119,03	98,11	92,82	76,22	49,28	52,11	58,11	83,95	65,57	29,95	99,86	26,91	58	26,33	12,19
10	8	20	240	230,1	66,76	117,41	86,51	98,34	80,01	48,61	52,69	69,85	82,83	71,61	33,32	106,81	26,13	67	29,10	10,89
11	12	20	230,7	230,6	65,68	122,9	106,13	97,57	86,37	52,47	57,73	61,01	86,52	69,13	33,11	108,15	29,68	68	26,45	12,87
12	8	14	210,3	210,1	57,2	115,02	95,11	98,22	77,34	48,2	50,83	64,45	75,69	62,73	29,23	97,48	22,59	57	30,65	10,74
13	8	20	240	230,2	68,59	125,97	104,95	98,39	88,4	50,13	54,21	70,67	86,91	72,96	33,79	108,4	26,87	67	29,45	11,20
14	8	15	220,3	210,65	56,6	117,24	94,59	97,16	80,57	50,02	52,8	67,25	77,27	64,98	30,74	98,01	26,38	62	30,53	11,97
15	8	22	240,4	230,8	63,64	118,99	102,98	102,65	79,06	54,94	53,58	77,1	80,61	70,19	33,49	104,85	28,14	66	32,07	11,71
16	2,5	12	220,1	210,4	58,11	116,49	82,55	93,03	75,34	49,86	48,1	59,66	70,59	60,67	29,11	90,79	24,78	58	27,11	11,26
17	3,5	9	210,1	200,6	59,43	99,27	89,11	92,98	70,35	49,92	48,21	57,31	67,78	64,16	25,49	85,91	24,82	50	27,28	11,81
18	4	15	210,5	210,3	54,56	107,23	87,36	93,7	74,47	48,1	53,12	62	67,23	61,08	28,31	94,67	23,76	60	29,45	11,29
19	3,5	9	200,9	190	54,9	96,54	78,46	88,74	72,9	45,51	50,89	59,34	77,49	63,16	26,76	93,12	24,68	63	29,54	12,28
20	3	14	220	210,1	59,51	115,4	89,71	94,78	75,56	48,68	48,23	61,84	68,88	59,64	30,11	83,26	25,75	59	28,11	11,70
21	3	15,5	220,3	210,7	58,14	114,53	92,97	100,93	80,92	48,65	52,61	61,83	74,94	62,04	28,78	98,33	30,12	60	28,07	13,67
22	3,5	20	230,7	230,5	61,26	123,62	103,24	107,6	83,71	58,52	57,49	66,11	83,76	68,28	32,95	100,04	32,7	58	28,66	14,17
23	3,5	18	220,6	210,5	55,98	105,72	92,91	94,42	79,25	44,59	52,94	64,32	79,31	68,22	30,51	101,19	24,32	57	29,16	11,02
24	4	16,5	210,5	210,2	53,66	117,29	97,27	94,2	77,1	46,73	53	60,18	78,47	65,78	31	95,01	25,78	57	28,59	12,25
25	4	22	250,6	240,6	66,96	119,83	104,89	109,25	91,88	48,75	54,24	66,1	84,55	69,21	36,31	109,63	29,21	64	26,38	11,66
26	2	9	190,1	180,3	44,74	110,73	85,39	78,45	73,17	49,22	48,24	54,36	68,47	59,47	23,03	83,64	26,99	60	28,60	14,20
27	2,5	12	190,6	180,9	50,1	98,47	82,49	87,69	68,44	45,54	50,31	48,13	69,94	60,78	25,51	89,31	24,56	55	25,25	12,89
28	4	19	230,2	220,3	59,53	119,95	93,28	102,22	77,71	48,92	53,75	67,04	80,52	66,52	27,17	98,03	25,82	57	29,12	11,22
29	4	19	220,5	210,8	58,86	117,56	93,02	91,96	78,79	47,71	47,96	62,29	77,2	66,31	28,67	99,39	27,22	58	28,25	12,34
30	4	20	220,7	220,2	60,85	119,85	103,52	93,44	79,69	50,28	56,41	60,67	80,95	67,81	30,4	99,62	26,06	58	27,49	11,81

Annexe IV : Contributions de l'ensemble des variables du crâne, de la mandibule et du métacarpe aux axes F1, F2 et F3 de l'analyse en composantes principales (données en %)

Variabes	F1	F2	F3
CL1	0.922	-0.224	0.032
CL2	0.925	-0.174	-0.020
CL7	0.814	-0.362	0.020
CL10	0.866	0.134	0.010
CL20	0.901	-0.008	-0.123
CL31	0.803	-0.034	0.084
CL34	0.916	0.014	-0.059
CB2	0.739	0.397	-0.190
CB3	0.710	0.313	-0.052
CB8	0.580	0.077	0.796
CB10	0.890	-0.169	-0.009
CB14	0.812	-0.285	0.022
CB18	0.910	-0.134	0.032
CB19	0.880	-0.229	0.034
CH5	0.719	0.642	-0.110
CH6	0.793	0.171	-0.039
RC5	-0.131	0.296	0.936
RC7	0.166	0.933	-0.163

Variabes	F1	F2	F3
ML6	0.932	-0.248	-0.019
ML8	0.528	0.438	-0.548
ML9	-0.125	0.527	0.481
MH1	0.861	0.009	-0.085
MH7	-0.019	0.904	0.176
MH8	0.609	0.454	0.467
MH9	0.765	0.320	0.065
MB1	0.814	-0.421	0.305
RM1	-0.493	0.794	0.191
RM2	0.124	-0.615	0.566
PM	0.704	0.517	-0.163

Variabes	F1	F2	F3
GL	0.869	-0.467	-0.110
Bp	0.968	0.057	-0.223
Dp	0.950	0.048	-0.206
d	0.962	-0.065	0.248
e	0.947	-0.169	0.135
Bd	0.978	-0.066	-0.066
Dd	0.958	-0.056	-0.183
Bp.GL	0.569	0.764	-0.291
d.GL	0.713	0.423	0.551
PMC	0.961	-0.094	0.159

Annexe V : Valeurs des mesures du crâne et du métacarpe des races de références

N°	Races et population	CL 10 (mm)	CB 19 (mm)	GL (mm)	Bp (mm)	d/GL
1	Belle Ile*	124	107	120,66	25,04	12,06
2	Speckle face	-	-	121,10	25,10	13,20
3	Welsh Speckleface	-	-	122,00	25,40	12,54
4	Llanwenog	-	-	122,80	25,60	12,05
5	Blanc des Alpes	-	-	122,93	26,67	11,97
6	Mannech	-	-	124,64	26,63	11,15
7	Clun	-	-	125,68	26,21	13,31
8	Akkaraman	-	-	128,35	26,68	10,21
9	Brun noir du Pays	-	-	123,33	27,72	13,84
10	Vendéen*	136	121	121,53	28,880	14,14
11	Suffolk*	129	106	125,68	30,70	14,27
12	Texel	-	-	132,85	31,28	13,04
13	Portland	-	-	118,20	24,60	12,01
14	Herdwick	-	-	116,90	24,30	13,60
15	Welsh Mountain	-	-	113,95	22,75	11,51
16	Lande de Bretagne*	122	98	120,28	25,04	12,06
17	Romanov	-	-	127,98	23,54	11,28
18	Heidschnucke	-	-	129,40	22,51	9,95
19	Soay	-	-	116,15	20,20	10,84
20	Shetland	-	-	105,20	21,20	10,74
21	Southdown	-	-	99,00	23,00	16,01
22	Ouessant*	91	77	91,80	16,50	9,92
23	Iceland	-	-	139,60	24,80	11,39
24	Landais*	131	97	139,93	25,41	9,82
25	Nilotique	-	-	147,58	25,10	8,19
26	Baladi	-	-	150,77	23,91	7,85
27	Tarasconnaise	-	-	142,93	28,53	11,04
28	Roux de Bagnes	-	-	143,39	30,65	12,76
29	Wensley Dale	-	-	147,00	31,60	13,13
30	Nez Noir du Valais*	143	114	150,31	30,43	11,32
31	Mérinos Allemand	-	-	150,04	29,48	11,28
32	Charmois	-	-	-	-	-
33	Charolais	-	-	-	-	-
34	Mérinos de Rambouillet	-	-	-	-	-
35	Rouge de l'Ouest	-	-	-	-	-
36	Jacob	-	-	-	-	-
37	Norfolk Horn	-	-	-	-	-
38	Teeswater	-	-	-	-	-
39	Karaman	-	-	115,25	23,-56	11,57
40	Ile-de-France*	136	125	-	-	-
41	Ouled Djellal	123	101	157,1	28,2	10,0
42	Ovins autochtones (Daikh 2007)	-	-	145,01	24,91	9,73
43	Caprins autochtones (Daikh 2007)	-	-	113,46	24,24	13,09
44	Caprins autochtones (Ridouh & al. 2019)	-	-	112,91	23,24	12,32
45	Hellénique (Poullis & al. 2017)	-	-	119,5	26,85	14,89
46	Karagouniko (Poullis & al. 2017)	-	-	149,71	27,09	11,19

Les races de n° 1 à n°40 ont été étudiées par **Guintard & Lallemand (2003)** pour les mesures du métacarpe.

Les races de n° 1* à n°40* ont été étudiées par **Guintard & Fouché (2008)** pour les mesures du crâne.

La race Ouled Djellal a été étudiée par **Guintard & Tekkouk (2010)** pour les mesures du métacarpe.

La race Ouled Djellal a été étudiée par **Ami (2014)** pour les mesures du crâne.

Résumés

Crâniométrie et ostéométrie des métapodes de la chèvre autochtone

Résumé

La chèvre algérienne autochtone a fait l'objet de très peu d'études aussi bien du point de vue phénotypique, barymétrique ou ostéométrique. Ce travail se propose de réaliser une première approche ostéo-crâniométrique, qui a été réalisée sur 60 caprins de l'est algérien (30 mâles et 30 femelles, et 17 mâles et 19 femelles pour les métacarpes).

Cette étude a été basée sur un échantillon de 60 crânes, 60 mandibules et 36 métacarpes droits. Pour chaque animal, le poids de carcasse, l'âge et le sexe ont été notés. Les os ont été prélevés puis pesés et mesurés après cuisson et séchage (33 variables par animal). Des rapports et des indices de gracilité des os ont été calculés (6 variables par animal). Les données acquises ont fait l'objet d'une étude statistique comparée, uni, bi et multivariée, complétée d'une étude du dimorphisme sexuel et du positionnement de la chèvre par rapport aux autres petits ruminants.

Ce travail a permis de définir les caractères ostéo-morphométriques de la tête osseuse et du métacarpe de la chèvre autochtone. La variabilité et les corrélations entre variables ont été analysées et permettent, notamment dans le cadre de la réalisation de référentiels pour l'archéozoologie, d'appréhender les mensurations de la tête à partir des mesures du métacarpe. Des équations de régression linéaire ont été proposées afin d'estimer des paramètres inaccessibles à partir des mensurations les mieux corrélées. L'étude multivariée à partir des paramètres linéaires de chacun des os a été réalisée ; elle permet d'envisager une séparation de la population selon le sexe ou l'âge. Le dimorphisme sexuel apparaît, en effet, au niveau du crâne de façon nette : les mâles ont des têtes non seulement plus grosses et plus allongées mais aussi plus massives.

Dans le cadre de la constitution d'un référentiel, le plus vaste possible pour les archéologues, l'adjonction d'une nouvelle race qui vient augmenter la variabilité d'ensemble de l'espèce caprine est un apport indéniable. Cet outil rend possible le positionnement de populations anciennes ou archéologiques parmi les races actuelles.

Mots-clés : Chèvre, crâniométrie, ostéométrie, métacarpe, archéozoologie.

Craniometry and osteometry of the metapods of the indigenous Algerian goat

Abstract

The indigenous Algerian goat has been the subject of very few studies from a phenotypic, baryometric or osteometric point of view. This work which proposes to realize a first osteo-craniometric approach, was carried out on 60 goats from eastern Algeria (30 males and 30 females).

This study was based on a sample of 60 skulls, 60 mandibles and 36 right metacarpus. For each animal, the carcass weight, age and sex were noted. The bones were removed then weighed and measured after cooking and drying (33 variables per animal). Bone gracility ratios and indices were calculated (6 variables per animal). The obtained data were the subject of a uni, bi and multivariate statistical study, to compare between goats and other small ruminants, in addition to a study of the sexual dimorphism.

This work made it possible to define the osteo-morphometric characteristics of the bony head and metacarpus of the indigenous goat. The variability and correlations between variables were analyzed and allow, in particular in the context of the creation of a repository for archaeozoology, to handle the measurements of the head from the metacarpus measurements. Linear regression equations have been proposed in order to estimate inaccessible parameters from the best correlated measurements. The multivariate study from the linear parameters of each of the bones was performed ; it permits to consider a separation of the population according to sex or age. The sexual dimorphism appears, in fact, at the level of the skull in a clear manner : the males have heads not only larger and more elongated but also more massive.

As part of the constitution of a repository, as large as possible for archaeologists, the addition of a new breed which increases the overall variability of the goat species is an undeniable contribution. This tool makes possible the positioning of ancient or archaeological populations among the current races.

Keywords : Goat, craniometry, osteometry, metacarpus, archaeozoology.

قياسات الجماجم وقياسات عظام المشط الأمامي عند الماعز الأصلي

ملخص

لم يكن الماعز الجزائري الأصلي موضوعًا إلا لعدد قليل جدًا من الدراسات، سواء من وجهة نظر النمط الظاهري أو قياس العظام. يقترح هذا العمل تنفيذ أول نهج لقياس الجماجم و عظام المشط، والذي تم إجراؤه على 60 ماعزًا من شرق الجزائر (30 ذكرًا و 30 أنثى).

أجريت هذه الدراسة على عينة مكونة من 60 جمجمة، 60 فكا و 36 عظمة المشط القائمة الأمامية اليمنى، وقد تم تسجيل وزن الذبيحة، العمر و الجنس لكل حيوان. تم نزع العظام ثم وزنها وقياسها بعد الطهي والتجفيف (33 متغير لكل حيوان)، كما تم حساب نسب ومؤشرات النحولة لهذه العظام (6 متغيرات لكل حيوان). كانت البيانات المكتسبة موضوع دراسة إحصائية أحادية، ثنائية ومتعددة المتغيرات، تكملها دراسة ازدواج الشكل الجنسي وتحديد موقع الماعز بالنسبة للمجترات الصغيرة الأخرى.

هذا العمل سمح بتحديد الخصائص الظاهرية و العظمية للجماجم و المشط للماعز الأصلي. تم تحليل التباين والارتباطات بين المتغيرات والذي سمح لا سيما في سياق إنشاء معايير لعلم الأحياء الأثرية، لتقييم قياسات الرأس من قياسات عظمة المشط القائمة الأمامية و تم اقتراح معادلات الانحدار الخطي لتقدير المعلمات التي يتعذر الوصول إليها من أفضل القياسات المترابطة. كما ان إجراء الدراسة متعددة المتغيرات سمحت لنا من المعلمات الخطية لكل من العظام بفصل الأفراد حسب الجنس أو العمر. في الواقع، ظهر ازدواج الشكل الجنسي على مستوى الجمجمة بطريقة واضحة: الذكور لديهم رؤوس ليس فقط أكبر وأكثر استطالة ولكن أيضًا أكبر حجمًا.

في اطار تكوين مستودع واسع قدر الإمكان لعلماء الآثار، فإن إضافة سلالة جديدة تزيد من التباين العام لأنواع الماعز هي مساهمة لا يمكن إنكارها. تتيح هذه الأداة إمكانية وضع السلالات القديمة أو الأثرية (يتم الحصول عليها من الحفريات) بالنسبة إلى سلالات الماعز المتواجدة (الحالية).

الكلمات الدالة : الماعز، قياس الجماجم، قياس العظام، مشط القدم الأمامي، علم الحيوان الأثري.

*Productions
scientifiques*

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

Rania RIDOUH¹, Faiza TEKKOUK-ZEMMOUCH¹, Chantal THORIN² & Claude GUINTARD^{3*}

¹ Université des frères Mentouri, Institut des Sciences Vétérinaires, Laboratoire « Gestion de la santé et productions animales », El Khroub, Algérie. E-mail: anatomiste27@outlook.fr ; E-mail: faizatcook@yahoo.fr

² Statistique, Unité de Pharmacologie, Ecole Nationale Vétérinaire de l'Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique - ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, F-44307 Nantes, cedex 03, France. E-mail: chantal.thorin@oniris-nantes.fr

³ Unité d'Anatomie Comparée, Ecole Nationale Vétérinaire de l'Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique - ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, F-44307 Nantes, cedex 03, France. GEROM (Groupe d'Etudes remodelage Osseux et bioMatériaux), faculté de santé, Université d'Angers (France), E-mail: claude.guintard@oniris-nantes.fr

* Auteur correspondant

Résumé

La prédiction du sexe à partir d'ossements issus de sites archéologiques nécessite des outils de comparaison et des collections de références qui soient les plus proches possible du type morphologique étudié. La race autochtone de chèvre algérienne (*Arabia*) est de ce point de vue une population ancienne et de taille petite à moyenne qui répond parfaitement à l'attente des archéozoologues. L'analyse du dimorphisme sexuel dans l'espèce caprine n'a fait l'objet que de très peu d'études, nous nous proposons donc d'approfondir la question, à partir d'un échantillon de 62 métacarpes gauches de chèvres de race Arabia. Pour chaque animal, le poids de carcasse, l'âge et le sexe ont été notés. Une fois préparé par cuisson, chaque os a été mesuré (7 mesures linéaires) et les indices de gracilité de l'extrémité proximale et de la diaphyse ont été calculés. Le dimorphisme sexuel est bien marqué et l'ostéométrie des métapodes permet de sexer l'échantillon sans trop de problème. Le fait qu'il y ait des individus jeunes dans l'échantillon rend l'analyse plus compliquée, mais se rapproche plus de ce que les archéozoologues peuvent rencontrer sur le terrain. Une régression logistique permet de faire une prédiction du sexe à partir des mesures linéaires réalisées.

Mots-clés

Ostéométrie, Dimorphisme sexuel, Métacarpe, Chèvre, Race Arabia, *Capra hircus*.

Abstract

Sex prediction from a sample of goat metacarpal bones (*Capra hircus*, L. 1758) of Arabia breed (Algeria): realization of a reference database for zooarchaeological studies.- Sex prediction from bones coming from archaeological sites require tools of comparison and reference collections which are the closest possible to the studied morphological types. The local Algerian goat (*Arabia*) is, from this point of view, an old population of small to medium size animals which perfectly caters to the expectations of the zooarchaeologists. The analysis of sexual dimorphism in the caprine species is the subject of very few studies. We thus suggest going farther into the matter by using a sample of 62 left metacarpal bones from the Arabia goat breed. For each animal, the carcass weight, the age and the sex were recorded. Once boiled, each bone was measured (7 linear measurements) and the indices of slenderness of the proximal end and of the shaft were calculated. Sexual dimorphism is well marked and osteometry of the metacarpal bones allows finding the gender of the sample without much trouble. The fact that young individuals are present in the sample makes the analysis more complicated, but it also makes it more accurate to what zooarchaeologists encounter in the field. A logistic regression allows us to make a prediction of the sex from the realized linear measures.

Keywords

Osteometry, Sexual dimorphism, Metacarpal bone, Goat, Arabia breed, *Capra hircus*.

1. INTRODUCTION

La chèvre est une espèce largement rencontrée dans les restes osseux issus des chantiers de fouille archéologiques, notamment dans le pourtour méditerranéen. Le nombre de restes atteint, dans la région Languedoc-Roussillon, environ 20 à 25 % (Fabre *et al.*, 2002; Forest, 2003, 2018), parfois légèrement plus, pour les périodes historiques. Au-delà de la simple diagnose osseuse, qui n'est pas forcément toujours évidente avec le mouton (Boessneck, 1969; Boessneck *et al.*, 1964; Prummel & Frisch, 1986), il peut être intéressant de préciser le sexe des individus présents. 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 & Tekkouk-Zemmouchi, 2010; Tekkouk & Guintard, 2007), ainsi qu'après avoir examiné les résultats ostéométriques préliminaires obtenus sur des métapodes de chèvres algériennes (Guintard *et al.*, 2018; Tekkouk-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; Najari *et al.*, 2006).

Chez les ruminants, d'une façon générale, le métapode, ou os canon, est un élément du squelette suffisamment solide pour être régulièrement retrouvé entier ou peu altéré lors des fouilles archéologiques. Cette caractéristique se retrouve chez les caprins (Pazvan *et al.*, 2015), tout comme pour le bœuf (Berteaux *et al.*, 1995; Daas & Djebir, 2005; Davis *et al.*, 2012; Deghfel & Merir, 2006; Fock, 1966; Forest & Rodet-Belarbi, 2000; Guintard, 1991, 1993, 1996, 1997, 1998; Wiig, 1985), le mouton (Alpak *et al.*, 2009; Guintard & Betti, 1999; Guintard & Lallemand, 2003; Guintard & Tekkouk-Zemmouchi, 2010; Prummel & Frisch, 1986; Rosset *et al.*, 2002) ou le dromadaire (Adamou *et al.*, 2013; Babelhadj *et al.*, 2016). Une première analyse ostéométrique des métapodes (métacarpe ou métatarse) chez la Chèvre, au sein de la race Arabia (Guintard *et al.*, 2018), a démontré que cet os était en mesure d'apporter des informations intéressantes en relation avec l'animal vivant.

La chèvre Arabia est la plus importante de toutes les populations locales algériennes de chèvres. On parle encore de race Arabe ou de population Arabo-maghrébine ou Arbia. Elle se localise en zone steppique, semi-steppique et dans les hauts plateaux (Manallah, 2012). Au niveau du phénotype elle manifeste des caractères assez homogènes : sa hauteur au garrot est faible (de 50-70 cm en moyenne) et elle possède une tête dépourvue de cornes avec des oreilles longues, larges et pendantes. Sa robe est multicolore (noire, grise, marron) à poils longs de 12-15 cm. La robe noire à longs poils prédomine, avec souvent des pattes blanches au-dessus du genou, des raies blanches et fauves sur la face, des taches blanches à l'arrière des cuisses. Cet animal est parfaitement adapté

aux contraintes des parcours et possède de bonnes aptitudes de reproduction (elle est saisonnée). Cette chèvre est principalement élevée pour la viande de chevreaux même si son lait, produit en faible quantité (1,5 litre par jour), représente un intérêt indéniable.

La réalisation d'un référentiel sur une population traditionnelle constitue un travail intéressant pour l'archéozoologie. Le sexage est une étude fondamentale afin de connaître les pratiques et les modes d'élevage dans les périodes historiques (Driesch & Boessneck, 1974; Lewis, 1999).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1. Matériel

Cette étude a porté sur 62 chèvres de race Arabia (26 mâles et 36 femelles). Il s'agit de sujets âgés de 3 mois pour les plus jeunes à 70 mois pour les plus vieux, provenant des abattoirs de Constantine, Batna et Sétif (nord-est de l'Algérie) entre novembre 2012 et décembre 2013. Pour chacun des deux sexes, afin d'examiner l'influence de la croissance, deux classes d'âges ont été constituées : des animaux de moins de 24 mois, dits jeunes adultes (JA), et des animaux de plus de 24 mois dits adultes (A). Pour chaque individu, suite à l'abattage, les os canons antérieurs gauches ont été prélevés. Au total, 62 métapodes gauches ont donc constitué la base de données de l'étude. Le poids de carcasse, pour chaque animal, a également été enregistré.

2.2. Méthode

2.2.1. Préparation et mesures

Les pieds avant (« mains ») gauches ont été prélevés au-dessous du carpe et numérotés afin d'être identifiés et mis en relation avec l'animal de départ. Préparés par dissection des tissus mous environnant les os, ces derniers ont été cuits, après immersion dans l'eau, en portant à ébullition pendant plusieurs heures. A l'issue de la cuisson, ils ont été nettoyés à l'eau courante puis séchés plusieurs jours à l'air libre.

Plusieurs mesures ont été effectuées sur chaque os :

- une mesure pondérale : le poids de chaque os après séchage, à l'aide d'une balance alimentaire (Balance électronique alimentaire de marque Zenati Electronics, précision le gramme) noté PMC, soit la masse du métacarpe entier ;
- sept mesures linéaires réalisées au pied à coulisse (*Electronic Digital Caliper*, précision de l'instrument au 1/100^e mm ; précision des mesures conservée au 1/10^e mm), mesurées selon la nomenclature de Driesch (1976), complétée pour des os entiers par Guintard (1996, 1998) : mesures linéaires, respectivement du métacarpe / et du métatarse. Pour ce dernier, le même

sigle que pour le métacarpe est employé, mais avec un T final.

Ces sept mesures (Fig. 1) sont les suivantes :

GL: grande longueur de l'os,

Bp: largeur de l'extrémité proximale (épiphyse proximale),

Dp: profondeur (épaisseur) de l'extrémité proximale,

d: largeur du corps (diaphyse), mesurée à la moitié de GL,

e: profondeur (épaisseur) du corps (diaphyse), mesurée à la moitié de GL,

Bd: largeur distale du métapode,

Dd: profondeur (épaisseur) de l'épiphyse distale.

A partir des paramètres linéaires précédents, pour chaque os, deux indices de gracilité ont été calculés: Bp/GL et d/GL.

2.2.2. Analyses statistiques :

Analyse univariée: Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel informatique Excel pour les variables mesurées ou les indices. Pour chaque variable mesurée, les paramètres statistiques de position (moyenne, minimum, maximum) ont été calculés dans l'échantillon des mâles d'une part et dans l'échantillon des femelles d'autre part, ainsi qu'au sein de la population globale. La variabilité a été estimée par l'écart-type σ et par le coefficient de variation CV [$CV \% = (\sigma/m) \times 100$: rapport entre l'écart-type σ et la moyenne m], ce

dernier permettant de s'affranchir de l'unité de la mesure. La normalité a été analysée grâce à un test de Shapiro et Wilcoxon pour les échantillons indépendants ($p > 0,05$). La comparaison entre les variances des mâles et des femelles a été réalisée par un test de Fisher ($p < 0,05$ pour les variances significativement différentes). La comparaison entre les moyennes a été effectuée par un test de Student avec la correction de Welch.

Analyse multivariée: Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel R 3.2.2 ® (Development Core Team. 2015. R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.) sur les différentes variables mesurées et les deux indices du métacarpe de chaque individu: les mesures GL, Bp, DP, d, e, Bd, Dd, et les indices d/GL et Bp/GL ont été inclus comme variables actives, le sexe (M et F) et l'âge (JA ou A) comme variables supplémentaires. L'analyse a permis de construire deux graphiques complémentaires i) le cercle des corrélations qui illustre la constitution du premier plan factoriel, ii) un nuage de points qui visualise la dispersion des individus des deux sexes dans le premier plan factoriel I-II, sur ce graphe la position des centres de gravité pour chaque sexe dans le premier plan factoriel avec leur ellipse de confiance à 95% est reporté. Lorsque l'âge et le sexe sont pris en compte en même temps, on décrit quatre classes: JF (jeunes femelles = JA + F), JM (jeunes mâles (=JA + M), MA (mâles adultes = A + M) et FA (femelles adultes = A + F).

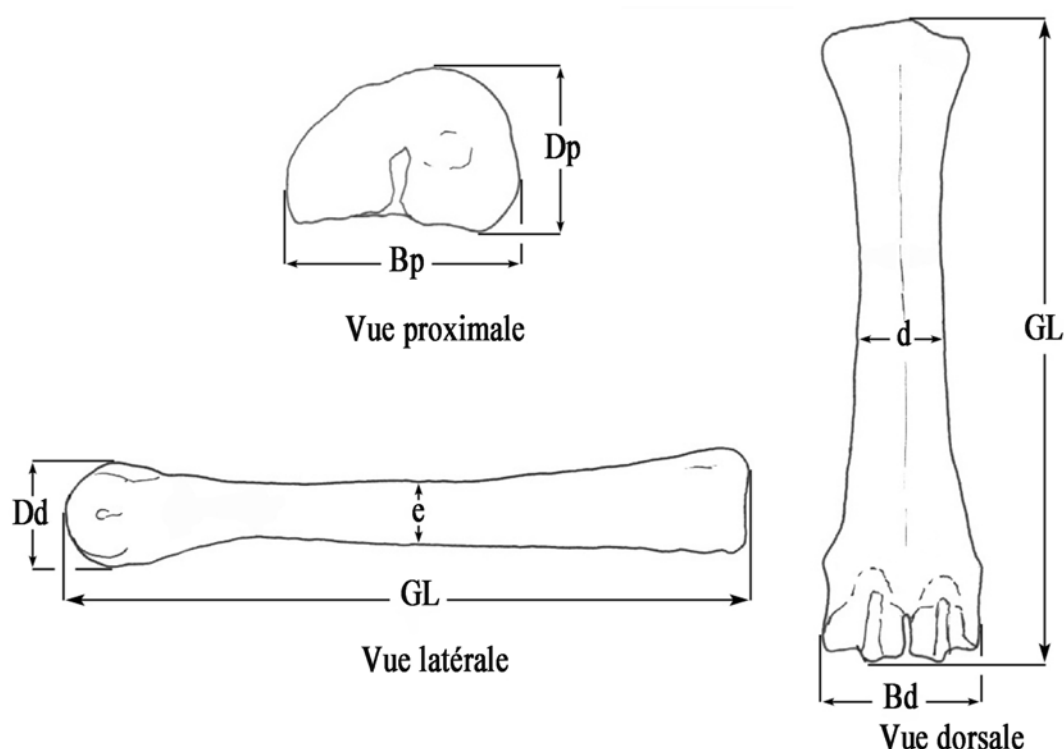


Fig. 1: Visualisation des sept mesures du métacarpe sur un métacarpe gauche de chèvre.

Pour tous les tests statistiques utilisés dans cette étude, une probabilité de 0,05 a été retenue comme seuil de significativité.

Une régression logistique réalisée sur les sept variables linéaires et les deux indices de gracilité a permis de modéliser l'appartenance à l'une des 4 classes précédentes ou aux deux classes de sexes. Après avoir fait une analyse discriminante descendante, pas à pas, les paramètres les plus discriminants sont utilisés afin de proposer la régression logistique la mieux adaptée à la séparation des deux sexes. Le pourcentage de bon reclassement des individus par rapport à leur classe de sexe est alors calculé.

3. RÉSULTATS

3.1. Analyse univariée

Les données sont regroupées dans les Tableaux I et II. Le Tableau I propose les valeurs des données biométriques des mâles et des femelles, mais aussi de la population globale étudiée. Le Tableau II donne les valeurs des paramètres ostéométriques mesurés, ainsi que des deux index calculés. Tous les paramètres suivent la loi Normale ($p > 0,05$) et les différences entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles sont toutes significatives et plus

Tableau I: Valeurs des paramètres biométriques de la population totale et en fonction du sexe.

	Age (mois)	Poids de carcasse (kg)	Poids du métacarpe (g)
Mâles (n = 26)	18 (3,5-48)	16,7 (6-32)	31,7 (10-60)
	14	8,3	13,9
	77,8	49,7	43,8
Femelles (n = 36)	25 (3-70)	10,9 (5-16)	20,0 (10-30)
	21	3	4,8
	84,0	27,5	24,0
<i>p</i> (95%)	0,1745	0,9955	0,9998
Population totale (n = 62)	22 (3-70)	13,4 (5-32)	24,9 (10-60)
	19	6,5	11,3
	86,4	48,5	45,4

Moyenne
(Min-Max)
écart-type
CV (%)

Tableau II: Valeurs des paramètres ostéométriques et des indices de la population totale et en fonction du sexe.

	GL (mm)	Bp (mm)	Dp (mm)	d (mm)	e (mm)	Bd (mm)	Dd (mm)	Bp/GL (%)	d/GL (%)
Mâles (n = 26)	122,8 (98,4-147,3)	26,7 (21,9-32,2)	18,6 (15,1-23,3)	16,9 (12,5-23,0)	11,1 (8,6-14,2)	29,4 (25,1-36,6)	18,8 (14,5-23,4)	21,9 (19,1-26,0)	13,7 (12,0-16,1)
	15,5	3,0	2,0	2,9	1,7	3,1	2,1	1,6	1,0
	13,7	11,2	10,8	17,2	15,3	10,5	11,2	7,3	7,3
Femelles (n = 36)	112,9 (88,2-133,1)	23,2 (19,9-26,7)	16,5 (13,1-19,2)	13,9 (11,1-16,9)	9,6 (6,8-11,5)	25,6 (20,7-29,6)	16,7 (13,7-19,4)	20,7 (18,3-24,6)	12,3 (10,7-14,9)
	9,5	1,6	1,3	1,4	1,1	1,8	1,2	1,3	0,8
	8,4	6,9	7,9	10,1	11,5	7,0	7,2	6,3	6,5
<i>p</i> (95%)	0,0033	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,00001	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0015
Population entière (n = 62)	117,1 (88,2-147,3)	24,7 (19,9-32,2)	17,3 (13,1-23,3)	15,2 (11,1-23,0)	10,2 (6,8-14,2)	27,2 (20,7-36,6)	17,6 (13,7-23,4)	21,2 (18,3-26,0)	12,9 (10,7-16,1)
	13,2	2,9	1,9	2,6	1,6	3,1	1,9	1,6	1,1
	11,3	11,7	11,0	17,1	15,7	11,4	10,8	7,5	8,5

Moyenne
(Min-Max)
écart-type
CV (%)

grandes pour les mâles que pour les femelles. Le dimorphisme sexuel est donc déjà visible à ce niveau. Les coefficients de variation des différents paramètres de la population totale oscillent entre 7,5 % (Bp/GL) et 17,1 % (d). Les paramètres les moins variables sont les indices ($CV < 10\%$) alors que pour les mesures linéaires, ils sont tous $> 10\%$. Les paramètres du milieu de la diaphyse (d et e) sont les plus variables, avec des coefficients de variation qui dépassent les 15 %. Il est possible de visualiser la variabilité générale de l'échantillon en bornant la variabilité des femelles et celle des mâles pour l'ensemble des paramètres. La Figure 2 borne la variabilité des deux sexes, selon les grandes longueurs des métacarpes (GL) de sorte que l'on visualise la plus petite et la plus grande femelle, et idem pour les mâles ; la Figure 3 borne la variabilité selon l'indice de gracilité du milieu de la diaphyse (d/GL) de sorte que l'on visualise la femelle la plus gracile et la plus trapue, et idem pour les mâles. Le dimorphisme sexuel apparaît déjà à ce niveau.

3.2. Analyse multivariée

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les différentes variables mesurées de chaque individu, ainsi que sur les indices de gracilité, a permis de construire le cercle des corrélations qui illustre la constitution du premier plan factoriel (Fig. 4). L'inertie du plan factoriel principal (I-II) est de plus de 89 %, ce qui est correct en morphométrie. L'axe I est un axe de taille avec lequel toutes les variables sont corrélées significativement positivement. Concernant l'axe II, seuls les indices (de l'épiphyse proximale principalement, mais aussi de façon moindre de la diaphyse) sont corrélés avec lui, ce qui en fait un axe de forme générale de l'os. Le nuage de points qui visualise la dispersion des individus des deux sexes dans le premier plan factoriel (Fig. 5) montre une dispersion continue des mâles et des femelles tout au long des axes I et II. Si l'on intègre l'âge des animaux, les quatre ellipses de confiance sont toutefois disjointes montrant ainsi une ségrégation nette à partir des quatre groupes par les mesures des métacarpes. Le point moyen

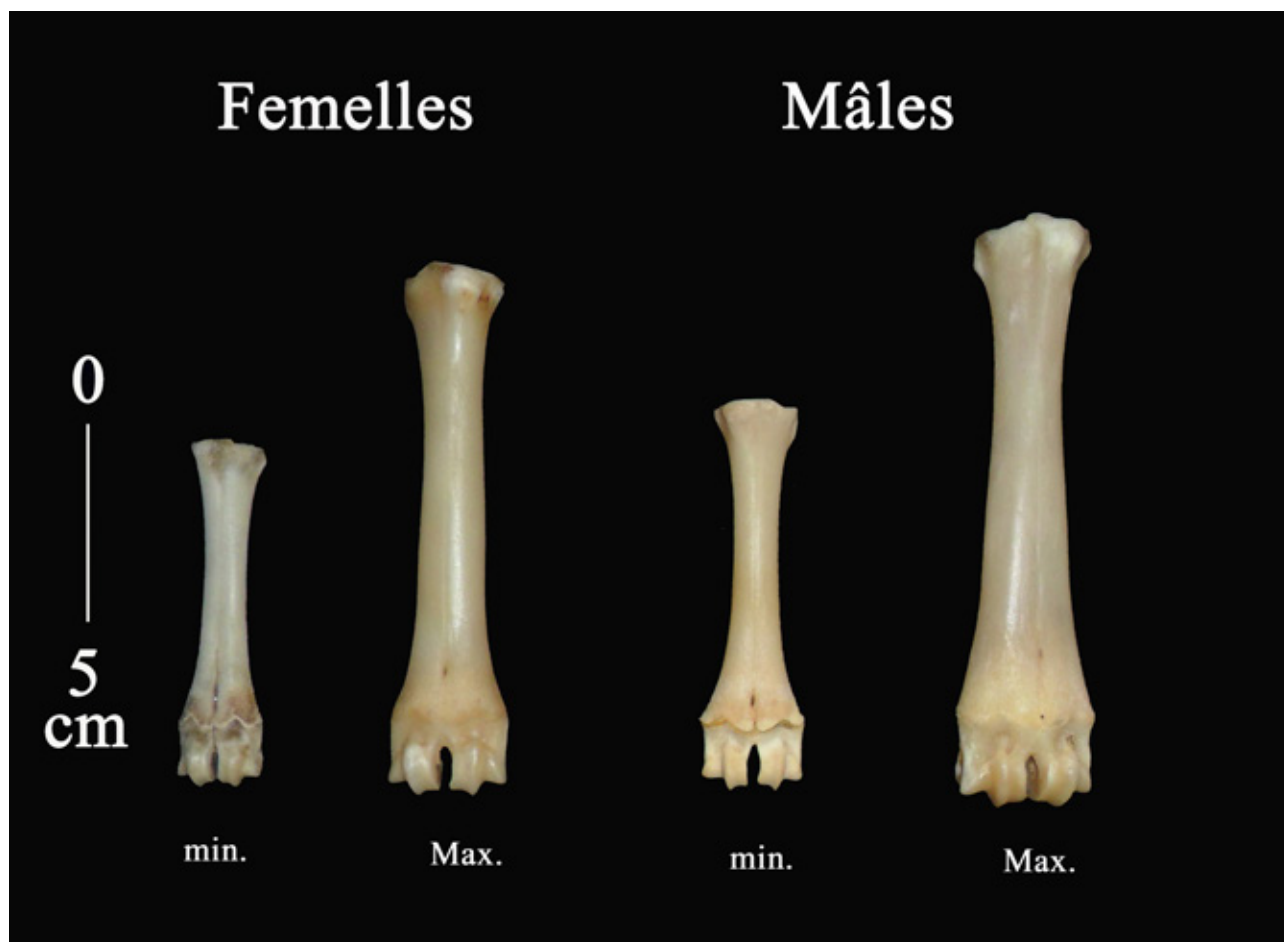


Fig. 2: Photo de la variabilité maximale des métacarpes en fonction de leur grande longueur (GL), selon le sexe.

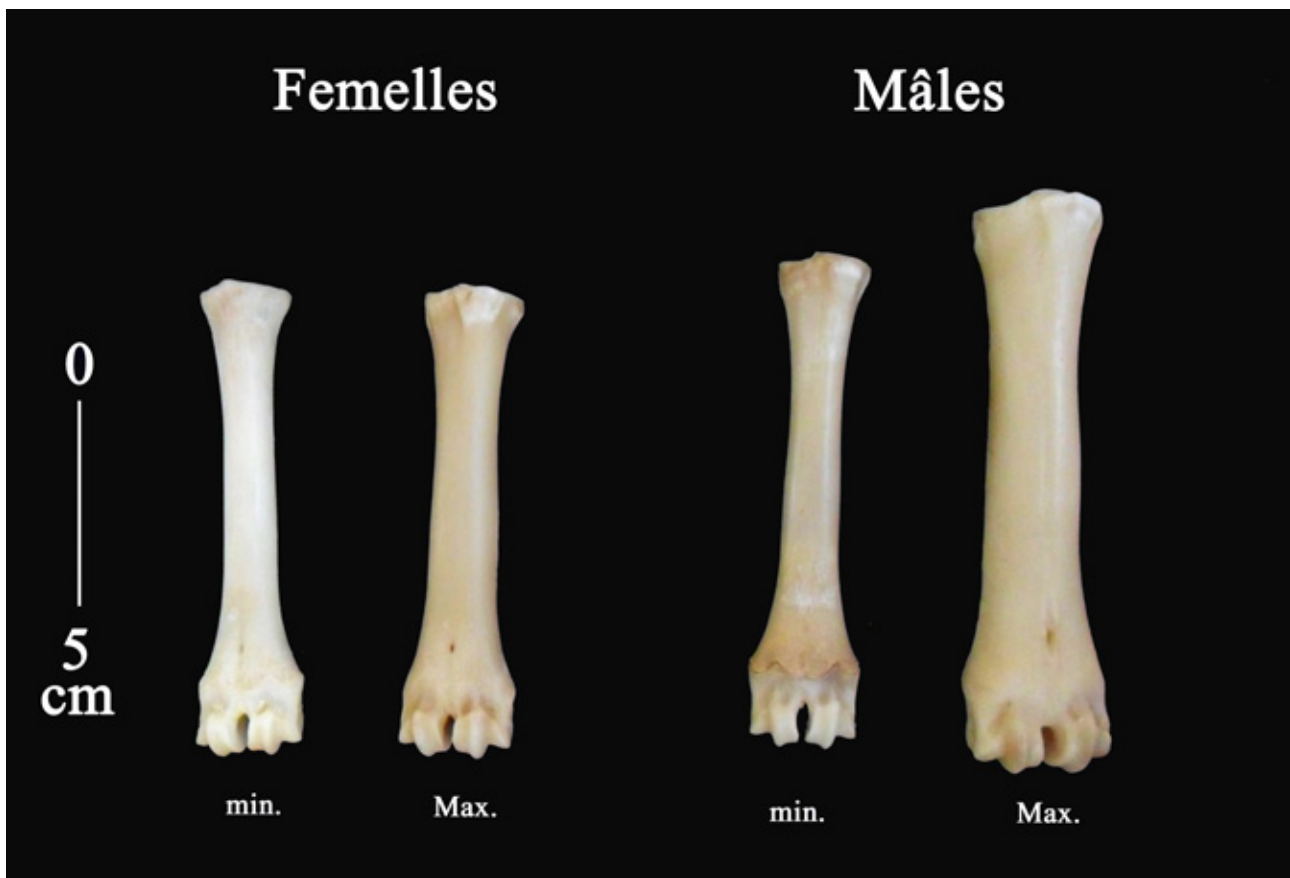


Fig. 3: Photo de la variabilité maximale des métacarpes en fonction de leur indice de gracilité (d/GL), selon le sexe.

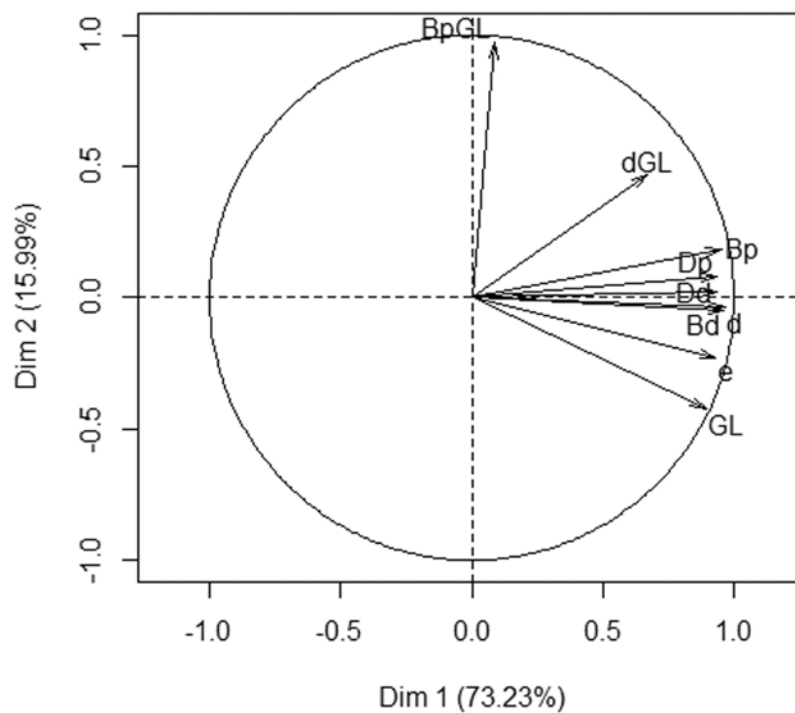


Fig. 4: Cercle des corrélations de l'ACP pour les métacarpes (7 variables linéaires et 2 indices de gracilité par individu ; 62 individus) : représentation des différentes variables dans le plan factoriel principal (I-II).

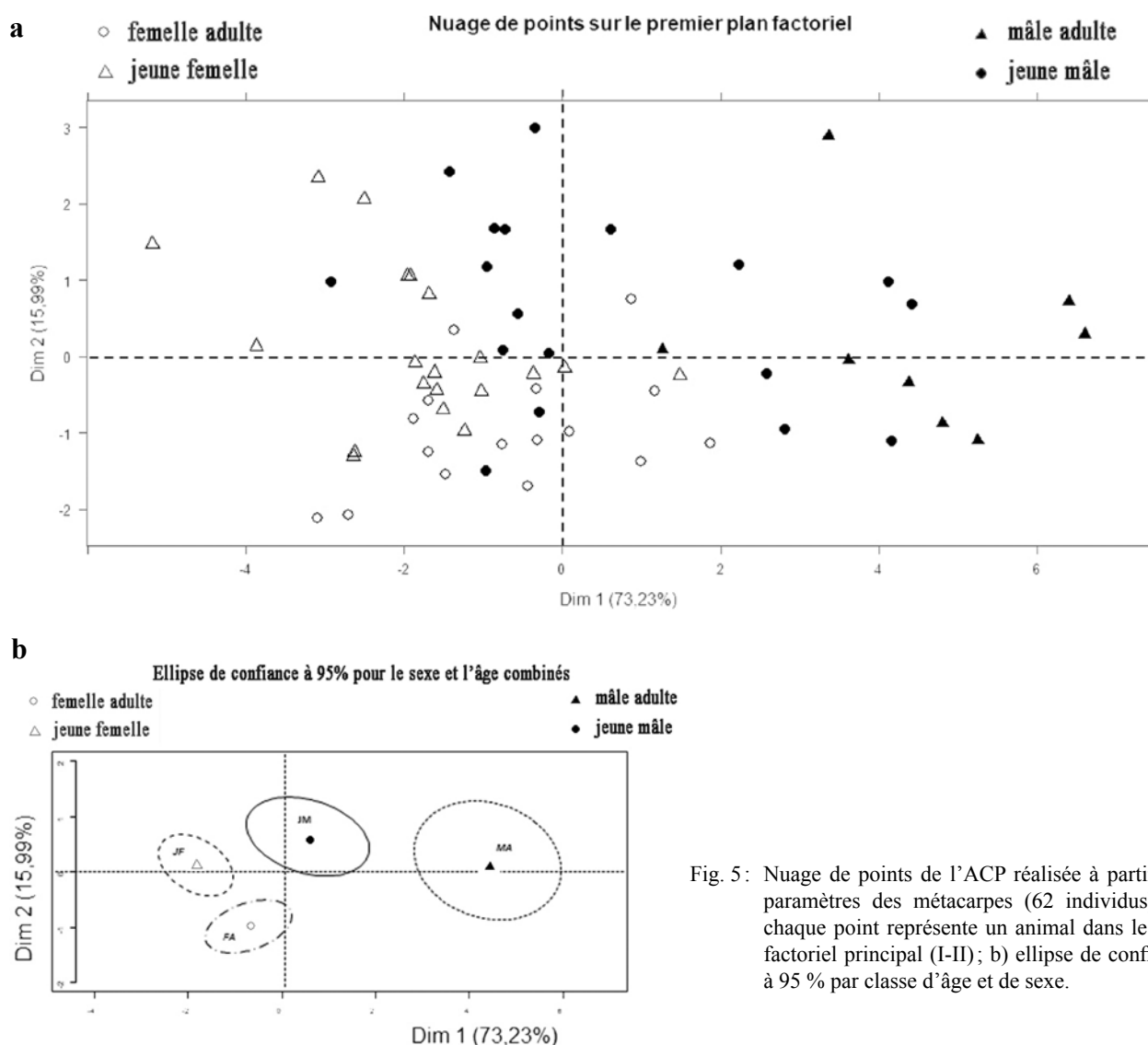


Fig. 5: Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres des métacarpes (62 individus): a) chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II); b) ellipse de confiance à 95 % par classe d'âge et de sexe.

des mâles adultes présente une abscisse significativement supérieure à 0 et une ordonnée non différente de 0 (l'axe des abscisses traverse l'ellipse correspondante). Pour le point moyen des mâles jeunes, c'est l'inverse, l'abscisse n'est pas significativement différente de 0, mais l'ordonnée est significativement positive (l'axe des ordonnées traverse l'ellipse correspondante). Enfin, pour les femelles, les points moyens des jeunes ou des adultes ont tous les deux une abscisse et une ordonnée significativement négative. Si l'on observe la dispersion des jeunes mâles, on s'aperçoit que la quasi-totalité d'entre eux tombe dans la zone de variabilité des femelles, ce qui est une constante chez les ongulés. Si l'on s'affranchit de l'âge, la figure devient encore plus claire (Fig. 6), le dimorphisme sexuel est bien marqué, avec des mâles pour lesquels l'ellipse de confiance est dans la zone des abscisses et des ordonnées positives et des femelles dans la zone des abscisses et des ordonnées négatives. L'analyse discriminante (descendante et réalisée pas à

pas) a permis de sélectionner les variables les plus discriminantes (Tabl. III). Il est notable que toutes les variables, prises individuellement sont capables de discriminer le sexe, mais l'association qui permet la meilleure discrimination pour cet échantillon est Bd + GL. Le modèle mathématique de régression logistique réalisé permet alors de proposer la formule de discrimination suivante : si :

$$\frac{e^{-23.1289+1.8834*Bd-0.2431*GL}}{1+e^{-23.1289+1.8834*Bd-0.2431*GL}} > 0.5$$

alors l'individu est probablement un mâle, sinon c'est probablement une femelle.

A partir du modèle précédent (qui est le plus discriminant possible), le sexe de chaque individu a été calculé et comparé au sexe réel de l'animal. Un pourcentage de bon classement a alors été calculé.

Le taux d'erreur global au niveau des 62 individus est de

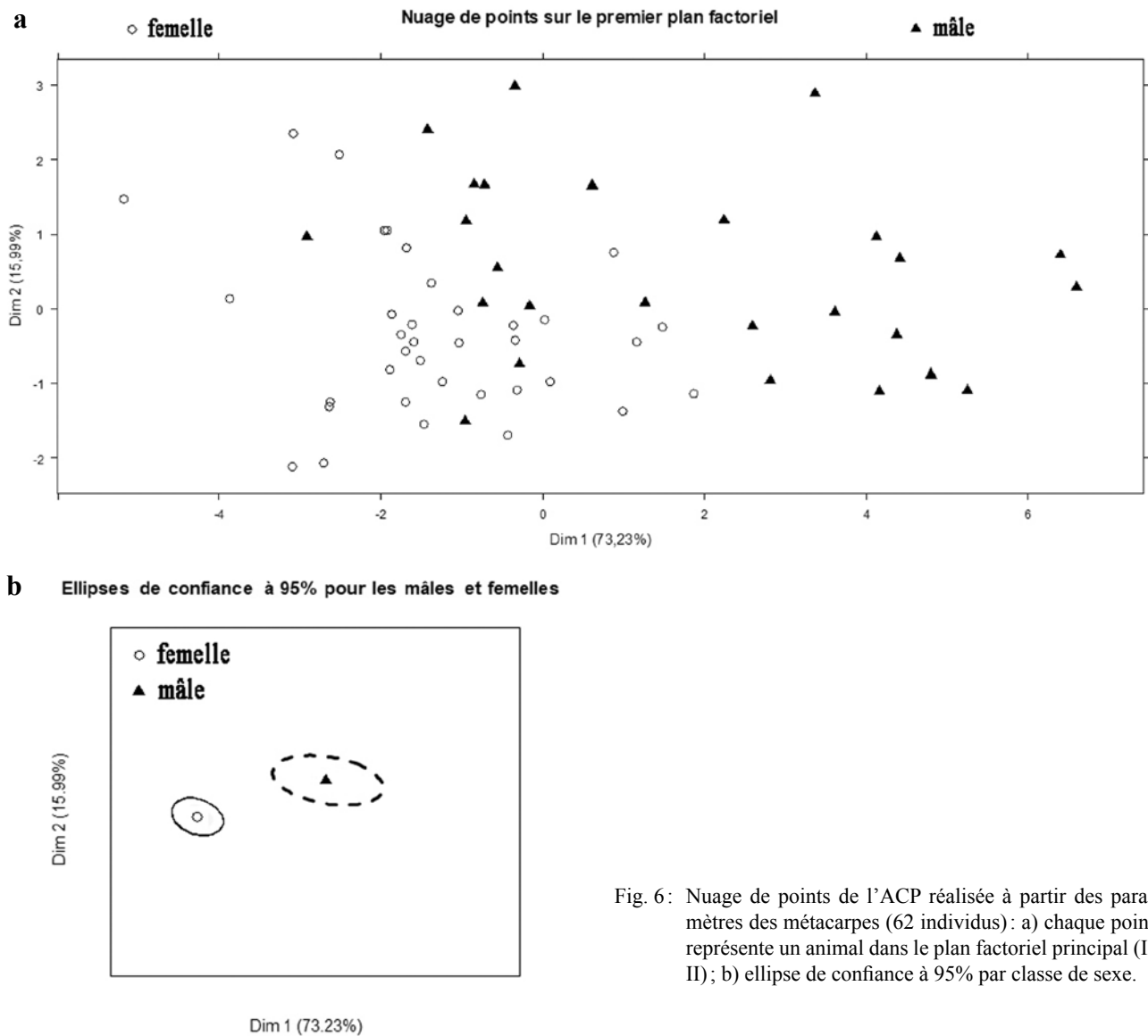


Fig. 6: Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres des métacarpes (62 individus): a) chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II); b) ellipse de confiance à 95% par classe de sexe.

Tableau III: Pouvoir discriminant de chacune des variables, prises séparément afin de discriminer le sexe à partir du métacarpe (7 mesures linéaires et 2 indices de gracilité).

	GL	Bp	Dp	d	e	Dd	Bd	Bp/GL	d/GL
AIC	73,67	72,64	72,70	74,32	73,19	73,58	81,08	72,68	74,00

4 femelles mal classées et de 3 mâles mal classés (soit 11,29 % d'erreur de classement). Les animaux mal classés sont des jeunes individus à la morphologie peu accusée, si l'on exclut les jeunes de la population, le nouveau modèle donne un taux d'erreur nettement plus bas (de l'ordre de 4 %). Nous aurions pu, d'emblée, éliminer les jeunes individus, mais pour trois raisons, nous ne l'avons pas fait :

- L'échantillon aurait été réduit fortement (passant de 62 à 24 individus),
- Dans la pratique, l'archéozoologue est le plus souvent

confronté à ces animaux, pour peu que l'épiphyse distale soit soudée,

- Le fait d'enlever les individus jeunes décale les moyennes vers des valeurs plus fortes.

Dans la pratique, l'archéozoologue, même si le modèle est un peu moins puissant mathématiquement, préférera avoir des seuils lui permettant de sexer facilement (d'autant plus que l'on a démontré précédemment que chaque variable nous y autorise). En dessous du seuil considéré, l'individu sera attribué à une femelle et au-dessus à un mâle (Tabl. IV). Le taux d'erreur est bien sûr plus impor-

tant que celui du modèle multivarié précédent et varie de 20 à 30 % environ. Si l'on ne conserve que les individus adultes, le modèle repose sur moins d'individus (24 métacarpes), et donne des valeurs seuil légèrement différentes (Tabl. V). Le taux d'erreur est toutefois bien meilleur (varie de 4 à 17 %) puisque les mâles et les femelles se recoupent peu sur l'ACP (Fig. 7).

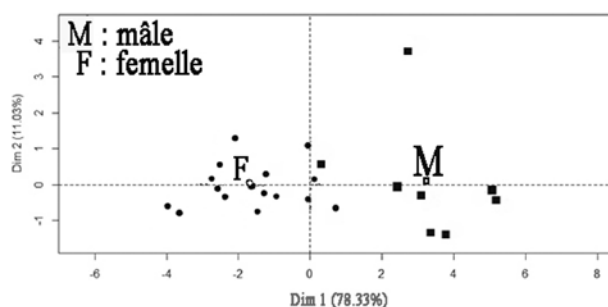


Fig. 7: Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres des métacarpes : chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). 24 individus adultes.

4. DISCUSSION

Le dimorphisme sexuel est bien marqué dans cette espèce et l'ostéométrie des métacarpes permet de sexer l'échantillon sans trop de problèmes. Il faut souligner toutefois que, quel que soit le modèle (uni ou multivarié) envisagé, si le sexage est possible à l'échelle de la population tout entière, dès qu'il s'agit d'un individu isolé, sauf pour les cas extrêmes, il devient quasi impossible de pouvoir lui attribuer son sexe de façon certaine. Le taux d'erreur n'est en effet jamais de zéro pourcent. Ce travail regroupe des animaux subadultes qui, du fait de l'allométrie de croissance et de la superposition des jeunes mâles avec les femelles, rend la séparation des sexes plus compliquée pour les animaux de taille moyenne. Ce phénomène se retrouve chez de nombreuses espèces de ruminants, comme le mouton (Guintard & Lallemand, 2003; Guintard & Tekkouk-Zemmouchi, 2010), le bœuf (Albarella, 1997; Guintard & Borvon, 2009; Lewis, 1999; Tekkouk & Guintard, 2007; Thomas, 1988; Wiig, 1985) ou le dromadaire (Adamou *et al.*, 2013). L'échantillon ainsi constitué et le référentiel réalisé permettent toutefois de proposer une méthode simple de sexage chez les caprinés à partir de mesures linéaires du métacarpe. Il aurait pu être intéressant également de travailler à partir du métatars. Cet os est également assez souvent retrouvé entier sur les chantiers de fouille archéologique. Toutefois, ce dernier os est jugé légèrement moins dimorphique que le métacarpe, dans la mesure où le poids de l'individu porte plus sur les membres antérieurs que sur les postérieurs (Guintard, 1998). La méthodologie propo-

Tableau IV: Seuil de discrimination des mâles et des femelles et pourcentage d'erreur pour chacune des variables du métacarpe (62 individus adultes et subadultes mâles et femelles).

Variable	Seuil	Taux d'erreur
GL	122,68	0,29
Bp	25,12	0,26
Dp	17,74	0,27
d	15,58	0,26
e	10,74	0,32
Bd	27,54	0,26
Dd	17,93	0,21
Bp/GL	21,76	0,31
d/GL	13,10	0,27

Tableau V: Seuil de discrimination des mâles et des femelles adultes et pourcentage d'erreur pour chacune des variables du métacarpe (24 individus adultes; 8 mâles et 16 femelles).

Variable	Seuil	Taux d'erreur
GL	129,54	0,17
Bp	26,86	0,04
Dp	18,93	0,04
d	16,74	0,13
e	11,56	0,04
Bd	29,02	0,08
Dd	18,98	0,13
Bp/GL	20,91	0,17
d/GL	13,56	0,13

sée pour le sexage d'un échantillon de métapodes d'une population bovine inconnue provenant d'un site archéologique (Guintard & Borvon, 2009) est transposable à l'espèce caprine. Afin de ne pas alourdir cet article, nous renvoyons donc à ce travail.

5. CONCLUSION

Ce travail constitue un approfondissement de l'étude initiale réalisée sur l'ostéomorphométrie des os canons de la chèvre de race Arabia en Algérie (Guintard *et al.*, 2018). L'échantillon de 62 métacarpes gauches de chèvres est représentatif de la diversité de la race en termes de variabilité. Le sexe-ratio de l'échantillon n'est pas totalement équilibré, mais offre des animaux d'âge et de poids qui correspondent bien à l'abattage actuel dans la race. Le dimorphisme sexuel est bien marqué et l'ostéométrie des métapodes permet de sexer l'échantillon sans trop de

problèmes. Ce référentiel apporte des données originales extrapolables pour l'archéozoologie. Il pourrait être intéressant de comparer ces résultats à d'autres populations caprines anciennes ou plus sélectionnées.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement Revathi Nair (Université de la Saskatchewan-Canada) pour son aide à la traduction anglaise du résumé et des mots-clés et à Louis Chaix, Genève, pour sa relecture du manuscrit. Merci également au Dr Vianney Forest, archéozoologue, qui nous a fourni des références bibliographiques précieuses et actualisées sur les sites archéologiques du sud de la France, où les caprins sont largement présents.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adamou A., Tekkouk-Zemmouchi F., Thorin C., Brerhi E.H., Borvon A., Babelhadj B. & Guintard C. 2013. Etude ostéobiométrique de la «race» cameline algérienne Sahraoui (*Camelus dromedarius* L., 1758). *Revue de Médecine Vétérinaire*, 164(5): 230-244.
- Albarella U. 1997. Shape variation of cattle metapodials: age, sex or breed? Some examples from mediaeval and postmediaeval sites. *Anthropozoologica*, 25-26: 37-47.
- Alpak H., Onar V. & Mutuş R. 2009. The Relationship Between Morphometric And Long Bone measurements of the Morkaraman Sheep. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 33(3): 199-207.
- Babelhadj B., Adamou A., Thorin C., Tekkouk-Zemmouchi F., Benaissa 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.
- Berteaux D. & Guintard C. 1995. Osteometric study of the metapodials of Amsterdam Island feral cattle. *Acta Theriologica*, 40(1): 97-110.
- Boessneck J. 1969. Osteological difference between sheep (*Ovis aries* Linné) and goat (*Capra hircus* Linné). In: Brothwell D. & Higgs E.S. (Eds), *Science in archeology, a survey of progress and research*. Thames & Hudson, London, 331-358.
- Boessneck J., Müller H.H. & Teichert M. 1964. Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linnaeus) und Ziege (*Capra hircus* Linnaeus). *Kuhn-Archiv*, 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-Boischar 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.
- Daas S. & Djebir S. 2005. *Etude comparative des métapodes des bovins. Cas de métacarpes et de métatarses provenant de l'abattoir de Ferdjioua et d'El-Khroub*. Mémoire de Doctorat Vétérinaire, n° 05-003. Département vétérinaire El-Khroub, Université de Constantine, Algérie, 67 pp.
- Davis S. J.M., Svensson E. M., Albarella U., Detry C., Götherström A., Pires A. E. & Ginja C. 2012. Molecular and osteometric sexing of cattle metacarpals: a case study from 15th century AD Beja, Portugal. *Journal of Archaeological Science*, 39(5): 1445-1454.
- Deghfel M.L. & Merir Y. 2006. *Ostéométrie des métapodes de bovins. Cas de métacarpes et de métatarses de trois races locales: Cheurfa, Guelmoise et Sétifienne*. Mémoire de Doctorat Vétérinaire, n°06-003. Département vétérinaire El-Khroub, Université de Constantine, Algérie, 70 pp.
- Driesch A. 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin*, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, 1: 137 pp.
- Driesch A. & Boessneck J. 1974. Kritische Anmerkungen zur Widerristhöhenberechnung aus Längenmaßen vor- und frühgeschichtlicher Tierknochen. *Säugetierkundliche Mitteilungen*, 22: 325-348.
- 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^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APDCA, Antibes: 437-450.
- Fock J. 1966. *Metrische Untersuchungen an Metapodien einiger europäischer Rinderrassen*. Inaugural Dissertation, München: 1-81.
- Forest V. 2003. *Etude archéozoologique. Eglise Saint-Jacques - Elne (XI^e-XII^e siècles)*. 2^e Rencontres d'histoire et d'archéologie d'Elne, 1999. Société des Amis d'Illiberis: 193-212.
- Forest V. 2018. 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*. Ed. des Archives d'Ecologie Préhistorique, Toulouse, 500 pp.
- Forest V. & Rodet-Belarbi I. 2000. Ostéométrie et morphologie des bovins médiévaux et modernes en France méridionale. In: Marandet M.C. (dir.), *L'homme et l'animal dans les sociétés méditerranéennes*. 4^e journée d'études du Centre de Recherches Historiques sur les Sociétés Méditerranéennes, Presses Universitaires de Perpignan: 27-91.
- Guintard C. 1991. *Les bovins de l'île Amsterdam. Etude ostéomorphométrique des métapodes*. Mémoire de DEA, Paris VII - MNHN, inédit, 73 pp.
- Guintard C. 1993. Morphologie osseuse et sélection bovine. In: *L'homme, l'animal domestique et l'environnement du Moyen Age au XVIII^e siècle. Enquêtes et documents*, C.R.H.M.A., Nantes: 129-140.
- Guintard C. 1996. *Etude ostéométrique des métapodes de bovins: La race Charolaise*. Thèse de Doctorat du MNHN, Paris, inédit, 391 pp.
- Guintard C. 1997. Identifier et mesurer l'évolution de l'élevage bovin: Un problème de méthode en archéozoologie. VI^e Congrès International de la S.A.M., 1-5 octobre 1996, *L'innovation technique au Moyen Age*. Ed. Errance, Dijon: 21-29.
- Guintard C. 1998. Ostéométrie des métapodes de bovins. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 149(7): 751-770.

- Guintard C. & Betti E. 1999. *Ostéométrie des métapodes des ruminants domestiques (Bos taurus et Ovis aries) : typologie et sexage*. Mondial Vet Lyon 99, 23-26 septembre 1999, Lyon (F), Proceedings, WVA Conferences, 26^e Congrès mondial WVA; Recherche/search, CDRom Mac/PC, Conception ACM.
- Guintard C. & Borvon A. 2009. Sexer les métapodes de bovins : proposition de méthodologie appliquée aux métacarpes. Exemple des sites archéologiques médiévaux d'Andone (Charente, X-XI^e siècles) et de Montsoreau (Maine-et-Loire, XI^e siècle). *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, nouvelle série*, 31(3): 123-137.
- Guintard C. & Lallemand M. 2003. Osteometric study of metapodial bones in sheep (*Ovis aries*, L. 1758). *Annals of Anatomy – Anatomischer Anzeiger*, 185 : 573-583.
- Guintard C. & Tekkouk-Zemmouchi F. 2010. Aperçu ostéobiométrique de la race ovine (*Ovis aries*, L.) Ouled Djellal (Algérie). *Revue de Médecine Vétérinaire*, 161(11): 521-531.
- 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 inédit, Université Kasdi Merbah de Ouargla, Algérie, 44 pp.
- Lewis S. 1999. Further notes on a statistical method for use when investigating differences in sexual dimorphism: a discussion paper. In: Anderson S. & Boyle K. (Eds), *Current and Recent Research in Osteoarchaeology 2*. Proceedings of the fourth, fifth and sixth meetings of the Osteoarchaeological Research Group held in York on 27th April 1996, Cardiff on 16th November 1996 and Durham on 7th 1997, Londres : 56-57.
- Manallah I. 2012. *Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif*. Mémoire de Magistère inédit, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 107 pp.
- Najari S., Gaddour A., Abdennebi M., Ben Hammouda M. & Khaldig G. 2006. Caractérisation morphologique de la population caprine locale des régions arides tunisiennes. *Revue des régions arides*, 17 : 23-41.
- Pazvan G., Onar V., Alpak H., Gezer Ince N., Kahvecioglu K.O., Armutak A. & Kiziltan Z. 2015. Osteometric Examination of Metapodial Bones in Sheep (*Ovis aries* L.) and Goat (*Capra hircus* L.) unearthed from the Yenikapi Metro and Marmaray Excavations in Istanbul. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 21(2): 147-153.
- 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.
- Rosset O., Reveleau L. & Guintard C. 2002. Population ovine Landaise : historique, situation actuelle et caractérisation morpho-biométrique, *Ethnozootechnie, Varia*, 69 : 75-142.
- 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 espagnole. *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.
- Thomas R.N.W. 1988. A statistical evaluation of criteria used in sexing cattle metapodials. *Archaeozoologia*, II(1, 2): 83-92.
- Wiig O. 1985. Sexing of subfossil cattle metacarpals. *Acta Theriologica*, 30 : 495-503.

Etude ostéométrique des métapodes de chèvres (*Capra hircus*, L., 1758) d'Algérie : cas de la race autochtone Arabia

C. GUINTARD¹, R. RIDOUH², C. THORIN³, F. TEKKOUK-ZEMMOUCHI²

¹Unité d'Anatomie Comparée, Ecole Nationale Vétérinaire de l'Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique - ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, 44307 Nantes, cedex 03, France.

²Groupe d'Études Remodelage osseux et bioMatériaux (GEROM), Université d'Angers, Unité INSERM 922, LHEA/IRIS-IBS, 4 rue Larrey, CHU d'Angers, Angers, France

³Université des frères Mentouri, Institut des Sciences Vétérinaires, Laboratoire "Gestion de la santé et productions animales", El Khroub, Algérie.

³Statistique, Unité de Pharmacologie, Ecole Nationale Vétérinaire de l'Agroalimentaire et de l'Alimentation, Nantes Atlantique - ONIRIS, route de Gachet, CS 40706, 44307 Nantes, cedex 03, France.

Auteur chargé de la correspondance : claud.guintard@oniris-nantes.fr

RÉSUMÉ

La race autochtone de chèvre algérienne (Arabia) a fait l'objet de très peu d'études. Ce travail se propose de réaliser une première approche ostéomorphométrique des os canons (métacarpes et métatarses). Un échantillon de 124 métapodes gauches de chèvres a été constitué (62 métacarpes et 62 métatarses). Pour chaque animal, le poids de carcasse, l'âge et le sexe ont été notés. Une fois préparé par cuisson, chaque os a été mesuré (7 mesures linéaires) et les indices de gracilité de l'extrémité proximale et de la diaphyse ont été calculés.

Les résultats de ce travail reposent sur un échantillon de 26 mâles de 3,5 mois à 4 ans et dont le poids de carcasse varie de 6 à 32 kg et de 36 femelles de 3 mois à plus de 5 ans et dont le poids de carcasse varie de 5 à 16 kg.

En relation avec des animaux de type marcheur, la gracilité des métacarpes adultes est relativement importante avec des indices de la diaphyse faibles de l'ordre de 13,7% pour les mâles et de 12,3% pour les femelles. Le dimorphisme sexuel est bien marqué et l'ostéométrie des métapodes permet de sexer l'échantillon sans trop de problème. Les paramètres de largeur et d'épaisseur, ainsi que les indices, sont bien corrélés au poids de carcasse, ce qui permet d'estimer la masse des individus à partir de dimensions osseuses.

Mots-clefs : Ostéométrie, biométrie, métacarpe, métatarse, chèvre, race Arabia, *Capra hircus*.

SUMMARY

Osteometric study of Algerian goat's metapodial bones (*Capra hircus*, L., 1758): the local breed Arabia

The local breed of the Algerian goat (Arabia) was the subject of very few studies. The aim of this work was to carry out a first osteomorphometric approach of cannon bones (Metacarpus and Metatarsus), 124 left metapodials of goats (62 metacarpals and 62 metatarsals) were sampled. For each animal, the carcass weight, the age and the sex were noted. Once boiled, each bone was measured (7 linear measurements) and the indices of slenderness of the proximal end and of the shaft were calculated.

The results of this work were based on one sample of 26 males aged from 3.5 months to 4 years and with a carcass weight varying from 6 to 32 kg, and of 36 females aged from 3 months to more than 5 years with a carcass weight varying from 5 to 16 kg.

As walking species, the slenderness of adult metacarpals is relatively high with lower shaft indices around 13.7% in males and 12.3% in females. The parameters of width, thickness, gracility were correlated to the individual carcass weight; this allows to estimate the animal mass from bone dimensions.

Keywords: Osteometry, biometry, metacarpal bone, metatarsal bone, goat, Arabia breed, *Capra hircus*.

Introduction

Ce travail se positionne dans le prolongement de plusieurs études ostéobiométriques déjà publiées chez les ruminants autochtones d'Algérie (bovins, moutons et dromadaires) [68, 43, 1, 8], ainsi qu'après avoir examiné les résultats ostéométriques préliminaires obtenus sur des métapodes de chèvres algériennes [69].

Chez les ruminants, d'une façon générale, le métapode ou os canon, est un élément du squelette suffisamment solide pour être régulièrement retrouvé entier ou peu altéré lors des fouilles archéologiques. Cette caractéristique se retrouve chez les caprins et comme pour le Bœuf [10, 20, 21, 22, 27, 30, 34, 35, 36, 38, 39, 73], le Mouton [7, 40, 42, 43, 62] ou le Dromadaire [1, 8]. Une première analyse ostéométrique des métapodes (métacarpe ou métatarse) chez la Chèvre, au sein de la race Arabia [69], a démontré que cet os était en

mesure d'apporter des informations intéressantes en relation avec l'animal vivant. Très peu de données ostéométriques sont toutefois disponibles dans la littérature pour cette race autochtone algérienne.

Les caprins sont parmi les animaux d'élevage les plus répandus sur le globe [32]. En effet, les chèvres se trouvent depuis l'équateur jusqu'aux zones climatiques les plus froides et cette espèce est représentée dans la plupart des systèmes de production animale. Elles ont une importance économique majeure pour les petits éleveurs des zones écologiquement marginales, comme les zones arides et montagneuses, où d'autres animaux domestiques ne s'élèvent pas aisément [3, 4].

Les races locales représentent un patrimoine original et unique du fait des processus qui les ont façonnées, en relation avec l'histoire de la région [9, 15, 64, 71]. Elles sont

également profondément inscrites dans les systèmes de production régionaux, à travers leurs modes d'élevage et leurs usages. Elles ont ainsi développé des aptitudes zootechniques particulièrement utiles, en termes de performances de production et de qualités d'adaptation [58]. Selon les estimations de la FAO (2008), le cheptel caprin mondial aurait augmenté ses effectifs de plus de 20 % ces dernières années. En 2008, il approchait les 864 millions de têtes, soit 117 millions de plus qu'en 2000 [51]. Les deux pays les plus peuplés de la terre, la Chine et l'Inde, se partagent à eux seuls respectivement 21 % et 17 % du cheptel mondial. En seconde position vient le continent africain avec 29 % du cheptel mondial, l'Amérique, avec 5 % du cheptel, et l'Europe, avec 3 %. En France, c'est dans l'espèce caprine que les programmes de conservation ont été mis en place les plus tardivement [19]. La conséquence directe de ce retard est que seulement deux races caprines (sur 10 reconnues par le Ministère de l'Agriculture), l'Alpine et la Saanen, représentent 99 % des effectifs.

Les ressources génétiques caprines d'Algérie n'ont pas fait l'objet d'une attention particulière comparativement au reste des populations de l'espèce du Bassin méditerranéen [45, 48]. L'élevage caprin, en raison de son adaptation aux milieux difficiles, est pratiqué surtout dans les zones montagneuses, les steppes et les oasis [33, 46, 47, 56, 66] ; la chèvre est réputée pour sa rusticité lui permettant de tirer profit de régions pauvres. Le lait de chèvre, par sa valeur nutritionnelle et son aptitude à la transformation notamment en fromage de qualité, est très recherché. Quant à la viande caprine, elle véhicule l'image d'un produit biologique et constitue une source de protéines animales mais aussi de revenu pour les populations rurales surtout dans les pays en voie de développement [25]. Les caprins sont aussi élevés pour leur toison recherchée ainsi que leur peau qui sert notamment à la fabrication de guerbas qui sont légères, isolantes et faciles à transporter. En Algérie, l'élevage caprin est présent dans toutes les zones ; au nord il est cantonné aux zones montagneuses, mais le gros de l'effectif est réparti dans les zones steppiques et subdésertiques [55]. En 2008, le cheptel caprin était de 3,8 millions de têtes dont 2,2 millions de femelles et occupait la troisième place après l'ovin et le bovin (MAP, 2009). Il est estimé aujourd'hui à 4,5 millions de têtes dont 60% de femelles. La conduite de ce type d'élevages est généralement extensive. Plusieurs programmes sont initiés à l'heure actuelle pour, d'une part, améliorer et organiser l'élevage caprin traditionnel et, d'autre part, l'intensifier. Le cheptel caprin algérien présente une extraordinaire diversité génétique mais n'a fait l'objet, à ce jour, que de peu de description de ses populations. Le cheptel caprin Algérien est très hétérogène et composé d'animaux de populations locales, et de populations croisées.

La population locale est représentée essentiellement par les races Arabia et Kabyle, et la chèvre de M'zab [44]. Les races ont été classées en trois populations en tenant compte du contexte économique et sociologique de l'élevage, celui-ci influençant les objectifs de sélections des éleveurs [54] :

- La population des races caprines locales : elle représente le rameau Nord Africain proche du type Kurde et Nubio-syrien. Les animaux se caractérisent par de longs poils, le plus souvent de couleur noire ou gris foncé, et par sa rusticité et son adaptation à la diversité pédoclimatique algérienne. Ce groupe comprend la race Arabia, localisée principalement dans la région de Laghouat ; la race Kabyle, occupant les montagnes de Kabylie et des Aurès ; la race Makatia, localisée dans les hauts plateaux et dans certaines zones du Nord ; et enfin la race M'Zabia, localisée dans la partie septentrionale du Sahara. L'élevage de ces races adaptées est orienté vers une production mixte (viande et lait).

- La population des races importées : elle est représentée principalement par la Saanen et à un moindre degré par l'Alpine, importées d'Europe et caractérisées par leur forte production laitière. La race Saanen est élevée principalement par les fabricants du fromage en Kabylie.

- La population métissée : elle est issue de croisements contrôlés ou non des races locales avec les races Maltaise, Damasquine, Murciana, Toggenburg, Alpine et Saanen. L'objectif de ces croisements reste varié selon les régions et les éleveurs.

En Algérie, le lait de chèvre représente une part négligeable dans la production nationale de lait. Bien que l'effectif caprin de races croisées ait doublé en environ 20 ans (1992 – 2011), pour atteindre 4 544 000 têtes, la production de lait de chèvre a connu une faible progression en termes de quantité produite. Le système d'élevage caprin demeure extensif. Il est surtout localisé dans les zones montagneuses. Cet élevage est considéré souvent comme activité secondaire qui assure une liquidité financière en cas de besoin [53].

La large variabilité des populations locales illustre leurs facultés d'adaptation au climat rude par des amplitudes thermiques et des pics de chaleur importants [57]. Les croisements d'absorption réalisés entre la chèvre locale et les races amélioratrices visent la création de nouveaux génotypes caprins ayant une bonne productivité dans les oasis [32], mais risquent, à terme, de faire disparaître les races locales traditionnelles.

LA CHÈVRE ARABIA

La plus importante de ces populations locales algériennes est la chèvre Arabe dite encore population Arabo-maghrébine ou Arbia. Elle se localise en zone steppique, semi-steppique et dans les hauts plateaux [51]. Son phénotype offre des caractères assez homogènes : sa hauteur au garrot est faible (de 50-70 cm en moyenne) et elle possède une tête dépourvue de cornes dans un tiers des cas environ, avec des oreilles longues, larges et pendantes. Sa robe est multicolore (noire, grise, marron) à poils longs de 12-15 cm. La robe noire prédomine, avec souvent des pattes blanches au dessus du genou, des raies blanches et fauves sur la face, des taches blanches à l'arrière des cuisses. Cet animal est parfaitement adapté aux contraintes des parcours et possède de bonnes aptitudes de reproduction (elle est saisonnée). Cette chèvre

est principalement élevée pour la viande de chevreaux même si son lait, produit en faible quantité (1,5 litre par jour), représente un intérêt indéniable.

On distingue deux morphotypes (le sédentaire et le transhumant) :

- le type sédentaire: sa taille moyenne est de 70 cm pour le mâle et de 63 cm pour la femelle, alors que leurs poids respectifs sont de 50 kg et 35 kg. Le corps est allongé avec un dessus rectiligne et un chanfrein droit. Le poil est long, de 10 à 17 cm, pie noir ou brun. La tête est soit d'une couleur unie soit avec une liste, elle porte des cornes moyennement longues et dirigées vers l'arrière, et des oreilles assez longues (17 cm), la production laitière est de 0,5 litre par jour.

- le type transhumant : sa taille moyenne est de 74 cm pour le mâle et de 64 cm pour la femelle, donc légèrement plus élancé que le type précédent et leurs poids respectifs sont de 60 kg et 42 kg. Le corps est allongé, le dessus droit et rectiligne, mais parfois convexe chez certains sujets. Les poils sont longs de 14 à 21 cm et la couleur pie noir domine. La tête porte des cornes assez longues dirigées vers l'arrière (surtout chez le mâle) dont les oreilles sont très larges. La production laitière est de 0,25-0,75 litre par jour.

APPROCHE OSTÉOMÉTRIQUE

Ce travail s'inscrit dans ce qu'il est convenu d'appeler la recherche de modèles ou de référentiels pour les études archéozoologiques, dans le but de caractériser l'histoire des populations animales [11, 14, 18, 61, 76]. Les renseignements que l'on pourra tirer d'un os provenant d'un chantier de fouille archéologique seront d'autant meilleurs que cet os sera comparé ou rapproché de modèles morphologiques proches. Il sera bien sûr fondamental que la diagnose osseuse soit faite avec minutie, puisque les squelettes du mouton et de la chèvre ont des ressemblances marquées [12, 13, 62]. Le choix de la population de comparaison est dans ce type de travaux du plus haut intérêt et la recherche de modèles les plus approchants possibles des populations anciennes a été, et ce depuis longtemps [27, 52, 75], un souci de l'archéozoologie. L'idée d'approfondir les résultats d'une race caprine rustique et autochtone va dans le sens de l'objectivation d'une population moins sélectionnée que les races actuelles et probablement plus proche des populations anciennes en termes de morphologie osseuse. Nous proposons, ici, de fournir des résultats ostéométriques à partir d'une population connue et statistiquement représentative d'animaux adultes (mâles et femelles) issus de l'abattoir.

Matériel et méthodes

MATÉRIEL

Cette étude a porté sur 62 chèvres de race Arabia (26 mâles et 36 femelles). Il s'agit de sujets âgés de 3 mois pour les plus jeunes à 70 mois pour les plus vieux, traités dans les abattoirs de Constantine, Batna et Sétif (nord-est de l'Algérie) entre novembre 2012 et décembre 2013. Pour chacun des

deux sexes, afin d'examiner l'influence de la croissance, deux classes d'âges ont été définies : des animaux de moins de 24 mois, dits jeunes adultes (JA), et des animaux de plus de 24 mois dits adultes (A). Pour chaque individu, suite à l'abattage, les os canons antérieurs et postérieurs gauches ont été prélevés. Au total, 62 métacarpes gauches et 62 métatarses gauches ont donc constitué la base de données de l'étude. Le poids de carcasse a également été enregistré pour chaque animal.

MÉTHODE

Les pieds avant (« mains ») et arrière gauches ont été prélevés respectivement au dessous du carpe et du tarse et numérotés afin d'être identifiés et mis en relation avec l'animal de départ. Préparés par dissection des tissus mous environnant les os, les métapodes ont été cuits, après immersion dans l'eau, en portant à ébullition pendant plusieurs heures. À l'issue de la cuisson, ils ont été nettoyés à l'eau courante puis séchés plusieurs jours à l'air libre.

Plusieurs mesures ont été effectuées sur chaque os :

- deux mesures pondérales : le poids de chaque os après séchage, à l'aide d'une balance alimentaire (Balance électronique alimentaire de marque Zenati Electronics, précision le gramme) noté PMC et PMT soit la masse du métapode entier, respectivement du métacarpe et du métatarse ;

- sept mesures linéaires réalisées au pied à coulisse (*Electronic Digital Caliper*, précision de l'instrument au 1/100^e mm ; précision des mesures conservée au 1/10^e mm), mesurées selon la nomenclature d'A. von den Driesch [24], complétée pour des os entiers par C. Guintard [36, 39] : mesures linéaires, respectivement du métacarpe / et du métatarse. Pour ce dernier, le même sigle que pour le métacarpe est employé, mais avec un T final.

Ces sept mesures (Figure 1) sont les suivantes :

GL/GLT : grande longueur de l'os,

Bp/BpT : largeur de l'extrémité proximale (épiphyse proximale),

Dp/DpT : profondeur (épaisseur) de l'extrémité proximale,

d/dT : largeur du corps (diaphyse), mesurée à la moitié de GL,

e/eT : profondeur (épaisseur) du corps (diaphyse), mesurée à la moitié de GL,

Bd/BdT : largeur distale du métapode,

Dd/DdT : profondeur (épaisseur) de l'épiphyse distale.

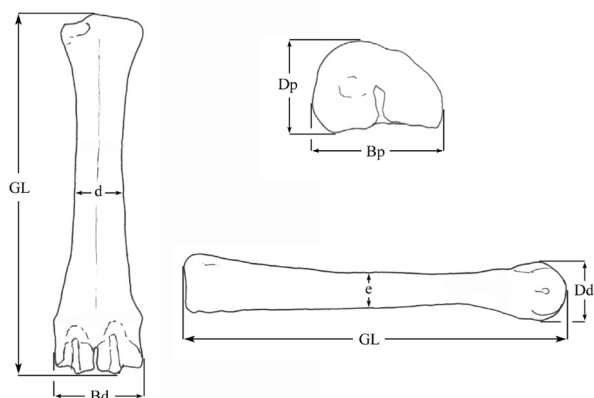


Figure 1 : Visualisation des sept mesures du métacarpe sur un métacarpe droit de chèvre.

À partir des paramètres linéaires précédents, pour chaque os, deux indices de gracilité ont été calculés : pour le métacarpe (Bp/GL et d/GL), pour le métatarse (BpT/GLT et dT/GLT).

ANALYSES STATISTIQUES

Analyse univariée

Le traitement statistique des données a été réalisé à l'aide du logiciel informatique Excel pour les variables mesurées ou les indices. Pour chaque variable mesurée les paramètres statistiques de position (moyenne, minimum, maximum) ont été calculés dans l'échantillon des mâles d'une part et celui des femelles d'autre part, ainsi qu'au sein de la population globale. La variabilité a été estimée par l'écart-type σ et par le coefficient de variation CV ($CV\% = (\sigma/m) \times 100$: rapport entre l'écart type σ et la moyenne m), ce dernier permettant de s'affranchir de l'unité de la mesure. La normalité a été vérifiée par un test de Shapiro-Wilk pour les échantillons indépendants ($p > 0,05$). La comparaison entre les variances des mâles et des femelles a été réalisée par un test de Fisher ($p < 0,05$ pour les variances significativement différentes). La comparaison entre les moyennes a été effectuée par un test de Student avec la correction de Welch.

Analyse bivariée

Une analyse bivariée des corrélations de Pearson entre variables a été menée. Seuls les coefficients de corrélations

significatifs et supérieurs à 0,8 sont présentés dans ce travail. Une régression linéaire à partir des trois paramètres ostéométriques les mieux corrélés au paramètre biométrique PCar a été proposée pour chaque os.

La normalité de chaque paramètre au sein des populations Mâles et Femelles a été vérifiée par un test de Shapiro-Wilk. Un test de Welch (test de Student adapté aux cas où l'égalité des variances n'est pas validée) a été mis en œuvre pour la comparaison des moyennes des différents paramètres entre les mâles et les femelles. Afin de mettre en évidence un éventuel effet de l'âge des animaux de l'échantillon sur la morphométrie des métapodes, deux classes d'âge ont été constituées (aussi bien pour les mâles que pour les femelles) : une classe d'animaux jeunes ou sub-adultes (< 24 mois) et une classe d'individus adultes ou vieux (≥ 24 mois). Une régression linéaire entre chacun des paramètres et l'âge de l'animal a été établie.

Analyse multivariée

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel R 3.2.2 * [63] sur les différentes variables mesurées sur les deux os (métacarpe et métatarse) de chaque individu : les mesures GL, GLT, Bp, BpT, Dp, DpT, d, dT, e, eT, Bd, BdT, Dd, DdT ont été incluses comme variables actives, le sexe comme variable supplémentaire. L'analyse a permis de construire deux graphiques complémentaires i) le cercle des corrélations qui illustre la constitution du premier plan factoriel, ii) un nuage de points qui visualise la dispersion des individus des deux sexes dans le premier plan factoriel. Sur ce graphe la position des centres de gravité pour chaque sexe est reportée dans le premier plan factoriel avec leur ellipse de confiance à 95%.

Pour tous les tests statistiques utilisés dans cette étude une probabilité de 0,05 a été retenue comme seuil de significativité.

Résultats

ANALYSE UNIVARIÉE

Les données sont regroupées dans les tableaux I et II. Le tableau I donne les valeurs des données biométriques des

	Âge (mois)*	Poids de carcasse* (kg)	Poids du métacarpe* (g)	Poids du métatarse* (g)
Mâles (n = 26)	18 +/- 14 (3,5-48)	16,7 +/- 8,3 (6-32)	31,7 +/- 13,9 (10-60)	28,3 +/- 12,5 (10-55)
Femelles (n = 36)	25 +/- 21 (3-70)	10,9 +/- 3 (5-16)	20 +/- 4,8 (10-30)	18,3 +/- 4,1 (10-25)
p (95%)	0,1745	0,9955	0,9998	0,9995
Population totale (n = 62)	22 +/- 19 (3-70)	13,4 +/- 6,5 (5-32)	24,9 +/- 11,3 (10-60)	22,5 +/- 9,9 (10-55)

* Les résultats sont présentés sous la forme de moyenne +/- écart-type avec les valeurs minimales et maximales entre parenthèses.

TABLEAU I : Valeurs des paramètres biométriques de la population totale et en fonction du sexe.

mâles et des femelles, mais aussi de la population globale étudiée. Les échantillons ne suivent pas la loi Normale. La différence entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles pour le poids de carcasse, mais aussi pour le poids des métapodes est toujours significative. Le tableau II donne les valeurs des paramètres ostéométriques mesurés, ainsi que des deux index calculés. Tous les paramètres suivent la loi Normale ($p > 0,05$) et les différences entre les valeurs moyennes des mâles et des femelles sont toutes significatives. Les coefficients de variation des différents paramètres de la population totale oscillent entre 6,6% (BpT/GLT) et 17,9% (dT). Les paramètres les moins variables sont les indices (CV < 10%) alors que pour les mesures linéaires, ils sont tous > 10% (sauf BpT qui en est très proche : 9,8%). Les paramètres du milieu de la diaphyse (d, e, dT et eT) sont les plus variables, avec des coefficients de variation qui dépassent les 15%. Il est possible de visualiser la variabilité générale de l'échantillon en bornant la variabilité des femelles et celle des mâles pour l'ensemble des paramètres. Nous proposons, avec la figure 2 de borner la variabilité des deux sexes, selon les grandes longueurs des métapodes (GL et GLT) de sorte que l'on visualise la plus petite et la plus grande femelle, et idem pour les mâles ; avec la figure 3 de borner la variabilité selon l'indice de gracilité du milieu de la diaphyse (d/GL et dT/GLT) de sorte que l'on visualise la femelle la plus gracile et la plus trapue, et idem pour les mâles.

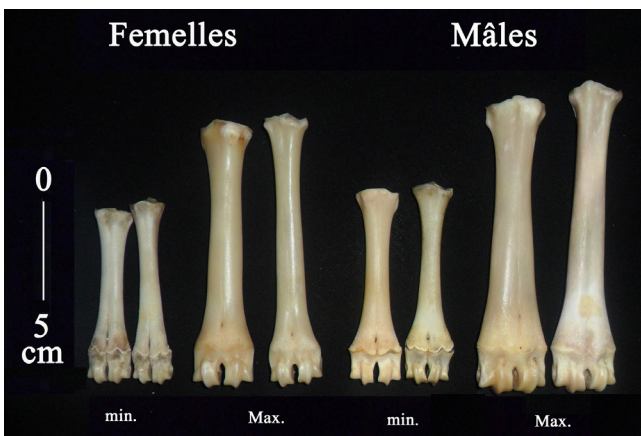


Figure 2 : Variabilité maximale de la grande longueur (GL ou GLT) des métapodes en fonction du sexe. Couple pour un individu de son métacarpe à gauche et de son métatarse à droite. Photographie en vue dorsale.

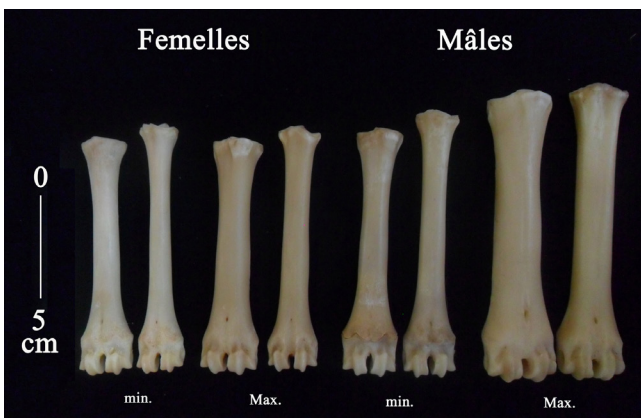


Figure 3 : Variabilité maximale des indices de gracilité (d/GL ou dT/GLT) des métapodes en fonction du sexe. Couple pour un individu de son métacarpe à gauche et de son métatarse à droite. Photographie en vue dorsale.

ANALYSE BIVARIÉE

Les coefficients de corrélation entre variables (biométriques et ostéométriques) sont regroupés dans le tableau III. Seuls les coefficients de corrélations significatifs et supérieurs à 0,8 sont présentés. Les poids (de carcasse et des métapodes) sont bien corrélés entre eux. Il est donc possible d'extrapoler le poids moyen de carcasse d'un individu, connaissant la masse de ses métapodes et vice-versa (Figure 4). Par ailleurs, les grandes longueurs sont bien corrélées entre elles et les largeurs et les épaisseurs entre elles, d'une façon générale.

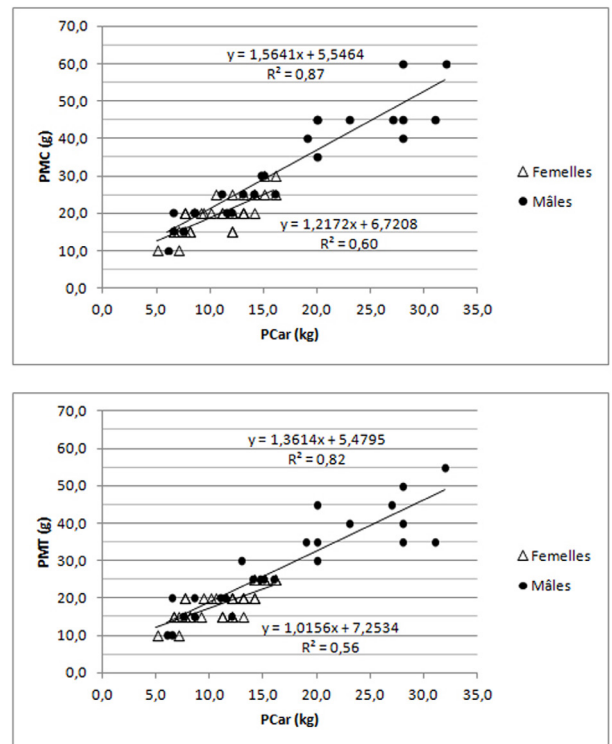


Figure 4 : PMC ou PMT = f(PCar) en fonction du sexe.

Une régression linéaire à partir des trois paramètres ostéométriques les mieux corrélés au paramètre biométrique PCar a été proposée pour chaque os (Tableau IV). Il est donc possible d'envisager d'accéder au poids de carcasse d'un individu, connaissant les dimensions de ses os.

Au delà du poids du métapode, ce sont la grande longueur du métapode et l'épaisseur de la diaphyse en son milieu qui sont les mieux corrélés au poids de carcasse dans cette étude.

L'archéozoologue aime bien avoir une idée de la dispersion des valeurs des mâles et des femelles pour des paramètres simples et toujours mesurés (comme les longueurs maximales, les largeurs proximales ou les indices de gracilité de la diaphyse). Les figures 5 et 6 permettent de visualiser cela. Tous les graphiques bivariés ne sont pas proposables tant il y aurait de combinaisons, mais ces deux là sont informatifs. Dans tous les cas, les valeurs les plus petites appartiennent à des femelles et les plus importantes à des mâles, mais la plupart des données se retrouvent dans

Paramètres* Sexe	GL (mm)	Bp (mm)	Dp (mm)	d (mm)	e (mm)	Bd (mm)	Dd (mm)	Bp/GL (%)	d/GL (%)
Mâles (n = 26)	122,8 +/- 15,5 (98,4-147,3)	26,7 +/- 3,0 (21,9-32,2)	18,6 +/- 2,0 (15,1-23,3)	16,9 +/- 2,9 (12,5-23,0)	11,1 +/- 1,7 (8,6-14,2)	29,4 +/- 3,1 (25,1-36,6)	18,8 +/- 2,1 (14,5-23,4)	21,9 +/- 1,6 (19,1-26,0)	13,7 +/- 1,0 (12,0-16,1)
Femelles (n = 36)	112,9 +/- 9,5 (88,2-133,1)	23,2 +/- 1,6 (19,9-26,7)	16,5 +/- 1,3 (13,1-19,2)	13,9 +/- 1,4 (11,1-16,9)	9,6 +/- 1,1 (6,8-11,5)	25,6 +/- 1,8 (20,7-29,6)	16,7 +/- 1,2 (13,7-19,4)	20,7 +/- 1,3 (18,3-24,6)	12,3 +/- 0,8 (10,7-14,9)
p (95%)	0,0033	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,00001	0,0003	<0,0001	<0,0001	0,0015
Population entière (n = 62)	117,1 +/- 13,2 (88,2-147,3)	24,7 +/- 2,9 (19,9-32,2)	17,3 +/- 1,9 (13,1-23,3)	15,2 +/- 2,6 (11,1-23,0)	10,2 +/- 1,6 (6,8-14,2)	27,2 +/- 3,1 (20,7-36,6)	17,6 +/- 1,9 (13,7-23,4)	21,2 +/- 1,6 (18,3-26,0)	12,9 +/- 1,1 (10,7-16,1)

Paramètres* Sexe	GLT (mm)	BpT (mm)	DpT (mm)	dT (mm)	eT (mm)	BdT (mm)	DdT (mm)	BpT/GL (%)	dT/GL (%)
Mâles (n = 26)	129,7 +/- 15,9 (103,5-156,8)	21,9 +/- 2,0 (19,3-26,0)	20,8 +/- 2,1 (17,7-25,7)	13,7 +/- 2,4 (10,6-19,0)	11,5 +/- 1,8 (8,9-15,0)	26,0 +/- 2,5 (21,4-30,1)	18,0 +/- 1,8 (14,4-21,8)	17,0 +/- 1,1 (15,3-19,2)	10,5 +/- 0,9 (9,3-12,8)
Femelles (n = 36)	119,2 +/- 9,5 (95,2-138,7)	19,5 +/- 1,4 (16,9-22,9)	18,4 +/- 1,5 (15,5-22,1)	11,4 +/- 1,2 (8,4-13,7)	9,8 +/- 1,0 (7,3-11,5)	22,7 +/- 1,5 (18,6-25,9)	16,0 +/- 1,1 (13,8-18,6)	16,4 +/- 1,0 (14,8-19,3)	9,5 +/- 0,7 (8,1-11,3)
p (95%)	<0,0001	0,0002	0,0023	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Population entière (n = 62)	123,6 +/- 13,5 (95,2-156,8)	20,5 +/- 2,0 (16,9-26,0)	19,4 +/- 2,1 (15,5-25,7)	12,3 +/- 2,2 (8,4-19,0)	10,5 +/- 1,6 (7,3-15,0)	24,1 +/- 2,5 (18,6-30,1)	16,9 +/- 1,7 (13,8-21,8)	16,7 +/- 1,1 (14,8-19,3)	10,0 +/- 0,9 (8,1-12,8)

* Les résultats sont présentés sous la forme de moyenne +/- écart-type avec les valeurs minimales et maximales entre parenthèses.

TABLEAU II : Valeurs des paramètres ostéométriques et des indices de la population totale et en fonction du sexe.

Pear	Pear
PMC	0,9
PMT	0,9
GL	0,8
Bp	0,8
Dp	0,8
d	0,8
e	0,8
Bd	0,8
Dd	0,8
GLT	0,8
BpT	0,8
DpT	0,8
dT	0,8
eT	0,8
BdT	0,8
DdT	0,8

Pear	PMC	PMT	GL	Bp	Dp	d	e	Bd	Dd	GLT	BpT	DpT	dT	eT	BdT	DdT
PMC	0,9															
PMT	0,9	0,9														
GL	0,8	0,8	0,8													
Bp	0,8	0,8	0,8	0,8												
Dp	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8											
d	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8										
e	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8									
Bd	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8								
Dd	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8							
GLT	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8						
BpT	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8					
DpT	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8				
dT	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			
eT	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
BdT	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
DdT	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

TABLEAU III : Valeurs des coefficients de corrélation de Pearson (ne sont mentionnées que les paires de variables pour lesquelles r>0,8).

une zone de superposition et il y a une continuité biologique entre les valeurs des mâles et celles des femelles.

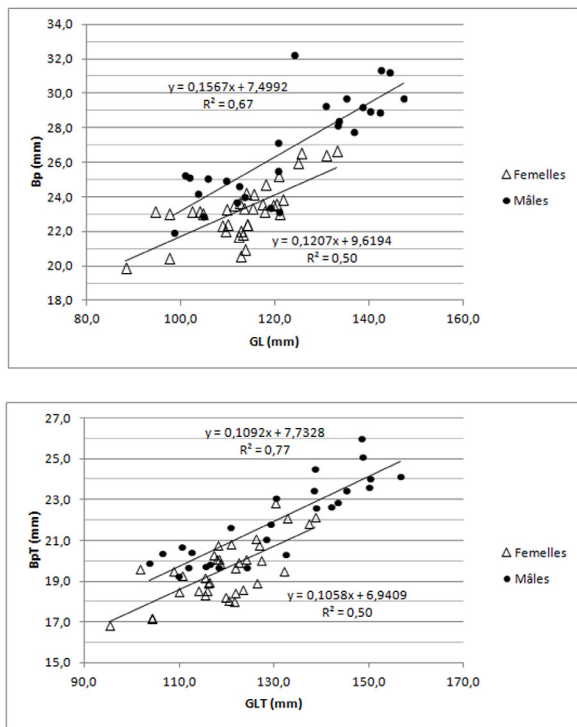


Figure 5 : Bp = f(GL) ou BpT = f(GLT) en fonction du sexe.

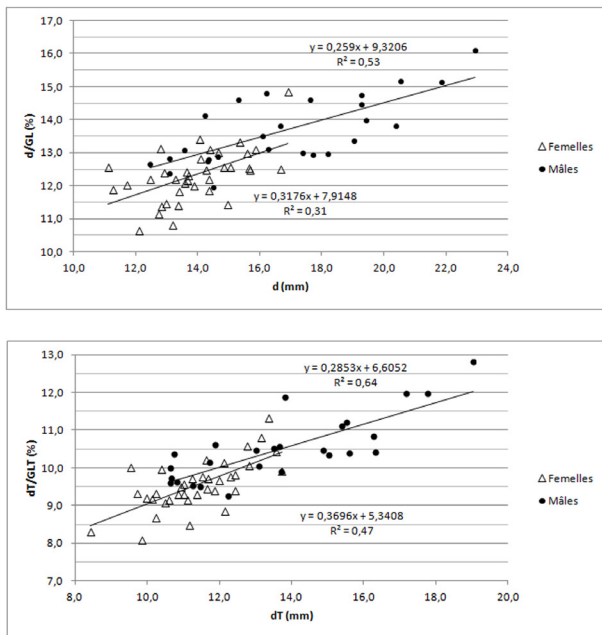


Figure 6 : d/GL = f(d) ou dT/GLT = f(dT) en fonction du sexe.

La corrélation entre les paramètres mesurés ou les indices calculés et l'âge des animaux, après avoir réalisé deux classes d'âge (une classe d'animaux jeunes ou sub-adultes (< 24 mois) et une classe d'individus adultes ou vieux (≥ 24 mois)), met en évidence que certains facteurs sont corrélés positivement avec l'âge, comme la grande longueur du métapode ou l'épaisseur de sa diaphyse ; d'autres sont corrélés négativement, comme l'indice de la largeur de l'épiphyse proximale et la majorité

sont peu ($|r| < 0,35$) ou pas corrélés (r voisin de 0) avec l'âge (Tableau Va). Une régression linéaire entre chacun des quatre paramètres linéaires les mieux corrélés ($r > 0,35$) et l'âge de l'animal a été réalisée (Tableau Vb), pour les mâles et les femelles, ce qui permet de pouvoir apprécier la valeur de ce paramètre en fonction de l'âge.

ANALYSE MULTIVARIÉE

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur les différentes variables mesurées sur les deux os (métacarpe et métatarse) de chaque individu ainsi que sur les indices de gracilité, a permis de construire le cercle des corrélations qui illustre la constitution du premier plan factoriel (Figure 7). L'inertie du plan factoriel principal (I-II) est de plus de 86%, ce qui est correct en morphométrie. L'axe I, est un axe de taille avec lequel toutes les variables sont corrélées de manière significative et positive. Concernant l'axe II, seuls les indices traitant de la gracilité (de l'épiphyse proximale principalement, mais aussi de façon moindre de la diaphyse) sont corrélés avec lui, ce qui en fait un axe de forme générale de l'os. Le nuage de points qui visualise la dispersion des individus des deux sexes dans le premier plan factoriel (Figure 8) montre une dispersion continue des mâles et des femelles tout au long des axes I et II. Les quatre ellipses de confiance sont toutefois disjointes montrant ainsi une ségrégation nette à partir des quatre groupes par les mesures des métapodes. Le point moyen des Mâles adultes présente une abscisse significativement supérieure à 0 et une ordonnée non différente de 0 (l'axe des abscisses traverse l'ellipse correspondante). Pour le point moyen des Mâles jeunes, c'est l'inverse, l'abscisse n'est pas significativement différente de 0 mais l'ordonnée est significativement positive (l'axe des ordonnées traverse l'ellipse correspondante). Enfin, pour les Femelles, les points moyens des jeunes ou des adultes ont tous les deux une abscisse et une ordonnée significativement négative. Si l'on observe la dispersion des jeunes mâles, on s'aperçoit que la quasi-totalité d'entre eux tombent dans la zone de variabilité des femelles, ce qui est une constante chez les onglés.

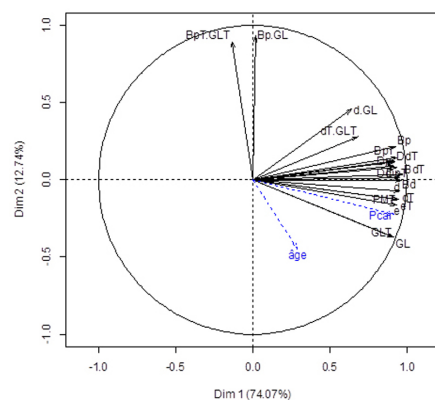


Figure 7 : Cercle des corrélations de l'ACP pour les métarpes et les métatarses : représentation des différentes variables dans le plan factoriel principal (I-II).

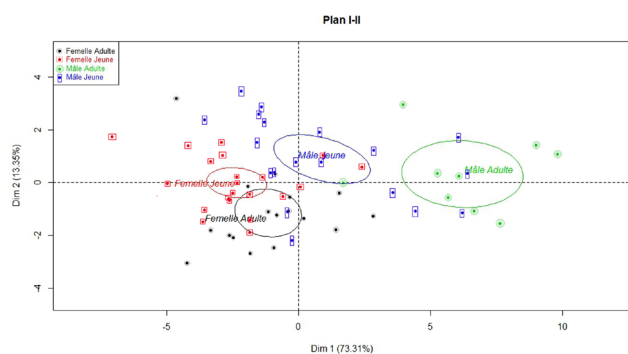


Figure 8 : Nuage de points de l'ACP réalisée à partir des paramètres des métarpes et des métatarses : chaque point représente un animal dans le plan factoriel principal (I-II). Ellipses de confiance (95%) des points moyens selon l'âge et le sexe.

Discussion

En relation avec des animaux de type marcheur, la gracilité des métarpes adultes est relativement importante avec des indices de la diaphyse faibles de l'ordre de 13,7% pour les mâles et de 12,3% pour les femelles, et des valeurs encore plus faibles pour la gracilité du métatarse : respectivement 10,5% et 9,5% pour les mâles et les femelles. Pazvant *et al.* [60], donnent des valeurs très voisines pour une population de caprins de Turquie, de sexe indéterminé/non sexés et de taille moyenne, puisque l'indice de gracilité de la diaphyse vaut en moyenne 14,89% pour les métarpes et 11,11% pour les métatarses, contre 12,9% et 10,0% dans notre étude, tout sexe confondu. Le dimorphisme sexuel est bien marqué et l'ostéométrie des métapodes permet de sexer l'échantillon sans trop de problème. Il faut souligner toutefois que si le sexage est possible à l'échelle de la population toute entière, dès qu'il s'agit d'un individu isolé, sauf pour les cas extrêmes, il devient quasi impossible de pouvoir lui attribuer son sexe de façon certaine. Ce travail regroupe enfin des animaux sub-adultes qui, du fait de l'allométrie de croissance et de la superposition des jeunes mâles avec les femelles, rend la séparation des sexes très compliquée pour les animaux de taille moyenne. Ce phénomène se retrouve chez de nombreuses espèces de ruminants, comme le mouton [42, 43], le bœuf [68, 41, 2, 50, 70, 73] ou le dromadaire [1].

Enfin, les paramètres de largeur et d'épaisseur, ainsi que les indices, sont bien corrélés au poids de carcasse, ce qui permet d'estimer la masse moyenne d'un individu à partir de dimensions osseuses. Ce type de corrélations obtenues entre les mesures du métapode et le poids de carcasse sont intéressantes et constitue une information que de nombreux auteurs ont mis en évidence depuis longtemps dans de nombreuses espèces, et notamment chez le bœuf [23, 31, 37]. Le rendement de carcasse de la chèvre Arabia étant assez homogène, autour de 55%, les données de ce travail rendent possible d'estimer assez facilement le poids vif d'un individu à partir du métapode dans cette race caprine.

Il aurait pu être intéressant également de récupérer la hauteur au garrot des individus, même si dans les conditions pratiques de l'étude, cela n'a pas pu être fait. La race Arabia est une race caprine petite à moyenne (50 à 70 cm de hauteur au garrot). Or comme dans les espèces domestiques précitées il existe une forte corrélation entre la grande longueur du métapode et la hauteur au garrot, cela aurait pu être probablement démontré ici également. Les équations de régression linéaire sont d'une valeur informative certaine pour les archéozoologues qui souhaitent estimer la taille des animaux à partir des ossements retrouvés sur les sites archéologiques [5, 6, 28, 29, 30, 38, 49, 67, 72, 74]. Un tel travail pourrait constituer un prolongement intéressant de cette étude, en ajoutant des paramètres biométriques tels que ceux décrits par Pagot et Delain dès 1956 [59] chez les bovins ou par Bouchel *et al.* [16, 17] ou Rosset *et al.* [65] chez les caprins. Si l'on reprend les données de Pazvant *et al.* [60], en appliquant les mêmes rapports entre la hauteur au garrot (HG) et la grande longueur du métapode ($HG/GL = 66,42/115,52$; $HG/GLT = 64,68/121,13$), on trouve, pour notre échantillon une estimation de la hauteur au garrot moyenne qui est de 67,3 cm à partir du métacarpe et de 66,0 cm à partir du métatarse. Ces valeurs sont en adéquation avec la taille des animaux décrits dans la littérature [51].

Conclusion

Ce travail constitue donc une première approche ostéomorphométrique des os canons (métarpes et

	PMC	GL	e	PMT	GLT	eT
Mâles b (n = 26)	-0,913	-46,322	-33,553	-0,285	-47,732	-32,946
a	0,556	0,514	4,545	0,602	0,497	4,312
Femelles b (n = 36)	1,035	-18,916	-9,561	0,839	-21,537	-12,227
a	0,494	0,264	2,124	0,549	0,272	2,350
Population entière (n = 62)	b 0,050	-39,361	-24,654	0,010	-41,250	-25,108
a	0,534	0,450	3,713	0,593	0,442	3,646

b: Ordonnée à l'origine ; a: Coefficient directeur de la droite de régression (pente) ; PCar = aX+b

TABLEAU IV : Valeurs des coefficients de régression linéaires entre le poids de carcasse (PCar) et les trois paramètres par os qui lui sont le mieux corrélés.

Mesures	Cor-âge	Intervalle de confiance à 95%					
				Estimate	2,50%	97,50%	
e	0,44						
GLT	0,42	GL	Femelles	b	107,02	102,64	111,40
GL	0,40			a	0,23	0,10	0,36
Pcar	0,40		Mâles	b	109,58	101,66	117,50
eT	0,39			a	0,75	0,39	1,10
dT	0,34	e	Femelles	b	8,80	8,32	9,29
PMC	0,28			a	0,03	0,02	0,05
d	0,27		Mâles	b	9,43	8,65	10,21
Dp	0,27			a	0,09	0,06	0,13
PMT	0,26	GLT	Femelles	b	112,49	108,32	116,65
DpT	0,24			a	0,26	0,14	0,39
Bd	0,23		Mâles	b	116,50	108,21	124,79
BdT	0,23			a	0,74	0,37	1,12
Dd	0,20	eT	Femelles	b	9,11	8,68	9,54
BpT	0,20			a	0,03	0,02	0,04
DdT	0,20		Mâles	b	9,84	9,01	10,68
dT/GLT	0,16			a	0,09	0,06	0,13
Bp	0,13						
d/GL	0,00						
BpT/GLT	-0,44						
Bp/GL	-0,44						

b : Régressions linéaires entre les paramètres les mieux corrélés à l'âge ($r > 0,35$) et l'âge selon le sexe.

a : Corrélations entre les paramètres et l'âge.

TABLEAU V : Effet de l'âge.

métatarses) de la chèvre de race Arabia en Algérie. L'échantillon de 124 métapodes gauches de chèvres est représentatif de la diversité de la race en termes de sexe et de poids. Le sexe ratio de l'échantillon n'est pas totalement équilibré mais offre des animaux d'âge et de poids qui correspondent bien à l'abattage actuel dans la race.

En relation avec des animaux de type marcheur, la gracilité des métacarpes adultes est relativement importante. Le dimorphisme sexuel est bien marqué et l'ostéométrie des métapodes permet de sexer l'échantillon sans trop de problème, mais non individuellement. Les paramètres de largeur et d'épaisseur, ainsi que les indices, sont bien corrélés au poids de carcasse, ce qui permet d'estimer une masse moyenne de chaque individu à partir de dimensions osseuses. L'étude des corrélations entre les dimensions osseuses et la hauteur au garrot pourrait constituer un prolongement logique de ce travail.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement Mesdames Catherine Picard et Pascale Bugnon de l'Unité d'anatomie comparée de l'École Nationale Vétérinaire de

Nantes - Oniris pour leur aide à la mise en forme de ce document, ainsi que messieurs Ian Nicholson et Marc Bridou (Nantes) pour leur aide à la traduction anglaise du résumé et des mots-clefs.

Bibliographie

1. - ADAMOU A., TEKKOUK-ZEMMOUCHI F., THORIN C., BRERHI E.H., BORVON A., BABELHADJ B., GUINTARD C. : Étude ostéo-biométrique de la «race» cameline algérienne Sahraoui (*Camelus dromedarius* L., 1758). *Rev. Méd. Vét.*, 2013, **164**, 230-244.
2. - ALBARELLA U. : Shape variation of cattle metapodials: age, sex or breed? Some examples from mediaeval and postmediaeval sites. *Anthropozoologica*, 1997, **25-26**, 37-47.
3. - ALEXANDRE G., ARQUET R., FLEURY J., TROUPÉ W., BOVAL M., ARCHIMÈDE H., MAHIEU M., MANDONNET N. : Systèmes d'élevages caprins en zone tropicale : analyse des fonctions et des performances. *In* : Baumont R. Sauvart D. (éd.). Dossier, *INRA Prod. Anim.*, 2012, **25**, 305-316.
4. - ANTENEH A. : Élevage et production alimentaire en Afrique : une chance et un défi pour l'élevage et les

- Services vétérinaires nationaux. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 1989, 8, 607-623.
5. - AUDOIN-ROUZEAU F. : La taille du bœuf domestique en Europe de l'Antiquité aux temps modernes. *Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie, série B : mammifères*, 1991, CNRS, Juan-les-Pins.
 6. - AUDOIN-ROUZEAU F. : La taille du mouton en Europe de l'Antiquité aux Temps Modernes. *Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie, série B : mammifères*, 1991, CNRS, Juan-les-Pins.
 7. - ALPAK H., ONAR V., MUTUŞ R. : The relationship between morphometric and long bone measurements of the Morkaraman sheep. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 2009, **33**, 199-207.
 8. - BABELHADJ B., ADAMOUCHE A., THORIN C., TEKKOUK-ZEMMOUCHI F., BENAÏSSA A., et GUINTARD C. : « Étude ostéo-biométrique comparée des « races » camelines algériennes Sahraoui et Targui (*Camelus dromedarius* L., 1758) ». *Rev. Méd. Vét.*, 2016, **167**, 77-92.
 9. - BABO D. : Races ovines et caprines françaises, 302 pages, France Agricole Éditeurs, Paris, 2000,
 10. - BERTEAUX D., GUINTARD C. : Osteometric study of the metapodials of Amsterdam Island feral cattle. *Acta Theriologica.*, 1995, **40**, 97-110.
 11. - BOESSNECK J. : Ein Beitrag zur Errechnung der Widerristhöhe nach Metapodienmassen bei Rindern. *Z. Tierzucht. ZüchtBiol.*, 1956, **68**, 75-90.
 12. - BOESSNECK J. : Osteological difference between sheep (*Ovis aries* Linné) and goat (*Capra hircus* Linné). In : Science in archeology, a survey of progress and research, D. Brothwell & E.S. Higgs (éd.), Thames & Hudson, London, 1969, 331-358.
 13. - BOESSNECK J., MÜLLER H.H., TEICHERT M. : Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linnaeus) und Ziege (*Capra hircus* Linnaeus). *Kuhn-Archiv*, 1964, **78**, 1-129.
 14. - BÖKÖNYI S. : History of domestic mammal in central and eastern Europe, 597 pages, Akadémiai Kiadó Éditeurs, Budapest, 1974.
 15. - BOUBEKRI D. : Situation de l'élevage caprin dans la région de Touggourt et perspectives de développement, 95 pages, Mémoire d'ingénieur inédit, Université Kasdi Marbah, Ouargla, Algérie, 2008, <http://bu.univ-ouargla.dz/ingenieur/pdf/boubekri-dalila.pdf?idmemoire=1090>
 16. - BOUCHEL D., LAUVERGNE J.J., GUIBERT E., MINVIELLE R. : Étude 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. *Rev. Méd. Vét.*, 1997, **148**, 37-46.
 17. - BOUCHEL D., SOW R.S., BIBE B., TIXIER-BOISCHARD M., LAUVERGNE J.J., POIVEY J.P., ROGNON X. : 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. *Renc. Rech. Ruminants*, 2006, **13**, 257.
 18. - CLUTTON-BROCK J. : A Natural History of Domesticated Mammals, 238 pages, second edition, Cambridge University Press Éditeurs, Cambridge, 1999.
 19. - DANCHIN-BURGE C. : Quel avenir pour les races caprines locales françaises ? Quelques éléments de réponses à partir d'une étude génétique de trois d'entre elles. *Renc. Rech. Ruminants*, 2006, **13**, 258.
 20. - DAAS S., DJEBIR S. : Étude comparative des métapodes des bovins. Cas de métacarpes et de métatarses provenant de l'abattoir de Ferdjoua et d'El-Khroub, 67 pages, Mémoire de Doctorat Vétérinaire, n° 05-003, Département vétérinaire El-Khroub, Université de Constantine (Algérie), 2005.
 21. - DAVIS S. J.M., SVENSSON E. M., ALBARELLA U., DETRY C., GÖTHERSTRÖM A., PIRES A. E., GINJA C. : Molecular and osteometric sexing of cattle metacarpals: a case study from 15th century AD Beja, Portugal. *J. Archaeol. Sci.*, 2012, **39**, 1445-1454.
 22. - DEGHFEL M.L., MERIR Y. : Ostéométrie des métapodes de bovins. Cas de métacarpes et de métatarses de trois races locales: Cheurfa, Guelmoise et Sétifienne, 70 pages, Mémoire de Doctorat Vétérinaire, n°06-003, Département vétérinaire El-Khroub, Université de Constantine (Algérie), 2006.
 23. - DIKEMAN M.E., ALBRECHT M.D., CROUSE J.D., DAYTON A.D. : Visual appraisal of bovine cannon bovine size related to performance, carcass traits and actual metacarpus measurements. *J. Anim. Sci.*, 1976, **42**, 1077-1088.
 24. - DRIESCH A. von den : A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites, 137 pages, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology Éditeurs, Harvard, 1976.
 25. - ESCAREÑO L., SALINAS-GONZALES H., WURZINGER M., IÑIGUEZ L., SÖLKNER J., MEZA-HERRERA C. : Dairy goat production system. Status quo, perspectives and challenges. *Trop. Anim Health Prod.*, 2013, **45**, 17-34.
 26. - FANTAZI K. : Contribution à l'étude du polymorphisme génétique des caprins d'Algérie, cas de la vallée de l'Oued Righ (Toggourt), 94 pages, Mémoire de Magistère inédit, Institut National Agronomique El-Harrach, Alger, (Algérie), 2004.
 27. - FOCK J. : Metrische Untersuchungen an Metapodien einiger europäischer Rinderrassen. *Diss. Med. Vet.*, München, 1966, 1-81.
 28. - FOREST V. : De la hauteur au garrot chez les espèces domestiques. *Rev. Méd. Vét.*, 1998, **149**, 55-60.
 29. - FOREST V., CHEYLAN M. : Les lièvres, les tortues et l'aurochs : une histoire archéozoologique en Languedoc-Roussillon. In : A. Bardot-Cambot et L. Tranoy (éd.) : L'environnement en mémoire ; marqueurs, outils et perspectives, Presses Universitaires de Rennes, 2015, 25-43. http://www.academia.edu/13728758/Les_

- li%C3%A8vres_les_tortues_et_laurochs_une_histoire_arch%C3%A9ozoologique_en_Languedoc-Roussillon
30. - FOREST V., RODET-BELARBI I. : Ostéométrie et morphologie des bovins médiévaux et modernes en France méridionale. In : M.C. Marandet (éd.) : L'homme et l'animal dans les sociétés méditerranéennes, 4e journée d'études du Centre de Recherches Historiques sur les Sociétés Méditerranéennes, Presses Universitaires de Perpignan, 2000, 27-91.
 31. - FOREST V., RODET-BELARBI I. : À propos de la corpulence des bovins en France durant les périodes historiques. *Gallia*, 2002, **59**, 273-306.
 32. - GADDOUR A., NAJARI R. : Indices d'efficacité zootechnique des génotype caprins issus d'un croisement dans les oasis du sud Tunisien. *Rev. Méd. Vét.*, 2010, **161**, 255-263.
 33. - GADDOUR A., OUNI M., NAJARI R., ABDENNIBI M., MEKKI I. : Effet du facteur hétérosis sur la croissance des chevreaux dans l'oasis de la délégation de Mareth du sud Tunisien. *Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID.*, 2012, **106**, 61-71.
 34. - GUINTARD C. : Les bovins de l'île Amsterdam. Étude ostéomorphométrique des métapodes, 73 pages, mémoire de DEA, Paris VII - MNHN, Paris, 1991.
 35. - GUINTARD C. : Morphologie osseuse et sélection bovine, In : L'homme, l'animal domestique et l'environnement du Moyen Age au XVIII^e siècle. *Enquêtes et documents*, C.R.H.M.A.(éd.), Nantes, 1993, 129-140.
 36. - GUINTARD C. : Etude ostéométrique des métapodes de bovins : La race Charolaise, 391 pages, Thèse de Doctorat du MNHN, Paris, 1996.
 37. - GUINTARD C. : Estimation du poids chez les bovins à partir du métapode, In II^{ème} Congrès des étudiants du MNHN, 6 et 7 juin 1996, Biodiversité et Biologie des Organismes et des Populations, Zoologie, 1996, 37-38.
 38. - GUINTARD C. : Identifier et mesurer l'évolution de l'élevage bovin : Un problème de méthode en archéozoologie. VI^e Congrès International de la S.A.M., 1-5 octobre 1996, «L'innovation technique au Moyen Age, Dijon, (éd.): Errance, 1997, 21-29.
 39. - GUINTARD C. : Ostéométrie des métapodes de bovins. *Rev. Méd. Vét.*, 1998, **149**, 7, 751-770.
 40. - GUINTARD C., BETTI E. : Ostéométrie des métapodes des ruminants domestiques (*Bos taurus* et *Ovis aries*) : typologie et sexage. Mondial Vet Lyon 99, 23-26 septembre 1999, Lyon (F), Proceedings, WVA Conferences, 26^{ème} Congrès mondial WVA ; Recherche/search, CDRom Mac/PC, Conception ACM, 1999.
 41. - GUINTARD C., BORVON A. : Sexer les métapodes de bovins : proposition de méthodologie appliquée aux métacarpes. Exemple des sites archéologiques médiévaux d'Andone (Charente, X-XI^e siècles) et de Montsoreau (Maine-et-Loire, XI^e siècle). *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série*, 2009, **31**, 123-137.
 42. - GUINTARD C., LALLEMAND M. : Osteometric study of metapodial bones in sheep (*Ovis aries*, L. 1758). *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 2003, **185**, 573-583.
 43. - GUINTARD C., TEKKOUK-ZEMMOUCHI F. : Aperçu ostéo-biométrique de la race ovine (*Ovis aries*, L.) Ouled Djellal (Algérie). *Rev. Méd. Vét.*, 2010, **161**, 521-531.
 44. - HABBI W. : Caractérisation phénotypique de la population caprine de la région de Ghardaïa, 44 pages, Mémoire Université Kasdi Merbah, Ouargla (Algérie), 2014. http://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/bitstream/123456789/5026/1/Habbi_wafa.pdf
 45. - HUGO S., BOUCHE R. : Regard sur les pratiques de l'élevage extensif de la chèvre corse : préalable à la mise en place d'un schéma de sélection. In Rubino R. (éd.), Morand-Fehr P. (éd.). *Systems of sheep and goat production: Organization of husbandry and role of extension services*. Zaragoza : CIHEAM, 1999. p. 137-143 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 38. <http://om.ciheam.org/om/pdf/a38/99600149.pdf>
 46. - JENSEN C., Van den BURG K. : L'élevage de chèvres dans les zones tropicales. *Agrodok*, 7, 2004, 1-103.
 47. - KADI S.A., HASSINI F., LOUNAS N., MOUHOUS A. : Caractérisation de l'élevage caprin dans la région montagneuse de Kabylie en Algérie, 5 pages, Rapport du Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences Biologiques et sciences agronomiques, Université M. Mammeri, Tizi-Ouzou (Algérie). <http://www.ummo.dz/IMG/pdf/Kadi.pdf>
 48. - KHEMICI E., MAMOU M., LOUNIS A., BOUNIHI D., OUACHEM D., MERAD T., BOUKHETALA K. : Étude des ressources génétiques caprines de l'Algérie du nord à l'aide des indices de primarité. *Animal Genetic Resources Information*, 1996, **17**, 61-71.
 49. - LASOTA-MOSKALEWSKA A. : Morphotic changes of domestic cattle skeleton from the Neolithic age to the beginning of the Iron age. *Wiadom. Archeol.*, 1980, **XLV**, 119-169.
 50. - LEWIS S. : Further notes on a statistical method for use when investigating differences in sexual dimorphism: a discussion paper. Current and Recent Research in Osteoarchaeology 2. Proceedings of the fourth, fifth and sixth meetings of the Osteoarchaeological Research Group held in York on 27th April 1996, Cardiff on 16th November 1996 and Durham on 7th 1997. Anderson S. & Boyle K. (eds), Londres, 1999, 56-57.
 51. - MANALLAH I. : Caractérisation morphologique des caprins dans la région de Sétif, 107 pages, Mémoire de Magistère, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 2012. <http://www.univ-setif.dz/MMAGISTER/images/facultes/SNV/2012/Manallah%20Imene.pdf>
 52. - MATOLCSI J. : Historische Erforschung der Körpergröße des Rindes auf Grund von ungarischen Knochenmaterial. *Zeitschrift für Tierzucht und Zuchtungsbiologie*, 1970, **87**, 89-137.

53. - MOUHOUS A., BOURAINE N., BOUARABA F. : L'élevage caprin en zone de montagne. Cas de la région de Tizi-Ouzou (Algérie). *Renc. Rech. Ruminants*, 2013, **20**, 248.
54. - MOULA N., PHILIPPE F.X., AIT KAKI A., LEROY P., ANTOINE-MOUSSIAUX N. : Les ressources génétiques caprines en Algérie. *12èmes Journées Internationales des Sciences vétérinaires*, ENSV-Alger, 6 et 7 décembre, 2014, poster inédit, http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/175790/1/nassim_ENSV.pdf.
55. - MOUSTARI A. : Identification des races caprines des zones arides en Algérie. *Revue des régions arides*, 2008, **21**, 1378-1382.
56. - MUZZOLINI A. : L'origine des chèvres et des moutons en Afrique. Reconsidération de la thèse diffusionniste traditionnelle. *Empuries*, 1986-1989, **48-50**, 160-171.
57. - NAJARI S., GADDOUR O., ABDENNEBI M., BEN HAMMOUDA M., KHALDI G. : Caractérisation morphologique de la population caprine locale des régions arides tunisiennes. *Revue des régions arides*, 2006, **17**, 23-41.
58. - NAVES M., ALEXANDRE G., MAHIEU M., GOURDINE J.L., MANDONNET N. : Les races animales locales : bases du développement innovant et durable de l'élevage aux Antilles. *Innovations Agronomiques*, 2011, **16**, 193-205.
59. - PAGOT J., DELAIN E. R. : Étude biométrique de la croissance des taurins N'Dama. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, 1956, **12**, 405-416.
60. - PAZVANT G., ONAR V., ALPAK H., GEZER INCE N., KAHVECIOGLU K.O., ARMUTAK A., KIZILTAN Z. : Osteometric Examination of Metapodial Bones in Sheep (*Ovis aries* L.) and Goat (*Capra hircus* L.) Unearthed from the Yenikapi Metro and Marmaray Excavations in Istanbul. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 2015, **21**, 147-153.
61. - PORTER V. : Masson's World dictionary of Livestock Breeds Types and Varieties, 380 pages, 5th ed., Cabi publishing Éditeurs,, Oxon, New-York, 2002.
62. - PRUMMEL W., FRISCH H.J. : A Guide for the distinction of Species, Sex and Body in Bones of Sheep and Goat. *J. Archaeol. Sci.*, 1986, **13**, 567-577.
63. - R Development Core Team: R : A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.
64. - RAVENEAU A. : Le livre de la chèvre, 127 pages, Rustica Éditeurs,, Paris, 2005.
65. - ROSSET O., REVELEAU L., GUINTARD C. : Population ovine Landaise : historique, situation actuelle et caractérisation morpho-biométrique. *Ethnozootechnie*, 2002, **69**, 75-142.
66. - SAGNE, J. : L'Algérie pastorale. Ses origines, sa formation, son passé, son présent, son avenir, 27 pages, Fontana Éditeurs,, 1950.
67. - Teichert J.-R. : Osteometrische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei Schafen. In : Clason, A. T. (éd.), *Archaeozoological Studies*. Amsterdam-Oxford, 1975, 51-59.
68. - TEKKOUK F., GUINTARD C. : Approche ostéométrique de la variabilité des métacarpes de bovins et recherche de modèles applicables pour l'archéozoologie : cas de races rustiques françaises, algériennes et espagnole. *Rev. Méd. Vét.*, 2007, **158**, 388-396.
69. - TEKKOUK-ZEMMOUCHI F., RIDOUH R., BETTI E., ALTOAMA K., BENHAMZA L., BRERHI E.H., BOUAZIZ O., ADAMOU A., DESFONTIS J.C., GUINTARD C. : *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).
70. - THOMAS R.N.W. : A statistical evaluation of criteria used in sexing cattle metapodials. *Archaeozoologia*, 1988, **II**, 83-92.
71. - VIGNE J.-D. : Premières données sur les débuts de l'élevage du Mouton, de la Chèvre et du Porc dans le sud de la Corse (France). In : J. Clutton-Brock, C. Grigson, *Animals and Archaeology, 3 - Early Herders and their Flocks*. British Archaeological Reports International Series (éd.), **1984**, 202, 47-65.
72. - VILA E. : L'évolution de la taille du mouton dans le nord de la Mésopotamie (du V^{ème} au I^{er} millénaire avant J.-C.): les faits et leurs causes. Colloques d'histoire des connaissances zoologiques 13, Journée d'étude Université de Liège 17 mars 2001, 2002 : 47-79.
73. - WIIG O. : Sexing of subfossil cattle metacarpals. *Acta Theriol.*, 1985, **30**, 495-503.
74. - WIJNGAARDEN-BAKER L.H. van, BERGSTRÖM P.L. : Estimation of the shoulder height of cattle. *Archaeozoologia*, 1988, **II**, 67-82.
75. - ZALKIN V.J. : Metapodial variation and its significance for the study of ancient Horned cattle. *Bull. Mosk. Ols. Isp. Prirody Otd. Biol.*, 1960, **65**, 109-126.
76. - ZEUNER F.E. : A History of Domesticated Animals, 537 pages, Hutchinson Éditeurs, London, 1963.



Osteometry of Dromedary Metapods: Case of the Algerian Population Targui (*Camelus Dromedarius* Linne, 1758)

^{1,2}Babelhadj Baaissa, ²Benaissa Atika, ²Adamou Abdelkader, ³Tekkouk-Zemmouchi Faiza, ³Ridouh Rania, ⁵Djelifaoui Zineb and ⁴Guintard Claude

¹Ecole Normale Supérieure de Ouargla, Algeria

²Laboratory of Ecosystems Protection in Arid and Semi-Arid Zones, University of Kasdi Merbah, 30000 Ouargla, Algeria

³Laboratory of Health Management and Animal Production, Institute of Veterinary Sciences, University of Constantine, El Khroub, Algeria

⁴National Veterinary School of Food and Agrifood, Nantes Atlantique-Onris, Gachet Street, Cs 40706, 44307 Nantes Cedex 03, France

⁵Laboratory of Palm Date Cultivations Research "Phœnix", Kasdi Merbah University of Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria

Key words: Algeria, dromedary, metapodial, osteometry, population, Targui

Corresponding Author:

Babelhadj Baaissa

Ecole Normale Supérieure de Ouargla, Algeria

Page No.: 47-56

Volume: 19, Issue 5, 2020

ISSN: 1680-5593

Journal of Animal and Veterinary Advances

Copy Right: Medwell Publications

Abstract: Our research was realized on a numerically homogeneous sample of 60 dromedaries of Targui population that is originally from the Hoggar (Tamanrasset, extreme Southern Algeria). The animals are adults (30 males and 30 females) they are from 5-10 years old and over 10 years old destined for slaughter. The canon bones (metapodials) were taken from the slaughterhouse of the city of Ouargla (one left metacarpus and metatarsus of each animal), they were cooked and dried then weighed and measured (16 variables per animal). Gracility index of bones were calculated with 6 indexes per animal. The analysis of variability and the correlations between variables allows in the framework of the realization of archeo Zoology references to consider the ability to grasp certain parameters of living animal from bone measurements. Seven linear parameters of each metapodial were calculated. Sexual dimorphism appears clearly at the level of metapodial.

INTRODUCTION

If there is an animal often taken as a typical example of adaptation to the environment, it is the dromedary; more than any other if we trust current opinion, we can say with "An animal always bears the stamp of the environment in which it lives. The desert and especially the sandy one puts its mark on its inhabitants as well. In

addition, to various adaptations related to the behavior and physiology those which affect the morphology are added here".

Moving system: Mammals of the desert regions, especially, her bivors are forced to remedy the poverty of their environment by fast extended movements also their limbs are exceptionally developed wherethis kind of

adaptation allows the easy passage from one pasture to another and the increase of their area of food investigation. In this sense, the dromedary responded to the adaptation's needs by a special conformation of its locomotor system like the gazelle, the antelope, the Saharan sheep and the zebu of the Sub-Saharan areas.

Foot as proof of the camel's adaptation, always the anatomical compounment of its foot is cited. In fact, we couldn't say that it is suitable for the desert in general. Indeed, without functional nails, the dromedary walks on its thickened epidermis. Therefore, his foot corresponds well to the sandy soil. However, sandy soils do not form the majority of the Sahara but stony and rocky soils occupy most of this desert too. So, the dromedary's foot do not constitute an adaptation to desert life in general.

In ruminants, the metapod where cannon bone is an element of skeleton frequently found whole or slightly altered during archaeological excavation. Its osteometric analysis gives interesting information about the animal morphological type^[1] the gender^[2, 3] the height at the withers^[4] or even about its live weight.

MATERIALS AND METHODS

The Targui population is the most represented and the most slaughtered after the Saharaoui population in the slaughterhouse of Ouargla town. This work involved 60 adult dromedaries, 30 males and 30 females from a Targui population.

Targui population: Is the ultimate racing dromedary, very tall on thin and dry limbs with a gray dress with very short and thin fur. It is the dromedary of the Tuaregs of the North. We find it in the central Sahara, the Hoggar and the extreme Algerian South (Tamanrasset). It is very often found a little further in the north, because it is very often used as a breeder and of course, for camel racing.

Targui or race of Northern Tuaregs: Excellent mehari, saddle animal by excellence, often required in the Sahara as a breeder. Distributed in Hoggar and Central Sahara.

Regarding to animals studied in this research, they are subjects over 5 years old, slaughtered at the slaughter house in Ouargla town, Algeria (Fig. 1).

For each of both sexes, two age groups have been formed: Animals from 5-10 years old, so-called young adults (JA, 15 males and 15 females) and animals over 10 years old, so-called adults (A, 15 males and 15 females).

NB: For the determination of the age, we used the experience of breeders and butchers by examination of the dentition which remains the most common method used by camel riders.

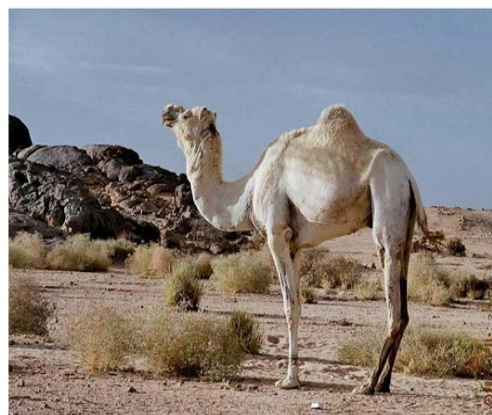


Fig. 1: Dromedary Targui population

After the slaughter, the left anterior and posterior cannon bones were removed respectively below the carpus and tarsus then numbered in order to be identified and linked with the original animal. The limbs were divided at the level of the carpo-metacarpal joint for the thoracic limb and tarso-metatarsal for the pelvic limb. The phalanges were severed at the metacarpophalangeal and metatarsophalangeal joints as well. Therefore, 60 metacarpals and 60 metatarsals of the left side formed the study databases. Subsequently, these 120 metapods were subject to other operations.

Skinning: This operation was difficult because of the thickness of the skin, so, after the separation of the metapodes from the carcass, the skinning was entrusted to a specialized slaughterer of dromedaries.

Cooking: This step allowed to separate the bones from the associated soft tissues with maximum comfort and efficiency. This operation required the use of a large capacity pot, suitable for cooking the anatomical parts. There is no rule of duration but it should be sufficient to achieve adequate soft tissue softening. Too long cooking is also not desirable since the bone tissue can be damaged over time. In practice, a boiling period of 4-5 h is sufficient.

We pointed out that bones of young dromedaries, named locally "Theni" aged more than 5 years (replacement of the claws) are composed of several pieces which are joined by a soft tissue (cartilage) that melts almost entirely by prolonged cooking. The bone ends, called epiphyses, change with the progress of ossification and are welded to the rest of the bone at the age of over five (the dromedary is young Adult) (JA).

Dissection: The operation is done after cooking using a small knife allowing the extraction of the bone out of its

soft tissue envelope. The tissues spontaneously dissolve as well as the remaining flesh pieces and the metapod are extracted, cleaned again with water and then dried. It is thus ready and the identification could be done. A plastic food bag was used to wrap each limb which will be labeled later to avoid possible confusion between different parts.

It should be noted that in contrast to the osteometric studies carried out on other ruminants which are satisfied with the only metacarpus, we took in consideration the metatarsus because the dromedary's weight in the front either the back is not equal contrarily to cattles. Indeed, the back of a dromedary is often very muscular while the front, head and neck included are more developed. Several measurements were made on each bone.

Two weight measurements: The weight of each bone after drying using a food scale (Zenati Electronic Brand Electronic Food Scale, precision per gram) noted PMC and PMT as mass of the entire metapod, respectively metacarpus and metatarsus:

- Seven linear measurements were performed using a digital caliper
- Technical characteristics of the caliper
- Measured scale : 0-200 mm/0-8 in
- Sensitivity: 0.01 mm
- Resolution: 0.01 mm/0,005 in
- Precision : ± 0.03 mm/0,001 in
- Repeatability: 0.01mm/0,005 in
- Measuring system: linear measurement capacity of 0-200 mm
- Display: LCD
- Maximum speed measurement : $1,5 \text{ m sec}^{-1}$
- Working temperature: 5-40°C
- Humidity influence: no effect at relative humidity below 80%

Measured according to the nomenclature supplemented for whole bones by Guintard :linear measures, respectively metacarpus/and metatarsus. For this last, the same acronym as for the metacarpus is used but with a final T. These seven measures are as follows:

GL/GLT: Maximum length of metapod, measured along the major axis of the bone and which translates its general elongation.

Bp/BpT: Maximum width of the proximal articular surface or proximal epiphysis, measured according to the medio-lateral axis.

Dp/DpT: Maximum thickness of the proximal articular surface, measured according to the dorso-palmar axis.

d/dT: Body width at mid-height of the long length of the diaphysis, measured according to the medial-lateral axis.

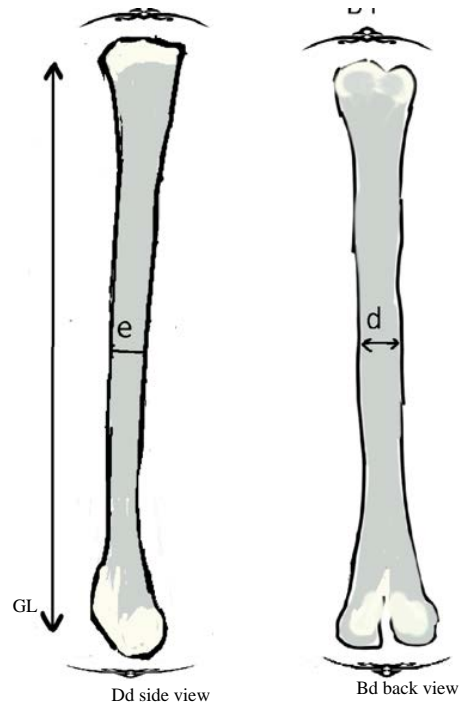


Fig. 2: Linear measurements made with digital calipers

e/eT: Thickness of the body mid-height the long length of the diaphysis, measured according to the dorso-palmar axis. Body thickness at mid-height of the long length of the diaphysis, measured according to the dorso-palmar axis.

Bd/BdT: Maximum width of the distal epiphysis, measured according to the medio-lateral axis.

Dd/DdT: Maximum thickness of the distal articular surface, measured according to the dorso-palmar axis. The measures symbolized by letters are explained in Fig. 2.

On the other hand, despite the morphological complexity of the distal part, we deemed the number of measurements carried out is enough. The proximal part being flat and has uniform contours. We will notice that there is at least one measurement for each segment of the metapod, according to all the axes considered (except of course the length which concerns the entire bone). From the previous linear parameters for each bone, six indices of gracility were calculated: three for the metacarpus [Bp/GLd/GL and e/GL] and three (their equivalent) for the metatarsus [BpT/GLT, dT/GLT and eT/GLT]. Before presenting the measurements carried out, it is advisable to place the reference points on which they are based on.

Statistical data processing was carried out using Xlstat computer software for the measured variables. The simple statistics presented allows to describe the osteological characteristics of different age and sex classes.

Table 1: Male metacarpus, values of osteometric parameters.

Age classes	Statistical parameters	Metacarpus							
		GL	BP	DP	d	e	Bd	Dd	PMC
Sex									
Males	n	15	15	15	15	15	15	15	15
Young males adults	m	390.5	74.7	50.8	37.9	35.2	95.8	45.7	719.1
	min	370	67.36	48.39	33.99	31.69	89.74	42.46	620
	max	406	80.15	53.59	42.29	40.83	99.94	48.20	805
	σ	9.51	2.97	1.78	2.29	2.43	3.67	1.67	55.76
	Cv (%)	2.43	3.85	3.30	6.05	6.84	3.83	3.66	7.75
	p	0.340	0.002	0.123	0.068	0.217	0.003	0.011	0.027
Males adults	n	15	15	15	15	15	15	15	15
	m	398	74.3	51.06	38.1	35.8	99.8	45.68	755.3
	min	370	67.20	42.30	33.20	31.15	94.60	37.20	620
	max	425	77.52	54.18	40.59	41.95	105.66	49.62	895
	σ	14.58	3.17	3.05	1.92	2.62	3.31	2.95	79.88
	Cv (%)	3.66	4.27	5.98	5.03	7.33	3.32	6.45	10.57
Males	p	0.077	0.006	<0.0001	0.042	0.383	0.098	0.00	0.596
	n	30	30	30	30	30	30	30	30
	m	394.3	74.5	50.9	38.1	35.5	97.8	45.7	737.2
	min	370	67.20	42.30	33.20	31.15	89.74	37.20	620
	max	425	80.15	54.18	42.29	41.95	105.66	49.62	895
	σ	12.68	2.98	2.42	2.08	2.49	3.98	2.4	70.14
Males	Cv (%)	3.22	4	4.8	5.5	7.02	4.1	5.2	9.5
	p	0.031	0.002	<0.0001	0.371	0.556	0.214	<0.0001	0.302

P: In bolding is significant. Limit of signification Alpha = 0.050 Legends: n: effective m: arrhythmic mean, min; minimum, max; maximum, σ; standard deviation; cv; coefficient of variation, p; p value; GL; Maximum length of the metacarpus, Bp: Maximum width of the surface articular proximal; Dp; Maximum thickness of the proximal articular surface; d; Width of the body at half height of the long length of the diaphysis; e; Thickness of the body at half height of the long length of the diaphysis; Bd; Width maximum distal epiphysis, Dd: Maximum thickness of the distal articular surface; PMC; metacarpal weight

RESULTS AND DISCUSSION

Overall results: Seven linear measurements and one weight measurement for the metacarpals, metatarsals and three gracility indexes for each type of metapod will be presented for the size of each age class for each of both sexes.

The results are interpreted objectively and especially, descriptive from the morphological unit point of view. This approach has the advantage of being able to have an overview of osteo-morphometry, it has a homogeneous degital sampling of both sexes which most interests the archaeozoologist, since, it allows to address the type of breeding. The analysis of sexual dimorphism is based on an examination of the population variability. All linear results are expressed in millimeters and weights ones in grams. The results of all osteometric parameters of the population, described by age class and by sex are grouped in (Table 1-4). The differences observed between the mean values of the age classes of males and females are significant for all the variables in constrat with the sheep breed Oulad Djellal.

In the Targui dromedary population, the metapod elongation parameters (GL&GLT), a little variable for males and females where CVvaries from (3.22 and 3.2) and (3.6 and 3.3%). Unlike the Saharaoui dromedary population (Adamou, 2013). Metapods weight parameters of different age classes of males and females is relatively

variable CV equalling, respectively 9.5, 9.5% (equality between male metapods) and 11.9, 12.9% for the female metacarpus and metatarsus.

Thickness and width parameters (e&d) where CV varies on average, between 7.5&5.5% for males and (eT&dT) the CV is around 7.5&5.7 %. This significant variability of this coefficient eventually affects the ratio e/GL where the CV is about 7.72% (Table 5).

In other hand, the females portion of the diaphysis has equal CV values (e&d) CV is about 4.9&4.6& (eT&dT) CV is about 5.5% for both variables which matches with the Saharaoui population but different for the sheep breed Oulad Djellal.

The distal epiphysis part is the least variable of the metapod, the measures characterizing this bone part are those which have the lowest coefficients of variation, this bone part is therefore, the one which has the least tendency to vary in the Saharaoui dromedary population with sheep and goat domestic sheep in the sheep breed, Oulad Djellal.

If we examine the effect of age on the osteometric parameters in both sexes, we can see that males and females do not have the same tendencies. For females, the differences observed between the mean values for young adult Animals (JA) and for adult Animals (A) are never significant (Table 1-4). Whereas in the case of males Bd, BdT, PMC and PMT have systematically larger values for adults and this is significant but in the Saharaoui

Table 2: Male metatarsals, values of osteometric parameters

Age classes	Statistical parameters	Metatarsals							
		GLT	BPT	DPT	dT	eT	BdT	DdT	PMT
Sex									
Males	n	15	15	15	15	15	15	15	15
Young	m	404.8	64	50.2	33.6	37.3	81.5	39.4	616.1
Males	min	392	60.62	47.47	29.27	33.85	77.50	37.31	515
Adults	max	415	67.63	55.85	38.81	44.99	85.37	42.46	725
	σ	7.60	1.99	2.17	2.41	2.71	2.49	1.38	54.52
	Cv (%)	1.98	2.97	4.33	7.15	7.26	3.060	3.51	8.85
	p	0.043	0.248	<0.0001	0.606	<0.0001	0.013	0.183	0.040
Males	n	15	15	15	15	15	15	15	15
Adults	m	411.6	64.776	51.7	33.5	37.7	84.8	39.9	648.3
	min	388	61.16	49.11	31.20	33.53	79.00	36.58	540
	max	435	69.44	56.03	35.65	42.95	88.41	43.54	750
	σ	1.96	2.29	2.35	1.33	3.01	2.80	2.06	62.90
	Cv (%)	3.4	3.53	4.54	3.97	7.98	3.31	5.18	9.70
	p	0.023	0.148	<0.0001	0.025	0.133	0.143	0.573	0.230
Males	n	30	30	30	30	30	30	30	30
	m	408.2	64.4	50.9	33.6	37.5	83.1	39.6	632.2
	min	388	60.62	47.47	29.27	33.53	77.50	36.58	515
	max	435	67.63	55.85	35.65	41.98	88.41	43.54	750
	σ	11.6	2.1	2.4	1.9	2.8	3	1.7	60.1
	Cv (%)	3.2	3.3	4.6	5.7	7.5	3.7	4.4	9.5
	p	0.024	0.293	<0.0001	0.206	0.004	0.061	0.461	0.334

n: Effective m; arrhythmic mean; min; minimum; max; maximum; σ; standard deviation; cv; coefficient of variation; p; p value; GL; Maximum length of the metacarpus; Bp; Maximum width of the surface articular proximal; Dp; Maximum thickness of the proximal articular surface; d; Width of the body at half height of the long length of the diaphysis; e; Thickness of the body at half height of the long length of the diaphysis; Bd; Width maximum distal epiphysis; Dd; Maximum thickness of the distal articular surface; PMC; metacarpal weight p; In bolding is significant; Limit of signification Alpha = 0,050

Table 3: Females metacarpus, values of osteometric parameters

Age classes	Statistical parameters	Metacarpus							
		GL	BP	DP	d	e	Bd	Dd	PMC
Sex									
Young	n	15	15	15	15	15	15	15	15
Females	m	373.3	67.7	45	34.8	30.3	87.1	41.4	567.7
Adults	min	330	61.50	38.40	32.44	27.08	82.83	38.64	405
	max	394	71.29	48.46	39.15	33.67	90.10	43.44	705
	σ	16.03	2.66	2.43	1.88	1.52	2.30	1.57	82.37
	Cv (%)	4.29	3.93	5.40	5.40	5.04	2.64	3.78	14.51
	p	0.001	0.200	0.005	0.031	0.027	0.001	0.001	0.030
Females	m	376.9	67.5	46.2	33.9	31.1	87.8	41.5	563.7
Adultes	n	15	15	15	15	15	15	15	15
	min	354	63.10	44.25	31.34	29.36	82.85	38.84	460
	max	391	72.67	48.29	36.43	33.53	92.07	45.83	660
	σ	10.54	2.60	1.24	1.47	1.24	2.39	1.77	51.70
	Cv (%)	2.80	3.85	2.68	4.35	3.97	2.73	4.26	9.17
	p	0.151	0.102	0.006	0.524	0.252	0.349	0.092	0.136
Females	n	30	30	30	30	30	30	30	30
	m	375.1	67.6	45.6	34.4	30.7	87.5	41.5	565.7
	min	330	61.50	38.04	31.34	27.08	82.83	38.64	405
	max	394	72.67	48.46	39.15	33.67	92.07	45.83	705
	σ	13.4	2.6	1.9	1.7	1.4	2.3	1.6	67.6
	Cv (%)	3.6	3.8	4.3	4.9	4.6	2.6	3.9	11.9
	p	<0.0001	0.741	<0.0001	0.125	0.002	0.018	0.067	0.024

p: In bolding is significant. Limit of signification Alpha = 0.050. Legends; n; effective; m; arrhythmic mean; min; minimum; max; maximum; σ; standard deviation; cv; coefficient of variation; p; p value; GL; Maximum length of the metacarpus; Bp; Maximum width of the surface articular proximal; Dp; Maximum thickness of the proximal articular surface; d; Width of the body at half height of the long length of the diaphysis; e; Thickness of the body at half height of the long length of the diaphysis; Bd; Width distal epiphysis maximum; Dd; Maximum thickness of the distal articular surface; PMC; metacarpal weight

Table 4: Metatarsal females, values of osteometric parameters

Age classes	Statistical parameters	Metatarsal							
		GLT	BPT	DPT	dT	eT	BdT	DdT	PMT
Sex									
Young	n	15	15	15	15	15	15	15	15
Females	m	386.1	58.4	46.2	30.4	31.9	75.4	35.2	488.7
Females	min	340	50.22	43.13	26.85	27.91	69.62	30.06	315
Adults	max	405	63.91	49.04	33.03	34.59	79.76	38.41	600
	σ	16.14	2.871	1.98	1.76	1.68	2.59	2.28	80.32
	Cv%	4.18	4.92	4.28	5.78	5.26	3.44	6.48	16.44
	p	<0.0001	0.00	0.007	0.225	0.080	0.00	0.311	0.110
Females	n	15	15	15	15	15	15	15	15
Adultes	m	388.7	59.4	47.1	30.3	32.8	76.5	36.2	494.3
	min	370	56.97	44.99	28.35	30.42	73.46	34	405
	max	405	61.94	50.93	34.75	38.57	80.98	39.22	555
	σ	8.91	1.81	1.65	1.67	1.88	2.1	1.37	43.54
	Cv%	2.29	3.05	3.50	5.52	5.74	2.73	3.78	8.81
	p	0.317	<0.0001	0.011	0.014	<0.0001	0.210	0.058	0.038
Females	n	30	30	30	30	30	30	30	30
	m	387.4	58.86	46.66	30.34	32.4	75.99	35.7	491.5
	min	340	50.2	43.33	26.85	27.91	69.62	30.06	315
	max	405	63.9	50.93	34.75	38.57	80.98	39.22	600
	σ	12.8	2.4	1.8	1.6	1.8	2.4	1.9	63.5
	Cv%	3.3	4.1	3.9	5.5	5.5	3.1	5.3	12.9
	p	<0.0001	<0.0001	0.520	0.097	<0.0001	0.019	0.165	0.042

p; In bolding is significant. Limit of signification Alpha = 0,050 Legends; n; effective; m; arrhythmic mean, min; minimum; max; maximum; σ; standard deviation; cv; coefficient of variation; p; p value; GL; Maximum length of the metacarpus; Bp; Maximum width of the surface articular proximal; Dp; Maximum thickness of the proximal articular surface; d; Width of the body at half height of the long length of the diaphysis; e; Thickness of the body at half height of the long length of the diaphysis; Bd; Width distal epiphysis maximum; Dd; Maximum thickness of the distal articular surface; PMC; metacarpal weight

Table 5: Values of the metapodal grace indexes according to sex (%)

Sex	Statistical parameters	Bp/GL	d/GL	e/GL	BpT/GLT	dT/GLT	eT/GLT
Males	n	30	30	30	30	3030	
	m	0.18	0.10	0.09	0.20	0.11	0.12
	min	0.17	0.08	0.08	0.15	0.07	0.08
	max	0.20	0.10	0.11	1.5	0.09	0.11
	σ	0.008	0.006	0.007	0.2	0.1	0.1
	CV%	4	5.8	7.72	120.5	124.2	125.3
	p	0.130	0.035	0.190	0.342	0.070	0.087
Females	n	30	30	30	30	3030	
	m	0.18	0.09	0.08	0.15	0.08	0.08
	min	0.17	0.08	0.07	0.14	0.07	0.07
	max	0.19	0.10	0.09	0.16	0.09	0.10
	σ	0.006	0.004	0.004	0.005	0.004	0.005
	CV%	3.35	4.7	4.9	3.6	5.8	7.1
	p	0.035	0.645	0.450	0.464	0.410	<0.0001
Total population	n	60	60	60	60	6060	
	m	0.19	0.09	0.09	0.18	0.09	0.10
	min	0.166	0.08	0.07	0.14	0.07	0.07
	max	0.20	0.10	0.10	1.66	0.95	0.11
	σ	0.008	0.006	0.007	0.17	0.09	0.11
	CV%	4.38	5.92	8.07	97.78	101.17	105.47
	p	0.441	0.271	0.040	0.364	0.003	0.004

p: In bolding is significant. Limit signification of Alpha = 0.050

population, PMT, Bp, Dp, d, e, Bd, BpT, dT and eT have systematically larger values for adults and this is significant as well. These are primarily parameters of bone size or mass while the growth in bone length (GL and GLT) does not show any significant difference between both age groups. Therefore, females seem to have earlier growth than males. They reach their

adult size from 6-7 years old and then the bone does not show any significant growth either in thickness or in length.

On the other hand, males are later and the metapods growth in length seems to be finished at the age of 10 years but the width of the portion of the distal epiphysis Bd continues to increase beyond 10 years. Among

Table 6: Male Targui correlation matrix

T males	GL (mm)	GLT (mm)	BP (mm)	BPT (mm)	DP (mm)	DPT (mm)	d (mm)	dT (mm)	e (mm)	eT (mm)	Bd (mm)
GL	1	0.916	0.315	0.419	0.369	0.217	0.408	0.282	0.033	0.190	0.306
GLT	0.916	1	0.375	0.506	0.450	0.244	0.435	0.338	0.145	0.309	0.415
BP	0.315	0.375	1	0.226	0.699	0.138	0.527	0.301	-0.018	0.434	0.451
BPT	0.419	0.506	0.226	1	0.442	0.351	0.441	0.250	0.301	0.321	0.576
DP	0.369	0.450	0.699	0.442	1	-0.157	0.582	0.108	-0.091	0.199	0.474
DPT	0.217	0.244	0.138	0.351	-0.157	1	0.175	0.459	0.552	0.562	0.316
d	0.408	0.435	0.527	0.441	0.582	0.175	1	0.658	-0.176	0.373	0.245
dT	0.282	0.338	0.301	0.250	0.108	0.459	0.658	1	0.308	0.631	0.016
e	0.033	0.145	-0.018	0.301	-0.091	0.552	-0.176	0.308	1	0.703	0.265
eT	0.190	0.309	0.434	0.321	0.199	0.562	0.373	0.631	0.703	1	0.358
Bd	0.306	0.415	0.451	0.576	0.474	0.316	0.245	0.016	0.265	0.358	1
BdT	0.453	0.580	0.172	0.661	0.341	0.306	0.285	0.062	0.219	0.236	0.724
Dd	0.248	0.439	0.505	0.457	0.693	-0.028	0.701	0.296	-0.089	0.232	0.407
DdT	0.144	0.292	0.150	0.462	0.229	0.362	0.303	0.217	0.435	0.408	0.258
PMC (g)	0.549	0.568	0.232	0.595	0.154	0.574	0.422	0.533	0.453	0.549	0.447
PMT (g)	0.498	0.569	0.245	0.563	0.197	0.588	0.439	0.610	0.483	0.580	0.422
Bp/GL	-0.456	-0.334	0.700	-0.097	0.374	-0.020	0.181	0.069	-0.034	0.267	0.201
d/GL	-0.187	-0.106	0.369	0.213	0.392	0.063	0.820	0.539	-0.200	0.290	0.072
e/GL	-0.390	-0.247	-0.141	0.106	-0.228	0.426	-0.326	0.167	0.907	0.572	0.126
BpT/GLT	-0.406	-0.391	-0.105	0.595	0.059	0.142	0.065	-0.051	0.189	0.055	0.231
dT/GLT	-0.175	-0.159	0.125	0.003	-0.115	0.363	0.471	0.875	0.248	0.502	-0.192
eT/GLT	-0.152	-0.059	0.315	0.146	0.041	0.504	0.227	0.529	0.684	0.931	0.220
T males	BdT	Dd (mm)	DdT (mm)	PMC (g)	PMT (g)	Bp/GL	d/GL	e/GL	BpT/GLT	dT/GLT	eT/GLT
GL	0.453	0.248	0.144	0.549	0.498	-0.456	-0.187	-0.390	-0.406	-0.175	-0.152
GLT	0.580	0.439	0.292	0.568	0.569	-0.334	-0.106	-0.247	-0.391	-0.159	-0.059
BP	0.172	0.505	0.150	0.232	0.245	0.700	0.369	-0.141	-0.105	0.125	0.315
BPT	0.661	0.457	0.462	0.595	0.563	-0.097	0.213	0.106	0.595	0.003	0.146
DP	0.341	0.693	0.229	0.154	0.197	0.374	0.392	-0.228	0.059	-0.115	0.041
DPT	0.306	-0.028	0.362	0.574	0.588	-0.020	0.063	0.426	0.142	0.363	0.504
d	0.285	0.701	0.303	0.422	0.439	0.181	0.820	-0.326	0.065	0.471	0.227
dT	0.062	0.296	0.217	0.533	0.610	0.069	0.539	0.167	-0.051	0.875	0.529
e	0.219	-0.089	0.435	0.453	0.483	-0.034	-0.200	0.907	0.189	0.248	0.684
eT	0.236	0.232	0.408	0.549	0.580	0.267	0.290	0.572	0.055	0.502	0.931
Bd	0.724	0.407	0.258	0.447	0.422	0.201	0.072	0.126	0.231	-0.192	0.220
BdT	1	0.401	0.456	0.467	0.455	-0.170	0.028	0.015	0.165	-0.227	0.030
Dd	0.401	1	0.494	0.241	0.293	0.282	0.593	-0.177	0.080	0.086	0.077
DdT	0.456	0.494	1	0.471	0.486	0.040	0.235	0.343	0.219	0.079	0.325
PMC (g)	0.467	0.241	0.471	1	0.951	-0.191	0.112	0.185	0.097	0.268	0.357
PMT (g)	0.455	0.293	0.486	0.951	1	-0.141	0.163	0.235	0.064	0.349	0.390
Bp/GL	-0.170	0.282	0.040	-0.191	-0.141	1	0.481	0.169	0.211	0.246	0.412
d/GL	0.028	0.593	0.235	0.112	0.163	0.481	1	-0.098	0.326	0.624	0.347
e/GL	0.015	-0.177	0.343	0.185	0.235	0.169	-0.098	1	0.346	0.301	0.697
BpT/GLT	0.165	0.080	0.219	0.097	0.064	0.211	0.326	0.346	1	0.148	0.211
dT/GLT	-0.227	0.086	0.079	0.268	0.349	0.246	0.624	0.301	0.148	1	0.584
eT/GLT	0.030	0.077	0.325	0.357	0.390	0.412	0.347	0.697	0.211	0.584	1

In bold, significant values (except diagonal) at alpha = 0.050 (bilateral test)

dromedaries as in the domestic sheep the diaphysis is the most variable part of the metapod in particular its thickness. The measure that characterizes it has the highest coefficient of variation with values significantly higher than the others.

In the Targui population The big length is the least metapod variable portion unlike the Sahrawi population where the distal epiphysis is the least variable portion (Babelhadj, 2012). The construction of a correlation matrix allows to visualize all of the correlation coefficients corresponding to each pair of variables (Table 6 and 7). For this study, two correlation matrixes were constructed affecting all measurements and ratios,

obtained respectively from the set of metacarpals, then from the metatarsals, one for males and the other for females using CPA of the XLSTAT software.

Firstly, to study this phenomenon the correlations between the algebraic values of the variable differences was calculated. Only 188 in males and only 198 in females correlations are significant out of the 484 calculated, (significance limit at the alpha threshold = 0.050).

The metacarpus weight and the metatarsus weight are also perfectly correlated. Among the osteometric parameters, almost systematically, a metacarpal parameter and its metatarsal counterpart are correlated with a very

Table 7: Female Targui Correlation Matrix

T emelles	GL (mm)	GLT (mm)	BP (mm)	BPT (mm)	DP (mm)	DPT (mm)	d (mm)	dT (mm)	e (mm)	eT (mm)		
GL	1	0.947	0.669	0.621	0.584	0.448	0.383	0.552	0.186	0.358		
GLT	0.947	1	0.596	0.634	0.612	0.441	0.393	0.553	0.211	0.312		
BP	0.669	0.596	1	0.723	0.675	0.406	0.203	0.447	0.023	0.196		
BPT	0.621	0.634	0.723	1	0.776	0.423	0.171	0.532	0.372	0.272		
DP	0.584	0.612	0.675	0.776	1	0.510	0.014	0.365	0.471	0.459		
DPT	0.448	0.441	0.406	0.423	0.510	1	-0.141	0.072	0.030	0.205		
d	0.383	0.393	0.203	0.171	0.014	-0.141	1	0.738	0.212	-0.054		
dT	0.552	0.553	0.447	0.532	0.365	0.072	0.738	1	0.401	0.258		
e	0.186	0.211	0.023	0.372	0.471	0.030	0.212	0.401	1	0.651		
eT	0.358	0.312	0.196	0.272	0.459	0.205	-0.054	0.258	0.651	1		
Bd	0.330	0.251	0.431	0.427	0.567	0.404	-0.018	0.186	0.496	0.461		
BdT	0.481	0.494	0.415	0.660	0.670	0.296	0.143	0.491	0.540	0.400		
Dd	0.551	0.446	0.565	0.441	0.540	0.246	0.203	0.270	0.308	0.261		
DdT	0.439	0.368	0.526	0.467	0.503	0.333	0.278	0.462	0.455	0.285		
PMC (g)	0.578	0.628	0.358	0.478	0.513	0.214	0.640	0.604	0.607	0.337		
PMT (g)	0.632	0.692	0.426	0.534	0.610	0.304	0.576	0.639	0.569	0.434		
Bp/GL	-0.353	-0.383	0.458	0.159	0.148	-0.022	-0.199	-0.094	-0.204	-0.187		
d/GL	-0.365	-0.322	-0.298	-0.303	-0.437	-0.480	0.719	0.320	0.058	-0.332		
e/GL	-0.514	-0.457	-0.434	-0.097	0.014	-0.285	-0.071	-0.020	0.747	0.323		
BpT/GLT	-0.172	-0.207	0.316	0.625	0.371	0.089	-0.179	0.118	0.259	0.030		
dT/GLT	-0.023	-0.062	0.107	0.179	-0.001	-0.235	0.601	0.797	0.332	0.085		
eT/GLT	-0.199	-0.278	-0.155	-0.103	0.098	-0.062	-0.285	-0.063	0.530	0.826		
T emelles	Bd (mm)	BdT (mm)	Dd (mm)	DdT (mm)	PMC (g)	PMT (g)	Bp/GL	d/GL	e/GL	BpT/GLT	dT/GLT	eT/GLT
GL	0.330	0.481	0.551	0.439	0.578	0.632	-0.353	-0.365	-0.514	-0.172	-0.023	-0.199
GLT	0.251	0.494	0.446	0.368	0.628	0.692	-0.383	-0.322	-0.457	-0.207	-0.062	-0.278
BP	0.431	0.415	0.565	0.526	0.358	0.426	0.458	-0.298	-0.434	0.316	0.107	-0.155
BPT	0.427	0.660	0.441	0.467	0.478	0.534	0.159	-0.303	-0.097	0.625	0.179	-0.103
DP	0.567	0.670	0.540	0.503	0.513	0.610	0.148	-0.437	0.014	0.371	-0.001	0.098
DPT	0.404	0.296	0.246	0.333	0.214	0.304	-0.022	-0.480	-0.285	0.089	-0.235	-0.062
d	-0.018	0.143	0.203	0.278	0.640	0.576	-0.199	0.719	-0.071	-0.179	0.601	-0.285
dT	0.186	0.491	0.270	0.462	0.604	0.639	-0.094	0.320	-0.020	0.118	0.797	-0.063
e	0.496	0.540	0.308	0.455	0.607	0.569	-0.204	0.058	0.747	0.259	0.332	0.530
eT	0.461	0.400	0.261	0.285	0.337	0.434	-0.187	-0.332	0.323	0.030	0.085	0.826
Bd	1	0.524	0.695	0.575	0.418	0.391	0.143	-0.267	0.205	0.284	0.048	0.312
BdT	0.524	1	0.439	0.527	0.438	0.494	-0.060	-0.225	0.139	0.332	0.231	0.104
Dd	0.695	0.439	1	0.650	0.403	0.384	0.045	-0.203	-0.108	0.105	0.012	-0.006
DdT	0.575	0.527	0.650	1	0.430	0.421	0.131	-0.053	0.099	0.219	0.290	0.065
PMC(g)	0.418	0.438	0.403	0.430	1	0.950	-0.241	0.207	0.141	-0.028	0.273	-0.034
PMT(g)	0.391	0.494	0.384	0.421	0.950	1	-0.217	0.103	0.070	-0.021	0.268	0.026
Bp/GL	0.143	-0.060	0.045	0.131	-0.241	-0.217	1	0.066	0.060	0.595	0.167	0.038
d/GL	-0.267	-0.225	-0.203	-0.053	0.207	0.103	0.066	1	0.301	-0.056	0.616	-0.144
e/GL	0.205	0.139	-0.108	0.099	0.141	0.070	0.060	0.301	1	0.340	0.310	0.595
BpT/GLT	0.284	0.332	0.105	0.219	-0.028	-0.021	0.595	-0.056	0.340	1	0.293	0.151
dT/GLT	0.048	0.231	0.012	0.290	0.273	0.268	0.167	0.616	0.310	0.293	1	0.128
eT/GLT	0.312	0.104	-0.006	0.065	-0.034	0.026	0.038	-0.144	0.595	0.151	0.128	1

In bold significant values (except diagonal) at alpha = 0.050 (bilateral test)

high coefficient : Therefore, it seems to be a harmony of construction between the front train bones and the back train bones which are particularly clear with the dromedary.

Gracility index: The slenderness index shows variations in the bones shape to different portions. d/GL is an index widely used for sexing the metapodes, it shows the width of the diaphysis, at constant length. Values of the different indexes calculated are grouped in Table 5 and are not significantly different between averages of males and those of females, except for BpT/GLT, dT/GLT and for eT/GLT (Fig. 3 and 4).

The metapods of the Targui dromedaries population appear very thin and slender in terms of thickness (Figure 4 and 5) this is found for both sexes: whether the most

stocky male adults (d / GL = 0.10% for GL = 394.3 mm) or the most stocky female adults (d/GL = 0.09% for GL = 375.1 mm) at the metacarpals of our sample, the metatarsals appear slender and thin at the level of the width, the animals offer very extended bones and visually slender. The metatarsals of females are more slender than metacarpals, the metapods of females are as slender as the metapods of males.

Sexual dimorphism: Many researchers have proposed indexes allowing to quantify sexual dimorphism from metapods of ruminants^[6-14] suggests a factor called DS (for sexual dimorphism: DS = [(male average-female average)/female average]) very simple which we calculated that allows us to get an idea about sexual dimorphism for the various parameters measured.



Fig. 3: Dorsal face of male and female adult left metapods, metacarpus (TM) and metatarsal (MT)

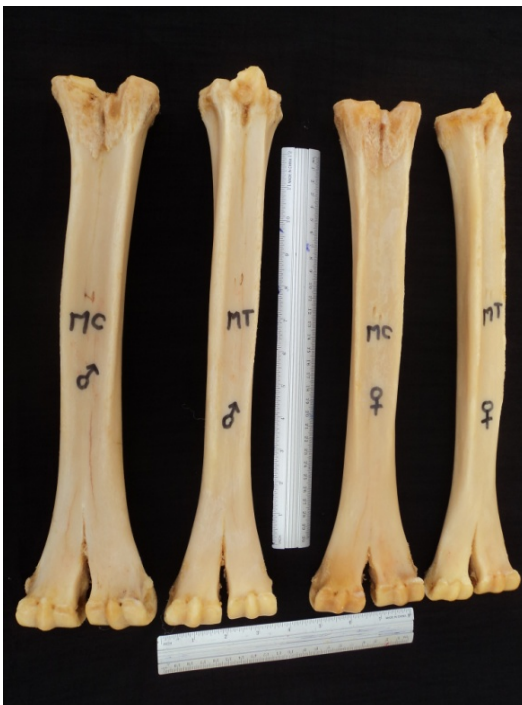


Fig. 4: Plantar face of male and female adult left metapods, metacarpus (TM) and metatarsal (MT)

Sexual dimorphism appears very weak since it is about 0.11% for the 14 linear parameters, varying from 0.06% for GL to 0.15% for e and eT. The fact that there

are very few of large or very big males in the sample studied which is homogeneous in terms of sex, the animals are very dimorphic and slender as found in dromedaries population Saharaoui.

CONCLUSION

This first exhausting approach to the osteometry of the Targui population osteometry allows to carry out the main features of character of this population which is originally from the Hoggar. The variability and the correlation between variables have been analyzed and provides reference data for archaeozoology. These data allows to reveal the most relevant measures that can be used to study the metapods which are very slender in the Camel Targui population. Seven linear parameters of each metapodes were calculated. The sexual dimorphism in this ruminants species is not entirely identical to what has been shown with the Saharaoui dromedary population, beef or Sheep. Finally and even if these first results must imperatively be confronted with comparison of an extensive corpus, it seems that the *Camelus dromedarius* species is particularly homogeneous in terms of overall variability.

ACKNOWLEDGEMENT

The researcher are so thankful to the mother of the main researcher, BABELHADJ Baaisa, Boubal MESSAOUDA whose helped in preparing the bones.

REFERENCES

1. Berteaux, D. and C. Guintard, 1995. Osteometric study of the metapodials of amsterdam island feral cattle. *Acta Theriologica*, 40: 97-110.
2. Silver, I.E., 1969. The Ageing of Domestic Animals. In: *Science and Archaeology: A Survey of Progress and Research*, Brothwell, D.R. and E.S. Higgs (Eds.), Thames and Hudson, London, England, pp: 250-268.
3. Bartosiewicz, L., 1995. Camel Remains from Hungary. In: *Archaeozoology of the Near East II*, Buitenhuis, H. and H.P. Uerpmann (Eds.), Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands, pp: 119-125.
4. Porter, V., 2002. *Mason's World Dictionary of Livestock Breeds, Types and Varieties*. 5th Edn., CABI Publishing, Wallingford, UK., ISBN: 9780851994307, Pages: 380.
5. Guintard, C. and M. Lallemand, 2003. Osteometric study of metapodial bones in sheep (*Ovis aries* L. 1758). *Ann. Anat.*, 185: 573-583.
6. Higham, C.F.W., 2009. The metrical attributes of two samples of bovine limb bones. *J. Zool.*, 157: 63-74.

07. Lasota-Moskalewska, A., 1980. Morphotic changes of domestic cattle skeleton from the Neolithic age to the beginning of the Iron age. *Wiadomosci Archeologiczne*, 45: 119-163.
08. Thomas, R.N.W., 1988. A statistical evaluation of criteria used in sexing cattle metapodials. *Archaeozoologia*, 2: 67-82.
09. Wiig, O., 1985. Sexing of subfossil cattle metacarpals. *Acta Theriologica*, 30: 495-503
10. Zalkin, V., 1960. Metapodial variation and its significance for the study of ancient Horned cattle. *Bull. Mosk. Ols. Isp. Prirody Otd. Biol.*, 65: 109-126.
11. Jewell, P., 1963. Cattle from British archaeological sites. *Man Cattle*, 18: 126-138.
12. Kurten, B., 1955. Sex dimorphism and size trends in the cave bear, *Ursus spelaeus* Rosenmuller and Heinroth. *Acta. Zool. Fenn.*, 90: 252-264.
13. Onar, V., G. Pazvant and O. Belli, 2008. Osteometric examination of metapodial bones in sheep (*Ovis aries* L.) and goat (*Capra hircus* L.) unearthed from the Upper Anzaf Castle in Eastern Anatolia. *Rev. Med. Vet. Toulouse*, 159: 150-158.
14. Driesch, A.V.D., 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bull.*, 1: 44-98.