

VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2017 - Thèse n°109

***LE CHIEN EN EGYPTE ANCIENNE :
APPROCHE ARCHEOZOOLOGIQUE ET APPORTS DE LA CRANIOLOGIE.
APPLICATION A UNE SERIE DE CHIENS MOMIFIES (EL-DEIR)
ET COMPARAISON AVEC DES CHIENS ACTUELS ET ANCIENS (KERMA).***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 15 décembre 2017
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

BRASSARD Colline
Née le 23 octobre 1991
à *Grenoble (38)*



**VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON**

Année 2017 - Thèse n°109

***LE CHIEN EN EGYPTE ANCIENNE :
APPROCHE ARCHEOZOOLOGIQUE ET APPORTS DE LA CRANIOLOGIE.
APPLICATION A UNE SERIE DE CHIENS MOMIFIES (EL-DEIR)
ET COMPARAISON AVEC DES CHIENS ACTUELS ET ANCIENS (KERMA).***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 15 décembre 2017
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

BRASSARD Colline
Née le 23 octobre 1991
à *Grenoble (38)*





Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification

LISTE DES ENSEIGNANTS DU CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

(Mise à jour le 13 avril 2017)

Civilité	Nom	Prénom	Département	Grade
Mme	ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
Mme	ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
M.	ARTOIS	Marc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
Mme	AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Stagiaire
Mme	BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
Mme	BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
Mme	BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
M.	BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
Mme	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
Mme	BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
M.	BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
M.	BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
M.	CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
M.	CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
Mme	DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
Mme	DELGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
M.	DEMONT	Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
Mme	DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
Mme	ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	FAU	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	FOURNEL	Corinne	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
M.	FREYBURGER	Ludovic	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
Mme	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
M.	GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
M.	GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
Mme	GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	GUERIN	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
Mme	HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
M.	JAUSSAUD	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
Mme	JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Contractuel
M.	JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	KODIO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
Mme	KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
Mme	LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
Mme	LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
Mme	LATTARD	Virginie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
Mme	LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
Mme	LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	LEDoux	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences Contractuel
M.	LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences Stagiaire
Mme	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
M.	MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
M.	PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
M.	PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
Mme	PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
Mme	REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
M.	ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
M.	SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
M.	SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	SERGEANT	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
M.	THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
M.	TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
M.	VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
Mme	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences Contractuel
M.	ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur

REMERCIEMENTS

Mes plus sincères remerciements s'adressent à l'ensemble des membres du jury :

A Monsieur le Professeur **Patrick MERTENS**,
De la Faculté de Médecine de Lyon,
Président du jury,
Qui me fait l'honneur de présider ce jury de thèse. Hommages respectueux.

A Monsieur **Antonin TORTEREAU**,
De l'Ecole vétérinaire de Lyon,
Premier assesseur,
Qui a accepté d'encadrer cette thèse. Pour ses conseils précieux, sa relecture avisée et sa gentillesse. Je lui adresse mes remerciements les plus chaleureux.

A Madame **Caroline BOULOCHER**
De l'Ecole nationale vétérinaire de Lyon,
Deuxième assesseur.
Pour me faire l'honneur de participer à ce jury. Sincères remerciements.

A Madame **Cécile CALLOU**,
Du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris,
Membre invité.
Pour m'avoir accordé confiance, liberté intellectuelle et soutien dans la réalisation de ce travail. Pour ses conseils avisés et précieux depuis notre rencontre, et m'avoir permis d'étudier un sujet qui m'est cher dans le cadre de mon Master au Muséum. En espérant que nous aurons l'occasion de travailler encore longtemps ensemble, je lui adresse ma profonde gratitude et mon sincère respect.

A Monsieur **Raoul PERROT**,
Ancien directeur du Laboratoire d'Anthropologie Anatomique et de Paléopathologie à la faculté de Médecine Rockefeller, Lyon 1,
Membre invité.
Pour son soutien enthousiaste et continu depuis mes débuts en archéozoologie. Pour sa gentillesse, sa disponibilité et son intérêt sans faille pour mon travail. Qu'il reçoive ici l'expression de toute ma reconnaissance et de mon amitié.

Merci à toutes les personnes qui ont rendu la réalisation de ce travail possible, d'une façon ou d'une autre, et m'ont ainsi permis de concrétiser mes passions :

A l'**UMR 7209** pour avoir financé mes recherches de Master 2 et au **Muséum national d'Histoire naturelle de Paris** pour m'avoir donné accès à la collection de F. Petter.

A **Jacqueline STUDER** et l'**équipe d'Archéozoologie du Muséum d'Histoire naturelle de Genève**. Pour leur accueil chaleureux au sein des collections, leur intérêt et leur gentillesse. Pour m'avoir permis d'accéder à la collection de Kerma.

A **Louis CHAIX**. Pour ses précieux renseignements sur les chiens de Kerma et nos échanges au Centre de Conservation des Collections du Musée des Confluences à Lyon.

A **Allowen EVIN**. Pour cet excellent stage de Morphométrie géométrique qui m'a donné l'envie d'appliquer la méthode à l'étude des chiens égyptiens. Pour son aide précieuse pour R quand les questions existentielles m'assaillaient, son énergie, sa gentillesse et son positivisme permanents. En espérant que le futur nous permette de travailler à nouveau ensemble.

To **Mary HARTLEY**. For sending me her very interesting thesis about the dogs of Saqqara, for her kind emails and her curiosity. I look forward to meet you someday and share more about these amazing Egyptian votive practices.

A **Michel BAYLAC**. Pour ses indications en morphométrie géométrique, qui m'ont permis d'apprivoiser les allométries. Pour avoir relu et évalué mon travail lors de ma soutenance de Master 2.

A **Jean-Denis VIGNE**. Pour sa précieuse relecture de mon travail de Master 1, qui m'a donnée l'envie d'approfondir et de chercher de nouvelles méthodes pour aborder le sujet.

A **Stéphanie PORCIER**. Pour sa bonne humeur et sa passion contagieuses, son aide indéfectible et ses conseils précieux depuis que j'ai manifesté mon intérêt pour l'Égyptozoologie. Pour tous les bons moments au Centre de Conservation et d'Étude des Collections du Musée des Confluences de Lyon.

A **Vianney FOREST**. Pour sa rigueur de travail et son humanité, ses mises en garde avisées.

A **Emmanuelle VILA**, qui m'a orientée vers le Master du Muséum.

A mes parents,
sans qui je n'aurai jamais pu m'engager dans ces études,
pour leur patience et leur soutien à toute épreuve. Tout mon amour et ma gratitude.

A mes amis véto et aux autres,
pour tous les souvenirs du « bon vieux temps » et ceux à venir.

« Les crânes, ceux des humains pour l'essentiel mais pas seulement, exercent depuis des millénaires un étrange pouvoir de fascination sur l'imagination des Hommes. Ils symbolisent à la fois le présent et le passé ; ils inspirent la terreur et le respect ; ils parlent de la vie, de la mort et de l'au-delà ; du bien et du mal ; du danger, de l'autorité et de la grandeur. Aucun autre spécimen biologique n'exerce la même magie sur l'esprit humain que ces assemblages d'os creux, ces choses faites de dômes et d'alvéoles, d'orbites et de mâchoires, de conduits et de canaux mystérieux. Les crânes d'Hommes ou d'animaux sont attirants et fascinants. Ils l'ont toujours été et le seront toujours. »

Extrait de la préface de Simon Winchester dans
Crânes, 3000 spécimens de la collection Dudley, Ed. Delachaux et Niestlé, page 8.

« Il y a 3 sortes de mensonges : les petits mensonges, les sacrés mensonges, et les statistiques »

Cédric Villani,
Mathématicien et homme politique français.

TABLE DES MATIERES

Table des annexes	17
Table des figures	19
Table des tableaux	25
Liste des abréviations	27
Introduction	29

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.

Le chien en Egypte ancienne : approche archéozoologique et apports de la craniologie

1. Aspects généraux de la craniologie chez le chien	35
1.1. Points de repères ostéologiques et dentaires « normaux »	35
1.1.1. Eléments d'orientation du crâne et des dents	35
1.1.2. Description de la forme du crâne et des dents	37
1.1.2.1. Description générale	37
1.1.2.2. Des fonctions communes aux carnivores et aux canidés : <i>impact sur la forme du crâne et des dents</i>	38
1.1.2.3. Facteurs de variation intraspécifique de la forme	43
1.1.2.3.1. Impact du morphotype	43
1.1.2.3.2. Impact de l'âge	44
1.1.2.3.3. Impact du sexe	46
1.2. Pathologies et pseudo-pathologies : l'importance de la taphonomie	48
1.2.1. Définition et applications de la paléopathologie	48
1.2.2. Définition et enjeux de la taphonomie	49
1.2.3. Exemples de pathologies et de modifications taphonomiques susceptibles d'altérer la forme générale du crâne	50
1.2.4. Pathologies de la cavité orale	52
1.3. Diversité des techniques pour l'étude du crâne en archéozoologie	55
1.3.1. Observation directe vs indirecte	55
1.3.2. Observation qualitative vs quantitative	60
1.3.2.1. Observation de caractères qualitatifs ou quantitatifs <i>discrets</i>	60
1.3.2.2. Observation de caractères quantitatifs continus : la <i>craniométrie</i>	61
1.3.2.2.1. Définition	61
1.3.2.2.2. De la morphométrie traditionnelle à la morphométrie géométrique	64
1.3.2.2.3. Exploitation statistique des données	65

2. Le chien au sein des canidés égyptiens : origine(s), parenté et diversité.	66
2.1. Taxinomie et phylogénie des canidés égyptiens	66
2.1.1. Taxinomie	66
2.1.2. Phylogénie : les origines du chien domestique et le cas de l'Égypte	70
2.1.3. Diagnose morphologique des canidés à partir de leur crâne	73
2.2. Diversité des morphotypes de chiens d'après les textes et les vestiges	82
2.2.1. Le type « lévrier »	84
2.2.2. Les petits chiens	88
2.2.3. Le type « intermédiaire »	89
3. Les relations Homme-chien en Égypte ancienne de l'origine aux époques tardives	90
3.1. Un animal de compagnie, dans la vie comme dans la mort	90
3.2. Une fonction magico-religieuse et médicale	94
3.3. Un animal de premier plan dans le panthéon égyptien	95
3.3.1. Considérations religieuses : un animal sacralisé	95
3.3.2. Divinités associées au chien	96
3.3.3. Nécropoles de chiens	100
3.3.4. Procédés de momification	100
3.3.5. Du chien à l'offrande : textes <i>versus</i> vestiges, sélections et quid du statut de l'animal vivant ou momifié ?	102
3.3.5.1. <i>Sauvage vs domestique</i>	102
3.3.5.2. <i>Le sexe</i>	103
3.3.5.3. <i>L'approvisionnement en animaux</i>	103
3.3.5.4. <i>Les animaux sacralisés dans le droit égyptien</i>	104
3.3.5.5. <i>Conditions de vie et de mort des animaux sacralisés</i>	105
Conclusion de la partie bibliographique	107

PARTIE EXPERIMENTALE.

Etude crânio-morphologique et métrique d'une série de crânes de chiens égyptiens momifiés (El-Deir) et comparaison avec des chiens actuels et anciens (Kerma)

1. Présentation du contexte archéologique : les nécropoles d'El-Deir dans l'oasis de Kharga	111
1.1. Localisation et organisation du site	111
1.2. La découverte de centaines de restes momifiés de chiens	112
1.3. Etudes déjà menées sur les chiens momifiés d'El-Deir	113
2. Matériel et Méthodes	115
2.1. Le matériel étudié : collection d'El-Deir et constitution de la collection de comparaison	115
2.1.1. La série de chiens d'El-Deir	115
2.1.2. Le matériel de comparaison	115
2.2. Les moyens d'étude et acquisition des données	117
2.2.1. Observation de caractères morphologiques qualitatifs	117
2.2.1.1. Détermination de l'âge à partir des sutures crâniennes	117
2.2.1.2. Détermination du sexe à partir de caractères qualitatifs signalés dans la littérature	118
2.2.1.3. Particularités et pathologies anatomiques	119
2.2.2. Morphométrie : acquisition des données	120
2.2.2.1. Acquisition des mesures linéaires en morphométrie classique	120
2.2.2.2. Acquisition des landmarks en morphométrie géométrique	121
3. Le traitement des données	126
3.1. Récupération des conformations et de la taille	126
3.2. Allométries	128
3.3. Ordination et visualisation des conformations : l'ACP	129
3.4. Classification non supervisée : clustering hiérarchique	129

3.5. Classification supervisée : discrimination des sexes et prédiction	130
3.5.1. Analyse et organisation des données amont des tests	130
3.5.2. Les différentes méthodes de classification supervisée utilisées	132
3.5.2.1. <i>Approches génératives probabilistes et paramétriques : GMM, LDA et QDA</i>	132
3.5.2.2. <i>Approches discriminatives : réseaux de neurones, PLS-DA et KNN</i>	133
3.5.3. Mesure de la performance des tests à partir de l'échantillon test	134
3.5.4. Application sur les chiens d'El-Deir et estimation de la proportion des femelles	134
4. Résultats	136
4.1. Etude de caractères morphologiques qualitatifs	136
4.1.1. Age des chiens d'El-Deir utilisés dans l'étude	136
4.1.2. Identification du sexe à partir de caractères qualitatifs	137
4.1.3. Particularités anatomiques et pathologies	139
4.1.3.1. <i>Anomalies dentaires</i>	139
4.1.3.2. <i>Anomalies autres que dentaires</i>	145
4.2. Etude morphométrique	146
4.2.1. Résultats de l'étude de répétabilité	146
4.2.2. Taille isométrique	149
4.2.3. Allométries	150
4.2.4. Etude des conformations : classification non supervisée	151
4.2.5. Etude du dimorphisme sexuel	164
4.2.5.1. <i>MANOVA sur les conformations</i>	164
4.2.5.2. <i>Sélection des variables discriminantes</i>	164
4.2.5.3. <i>Résultats des analyses discriminantes</i>	168
4.2.5.4. <i>Méthode des proches voisins vs aspect de la crête sagittale</i>	172
4.2.5.5. <i>Influence des sexes dans la constitution des groupes à la CAH</i>	173
5. Discussion	174
Conclusion	179
Bibliographie	181

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Muscles s'insérant sur le crâne et fonctions. Réalisé à l'aide de BUDRAS <i>et al.</i> (2007).	191
Annexe 2 : Liste des individus étudiés et caractéristique.	196
Annexe 3 : Observation de caractères qualitatifs et sexe.	200
Annexe 4 : Observation des anomalies.....	204
Annexe 5 : Mesures en morphométrie classique.	207
Annexe 6 : Résultats des CAH et des analyses discriminantes (AD).....	210

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Chronologie de l’Egypte ancienne.....	31
Figure 2 : Orientations anatomiques sur la tête du chien (NIEMIECK, 2013).....	36
Figure 3 : Repères ostéologiques sur le crâne d’un chien (vue latérale gauche). Les insertions musculaires sont indiquées par les hachures rouges. D’après BARONE, 2010 ; NEAULT, 2003 ; http://www.vetopsy.fr/anatomie/dents/images/dentition-chien.gif	40
Figure 4 : Repères anatomiques du crâne en vue dorsale. Les insertions musculaires sont indiquées en hachures rouges. D’après BARONE, 2010 et NIEMIECK, 2013	41
Figure 5 : Repères anatomiques du crâne en vue ventrale. Les insertions musculaires sont indiquées en hachures rouges. D’après BARONE, 2010 et HILLSON, 1986.....	42
Figure 6 : Différences de la forme du crâne entre mâles et femelles : Vue dorsale (CROCKFORD, 2009), Aspect de la région basioccipitale en vue dorsale (THE and TRUTH, 1976).....	47
Figure 7 : Les processus taphonomiques, ou les transformations des restes animaux de la biosphère à la lithosphère. Réalisation personnelle à partir des données de COSTAMAGNO et THERY-PARISOT (2009) et CHAIX (2014).....	49
Figure 8 : Les différents types de fractures crâniennes : a- fracture simple sans déplacement ; b-fracture avec embarrure ; c- fracture multiple avec esquilles. 1 : voûte crânienne ; 2 : méninges ; 3 : substance nerveuse cérébrale (RAMBAUD, 2007).....	50
Figure 9 : Localisation des lésions observées sur le crâne de chiens du Néolithique par BAKER et BROTHWELL (1980)	50
Figure 10 : Loulou de Poméranie avec dysplasie occipitale (1985-1209, MNHN). Photo © Colline Brassard. Noter l’aspect du foramen magnum, élargi dorsalement.....	51
Figure 11 : Les interactions entre les différentes pathologies de la cavité buccale (COLYER, 1976).....	52
Figure 12 : Malocclusion chez un chien Peruvien de Ancon (COLYER, 1990)	53
Figure 13 : Loulou de Poméranie mâle avec maladie parodontale (1985-1209, MNHN). Photo C. Brassard	53
Figure 14 : La photogrammétrie pour reconstituer en 3D des crânes de canidés (EVIN <i>et al.</i> , 2016, supplementary file).....	55
Figure 15 : Mesures crâniennes standardisées chez le chien (von den DRIESCH 1976).....	62
Figure 16 : Définition des mesures crâniennes standardisées chez le chien (von den DRIESCH, 1976)	63

Figure 17 : Visualisation par la méthode des plaques minces (SCHMITT et WALLACE, 2014).....	65
Figure 18 : Le nouveau modèle de la domestication du chien (traduction d'après FRANTZ <i>et al.</i> , 2016)	71
Figure 19 : Analyse phylogénétique bayésienne de canidés obtenu à partir du cytochrome b, avec les probabilités à posteriori. (VIRANTA <i>et al.</i> , 2017).....	72
Figure 20 : Comparaison de la zone de contact naso-maxillaire et la forme des bords postérieurs des narines de <i>Vulpes vulpes</i> et <i>Vulpes rueppelli</i> (OSBORN et HELMY, 1980)	77
Figure 21 : Crânes de <i>Canis</i> et <i>Lycaon</i> (d'après ROSEVEAR, 1974) et photos personnelles spécimen 3602.52 du Soudan actuel, Muséum de Genève	78
Figure 22 : Crânes de renards en Egypte ancienne (OSBORN et HELMY 1980)	79
Figure 23 : Holotype de <i>Canis lupaster</i> , une femelle du Fayum, au Nord de l'Egypte (VIRANTA <i>et al.</i> , 2017)	81
Figure 24 : La diversité des morphotypes de chiens en Egypte ancienne (1) d'après les dessins exécutés sous la direction de Champollion-le-jeune, et les descriptions autographes qu'il en a rédigées (Champollion, JF (1835-45), <i>Monuments de l'Egypte et de la Nubie</i> , disponible sur http://digitalcollections.nypl.org/items/510d47e2-5f27-a3d9-e040-e00a18064a99)	83
Figure 25 : La diversité des morphotypes de chiens en Egypte ancienne (2). Disponible sur http://digitalcollections.nypl.org/items/510d47e2-5f25-a3d9-e040-e00a18064a99	83
Figure 26 : Tesem chassant la gazelle et le renard, tombe de Re'emka, V-VI ^{ème} dynastie (HAYES, 1953).....	84
Figure 27 : Tombe de Chnemhotep, XII ^{ème} dynastie, Beni Hasan. NEWBERRY, 1893, planche XXX.....	86
Figure 28 : Tombe du gouverneur Djéhouty-hotep, XII ^{ème} dynastie, El Bersheh, vers 1880 BC. http://static.blog4ever.com/2010/07/426821/artimage_426821_3371374_201104285352636.jpg ou NEWBERRY, 1893, planche XXIX	88
Figure 29 : Stèle de Kay, Moyen Empire. Berlin, Ägyptisches Museum ÄM22820 (d'après BRICHE, 2015). Kay, Directeur des Chasseurs, est accompagné de deux lévriers à oreilles droites. En bas de la stèle figurent deux lévriers à oreilles droites et un troisième (en bas à gauche) à oreilles tombantes	91
Figure 30 : Représentations de chiens sous la chaise : à gauche tombe de Wsr (DAVIES, 1913, planche XXV) et à droite, tombe TT175 175 (http://www.ourkalbousounaki.fr/prmob3.htm).....	91

Figure 31: Sépulture de chien dans un sarcophage de pierre. Il accompagnait un haut personnage (vizir) de l’Egypte ancienne. Mastaba de Balat, vers 2200 BC (CHAIX, 2014)..	92
Figure 32 : Chien momifié trouvé dans la vallée des rois (CG 29836) © Anna-Marie Kellen (d’après IKRAM, 2013)	93
Figure 33 : Stèle du roi Antef II (http://antikforever.com/Egypte/Dyn/Images/Dynastie%2011-17/antefIII.jpg)	93
Figure 34 : Sépulture d’un chien avec un enfant à Qasr ‘Allam (IKRAM, 2013)	94
Figure 35 : Stèle de Minnakht, Calcaire, Nouvel Empire, XVIII ^{ème} dynastie, règne de Ay (1327-1323 avant J. C.) : Minnakht adore le dieu Oupouaout du Sud, figuré sous la forme d’Anubis	97
Figure 36 : Pesée du cœur et de la plume de la vérité, papyrus d’Ani, 1275 BC, XIX ^{ème} dynastie, papyrus peint, 45x31cm, Londres, British Museum (source : http://4.bp.blogspot.com/-Zxv5Q5a3Aac/UMijHPZO6CI/AAAAAAAAA1c/gO_rRrZeKas/s1600/BD_Weighing_of_the_Heart+papyrus+d'ani.jpg)	97
Figure 37 : Carte des nécropoles de chien en Egypte (IKRAM, 2013)	99
Figure 38 : Les différentes phases de l’embaumement d’un chien, visualisées sur la momie de la nécropole de Cynopolis (NEAULT, 2003)	102
Figure 39 : Radiographies de momies de chiens montrant une strangulation (à gauche) et fracture crânienne (à droite), deux lésions probablement à l’origine du décès (DUNAND et LICHTENBERG, 2005)	106
Figure 40 : Les étapes de l’étude craniologique pour comprendre les relations Homme-chien en Egypte ancienne	107
Figure 41 : Localisation du site d’El-Deir à partir de la carte des nécropoles de chiens (Ikram, 2013) et vue satellitaire (google)	111
Figure 42 : Oupouaout sur une enseigne (tombe N7). Photo R. Lichtenberg <i>in</i> http://www.chirdent.net/alpha-necropolis/articles.php?zone=deir&cmd=lire&id=1	113
Figure 43 : Distribution des différents crânes de chiens à El-Deir (C. Callou <i>in</i> DUNAND <i>et al.</i> , 2015b)	114
Figure 44 : Site de Kerma. Tombe 238 (gauche), dépôt de chiens avec un ensemble de caprins (gauche) et tombe 67(droite), un chien est enterré avec une femme adulte (CHAIX, 1999)	116
Figure 45 : Liste des restes de chiens trouvés à Kerma (CHAIX, 1999)	116
Figure 46 : Sutures utilisées pour la détermination de l’âge (âges donnés par BARONE, 2010) localisées sur le spécimen E9-c32 (photo C. Callou)	117

Figure 47 : Caractères qualitatifs utilisés pour la détermination du sexe : A - Aspect du processus orbitaire et de la crête sagittale (CROCKFORD, 2009) ; B - Aspect du basioccipital (THE et TROUTH, 1976)	119
Figure 48 : Localisations des landmarks sur les 3 faces sur le spécimen 151.1 de Kerma (photos personnelles).....	122
Figure 49 : Exemple de tableau (A) montrant l'organisation des données qualitatives pour le test de répétabilité, nested ANOVA(B) et script type permettant de quantifier l'effet de la pose des landmarks (C).....	125
Figure 50 : L'obtention des conformations en morphométrie géométrique (<i>in</i> CUCCHI <i>et al.</i> , 2015).....	127
Figure 51 : Structure de la matrice des conformations en morphométrie géométrique et transformation en matrice à deux dimensions pour le traitement statistique	127
Figure 52 : Division de l'ensemble des individus en 3 échantillons pour les analyses discriminantes.....	131
Figure 53 : Architecture type d'un réseau de neurones et fonctionnement.....	133
Figure 54 : Mesure de la performance des méthodes supervisées de détermination du sexe sur l'échantillon test	135
Figure 55 : Illustration du principe de l'estimation de la prévalence réelle (Pr) à partir de la prévalence apparente (Pa) obtenue lors des tests diagnostiques, de la sensibilité (Se) et de la spécificité (Sp) de ce test, établis sur l'échantillon test.....	135
Figure 56 : Critères morphologiques d'évaluation du sexe : Résultats obtenus sur les spécimens de sexe connu et application aux chiens d'El-Deir.....	137
Figure 57 : Région basioccipitale de 2 mâles de Kerma et d'un du Soudan actuel, présentant une morphotypologie femelle d'après les critères de THE et TRUTH (1976). Comparaisons avec un mâle de Kerma présentant la morphologie typique du mâle selon les mêmes auteurs	138
Figure 58 : Dédoublage des P1	139
Figure 59 : Anomalies dentaires numériques par défaut.....	141
Figure 60 : Proéminence du protocone chez un chien de Kerma, un chien d'El-Deir et un lévrier actuel.....	141
Figure 61 : Hypoplasie de l'émail chez les chiens d'El-Deir : pour C34 l'association à une maladie parodontale est franche. Le schéma est extrait de COLYER, 1990.	142
Figure 62 : Dents d'un chien atteint de maladie de Carré © site internet du Centre Hospitalier de Frégis (http://www.fregis.com/infos_sante_pathologie_chien_detail.php?id=455)	142

Figure 63 : P4 et M1 supérieures droites de E9-c32 âgé de 6mois (photo C. Callou)	142
Figure 64 : Malposition de la canine chez certains chiens d'El-Deir. Implantation normale de la canine chez N22-c17 et malposition de la canine chez P5-c2. Une malposition similaire est observée sur un chien errant par COLYER (1990)	143
Figure 65 : Rotations des prémolaires chez plusieurs spécimens d'El-Deir	144
Figure 66 : Possible fracture bilatérale des canines chez P5-c5	144
Figure 67 : Perforations circulaires sur le palais visibles sur un chien d'El-Deir (E9-c104) et sur un chien de Kerma (151/1)	145
Figure 68 : Dépression sur l'os frontal observée chez deux chiens d'El-Deir. A gauche, un cas similaire à ceux de Deir observé par Mary HARTLEY (2017) avec un bâton de bois susceptible d'avoir occasionné la blessure	145
Figure 69 : Visualisation des ACP du test de répétabilité et visualisation de l'effet de la prise de photo sur les conformations	147
Figure 70 : Résultats des classements obtenus par les CAH sur chacune des faces	148
Figure 71 : Exemples de positionnement différents pour K212.1 en vue latérale et K212.2 en vue ventrale	148
Figure 72 : Résultats des ANOVAs et tests de Tukey pour l'exploration des allométries en morphométrie classique	149
Figure 73 : Logarithme de la taille isométrique en fonction de la provenance et du sexe. Actuel : regroupe les chiens du MNHN et du Soudan actuel. Ancien : regroupe les chiens de Kerma et d'El-Deir	149
Figure 74 : Visualisation des allométries en morphométrie classique, en considérant (à droite) ou non (à gauche) le sexe	150
Figure 75 : Allométries en morphométrie géométrique	151
Figure 76 : Contributions des différentes mesures à la construction des axes de l'ACP	151
Figure 77 : Visualisation sur les deux premiers axes de l'ACP des conformations et des groupes trouvés par la CAH (k=5) sur les chiens d'El-Deir seulement, en morphométrie classique	152
Figure 78 : Dendrogramme obtenu en morphométrie classique sur les chiens d'El-Deir et partition en 3 et 5 classes	152
Figure 79 : Perte relative d'inertie en fonction du nombre de classes à la CAH en morphométrie classique	153

Figure 80 : Visualisation sur les deux premiers axes de l'ACP des conformations et des groupes trouvés par la CAH (k=5) sur les chiens d'El-Deir, de Kerma et du Soudan actuel, en morphométrie classique.....	154
Figure 81 : Visualisation sur les deux premiers axes de l'ACP des conformations de l'ensemble des individus anciens et actuels étudiés, en morphométrie classique.....	155
Figure 82 : Perte relative d'inertie en fonction du nombre de classes à la CAH en morphométrie géométrique	156
Figure 83 : Dendrogramme obtenu sur les chiens d'El-Deir et partition en 5 classes	156
Figure 84 : Visualisation de la partition des chiens d'El-Deir, de Kerma et du Soudan actuel en 6 classes lors de la CAH menée sur les conformations, en morphométrie géométrique..	157
Figure 85 : Comparaison des conformations des chiens de Kerma avec les chiens d'El-Deir et du Soudan actuel. Déformations amplifiées deux fois	157
Figure 86 : Visualisation des morphotypes de la population d'El-Deir	160
Figure 87 : Vues dorsales et latérales d'un paria de Kerma (K233/1, à gauche) et d'un possible paria d'El-Deir (N22-c1, 1 groupe3, à droite).....	161
Figure 88 : Résultats de la MANCOVA sur les conformations en fonction du sexe, en morphométrie classique et en morphométrie géométrique	163
Figure 89 : Boxplots des variables discriminantes en morphométrie classique.....	164
Figure 90 : Boxplots des variables discriminantes en morphométrie géométrique.....	165
Figure 91 : Régions discriminantes d'après la morphométrie géométrique.....	167
Figure 92 : Visualisation sur les deux premières composantes de l'ACP de la diagnose du sexe grâce à la méthode des proches voisins.....	168
Figure 93 : Sexes et groupes issus de la CAH en morphométrie classique (à gauche) et en morphométrie géométrique (à droite) à partir : A : du critère sur la crête sagittale ; B : de la méthode des KNN	173

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I : Description des dents chez le chien	39
Tableau II : Age de soudure des sutures crâniennes chez le chien (BARONE, 2010).....	44
Tableau III : Détermination de l'âge à partir des dents (HILLSON, 2005)	45
Tableau IV : Fréquence des dents surnuméraires chez le chien (d'après COLYER, 1990)...	54
Tableau V : Les différentes méthodes d'observation du crâne	56
Tableau VI : Taxinomie, caractères et témoignages historiques des canidés de l'Égypte ancienne. Réalisé d'après les données de OSBORN et OSBORNOVA (1998), OSBORN et HELMY (1980) et HOATH (2009)	67
Tableau VII : Liste des mesures retenues sur l'ensemble des spécimens (von den DRIESCH, 1976).....	120
Tableau VIII : Tableau des effectifs des individus participant à la morphométrie classique	121
Tableau IX : Tableau des effectifs des individus participant à la morphométrie géométrique et à l'étude des caractères qualitatifs.....	121
Tableau X : Obtention des taux de répétabilité et taux d'erreur pour le test de répétabilité	125
Tableau XI : Méthodes de classification supervisée utilisées et leurs caractéristiques.	132
Tableau XII : Ages des individus d'El-Deir sélectionnés pour l'étude à partir de l'état des sutures crâniennes	136
Tableau XIII : Particularités dentaires relevées chez les chiens étudiés (NR=Non Reporté)	139
Tableau XIV : Dents absentes chez les chiens d'El-Deir	140
Tableau XV : Pourcentages de répétabilité ou d'erreur liés au positionnement des landmarks, à la prise de photo et à la latéralisation	146
Tableau XVI : Résultats des MANCOVA pour les tests de répétabilité : Pr(>F), p-values	146
Tableau XVII : Caractérisation des groupes de chiens d'El-Deir après CAH (k=5) en morphométrie classique. Les mesures sont données en millimètres	153
Tableau XVIII : Table de contingence des résultats du clustering en 5 groupes en morphométrie classique et en morphométrie géométrique	159

Tableau XIX : Effectifs des différents groupes trouvés lors du clusterings (k=5) en morphométrie géométrique	163
Tableau XX : Résultats des ANOVAs calculées sur les variables de conformations (mesures transformées selon la méthode des log-shape ratios) en morphométrie classique et vérification des conditions d'application de l'ANOVA.....	164
Tableau XXI : Résultat des tests préalables à l'utilisation des techniques statistiques supervisées en morphométrie classique	166
Tableau XXII : Résultats des ANOVAs calculées sur les variables de conformations (coordonnées procrustes des 90 landmarks) en morphométrie géométrique et vérification des conditions d'application de l'ANOVA	166
Tableau XXIII : Résultats des tests préalables à l'utilisation des techniques statistiques supervisées en morphométrie classique	167
Tableau XXIV : Résultats des tests supervisés en Morphométrie classique	170
Tableau XXV : Résultats des tests supervisés en Morphométrie géométrique.....	171
Tableau XXVI : Validation croisée sur l'ensemble des chiens de sexe connu en prenant en compte les résultats de la méthode des proches voisins en morphométrie classique et l'aspect de la crête sagittale	172
Tableau XXVII : Confrontation des méthodes individuellement les plus performantes pour la diagnose du sexe : en haut- comptage sur les chiens d'El-Deir ; en bas- estimation des mal-classés.....	172

LISTE DES ABREVIATIONS

ANOVA : Analyse de la variance

ACP : Analyse en Composantes Principales

AC : After Christ (utilisé pour indiquer les années suivant la naissance de Jésus-Christ)

AD : Anno domini (utilisé pour indiquer les années suivant la naissance de Jésus-Christ)

AD : Analyse(s) Discriminate(s)

BC : Before Christ (utilisé pour indiquer les années précédant la naissance de Jésus-Christ)

BP : BP (pour « before present ») est une locution utilisée pour désigner les âges exprimés en nombre d'années comptées vers le passé à partir de l'année 1950 du calendrier grégorien.

CAH : Clustering Ascendant Hiérarchique

I : Incisive

M : Molaire

MANOVA : Analyse multivariée de la variance

MANCOVA : Analyse multivariée de la covariance

Ma : millions d'années

MC : Morphométrie classique

MG : Morphométrie géométrique

P : Prémolaire



Se : Sensibilité

Sp : Spécificité

INTRODUCTION

Riches d'enseignements pour comprendre les cultures du passé mais aussi pour appréhender l'évolution des paysages au cours du temps, les relations Homme-animal dans les sociétés anciennes sont un sujet de fascination pour le grand public. Parmi elles, celles impliquant le chien, le « meilleur ami de l'Homme », sont parmi les plus populaires. Ceci s'explique sans doute par le fait que le chien est notre plus ancien compagnon, puisqu'il est présent dans les sociétés humaines depuis la fin du Paléolithique supérieur, donc au moins 15 000 ans BP¹ (VIGNE, 2004). Peu d'animaux entretiennent un lien aussi étroit avec l'humain. Un lien si étroit que, sans l'Homme, le chien n'existerait pas, puisqu'il est par essence domestique. Il jouit ainsi sûrement depuis l'origine d'un statut particulier : c'est aussi bien un allié précieux pour la chasse ou la gestion des troupeaux, qu'un compagnon dans la vie quotidienne et dans la mort².

Un excellent exemple de ce partenariat privilégié est celui de l'Égypte ancienne, où parmi tous les animaux retrouvés en contexte archéologique, le chien fait partie des espèces les plus représentées (HARTLEY, 2017). Il est le compagnon des égyptiens depuis les prémices de leur Histoire, les premières attestations datant du cinquième millénaire avant notre ère, si l'on en croit les ossements retrouvés à Merimdé Béni-Salamé en Basse Égypte (5400 à 4500 BC ; von den DRIESCH et BOESSNECK, 1985 ; LESUR-GEBREMARIAM, 2010), Gift el-Qebir (même époque) et Hemamieh (IV^{ème} millénaire ; DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Depuis, l'espèce n'a cessé de gagner du terrain dans le cœur et les préoccupations de ceux qui

les appelaient les « iou » *iw*  ou « iouiou », *iwiw* ³.

Pour comprendre cette relation Homme-animal, il est indispensable de prendre en compte des données à la fois archéologiques, iconographiques, épigraphiques, zoologiques et archéozoologiques (GRANSARD-DESMOND, 2002 et 2003), de façon à adopter une approche la plus interdisciplinaire possible. Si l'Égyptologie, via la philologie et les travaux liés aux textes, a apporté beaucoup de pistes de réflexion sur le statut du chien dans ce contexte chrono-culturel, l'étude archéozoologique est indispensable et complémentaire, bien qu'elle soit encore parfois considérée comme secondaire.

L'archéozoologie s'appuie principalement sur l'étude des restes animaux collectés lors de fouilles de sites archéologiques. Les principales étapes sont la reconnaissance de l'espèce, la détermination de la nature des relations avec le groupe humain auquel l'animal est associé (élevage, commensalisme, chasse...), et la mise en évidence sur l'animal des conséquences

¹ La domestication des bovins, ovins, caprins et porcins s'est faite seulement au Néolithique, soit 10 500 ans BP.

² Il est effectivement présent aux côtés des défunts dès les périodes les plus anciennes, comme en témoignent des ossements de chiens datés de l'Épipaléolithique (environ 12 000 ans BP), retrouvés à Aïn Mallaha et Hayonim (Israël), aux côtés de corps humains dans des tombes de la culture proche-orientale natoufienne (DAVIS et VALLA, 1978).

³ L'onomatopéique de ces termes signifie « se plaindre », ce qui pourrait faire référence à un chien en train de gémir (BOUVIER- CLOSSE, 2002).

biologiques et/ou écologiques de l'intervention humaine (identification des races par exemple ; CHAIX et MENIEL, 1996). Ainsi, l'archéozoologie fait appel aux sciences naturelles et sociales pour comprendre les relations liant l'Homme à l'animal, qu'elles soient économiques (prédation, production), privées (compagnie) ou spirituelles (magie, art, religion ; CHAIX, 2014).

Parmi les restes retrouvés en contexte archéologique, les restes osseux sont les plus fréquents, même si, compte-tenu du climat désertique et aride de l'Égypte, la possibilité de découvrir d'autres restes biologiques en excellent état de conservation est envisageable (peau, organes, poils, etc.). Pour les analyses (archéo)zoologiques, l'élément du squelette le plus riche d'information est le crâne. Cette thèse se concentrera donc sur l'étude du crâne osseux du chien, en particulier du *calvarium*, l'étude de la mandibule pouvant à elle seule faire l'objet d'un autre travail.

La première partie de ce travail, bibliographique, donnera des clefs permettant d'étudier un crâne de canidé retrouvé en Égypte, tout en replaçant l'individu auquel il appartient dans un contexte chrono-culturel particulier, afin de sensibiliser le lecteur aux problématiques intrinsèques à l'égyptozoologie.

Nous insisterons plus particulièrement sur les pratiques des époques tardives (fig 1) afin d'inscrire dans son contexte les recherches menées dans la deuxième partie. Animal sacralisé, le chien a en effet fait l'objet d'une véritable tradition populaire à caractère religieux, de la fin du Nouvel Empire à l'époque romaine. Les chiens étaient élevés près des temples puis mis à morts pour devenir des *ex-voto*, c'est-à-dire des momies vendues aux pèlerins, l'objectif étant d'obtenir en échange des faveurs particulières. Les momies étaient ensuite finalement déplacées et accumulées dans des cimetières dédiés (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

La craniologie sera le pilier central de notre discours, nous en développerons donc les différents aspects, qu'ils soient anatomiques (anatomie normale et pathologique), qu'ils touchent à l'approche technique (les différentes méthodes, directes ou indirectes, invasives ou non pour aborder un crâne, l'intérêt de la métrique et des statistiques). Autour de ce pilier, nous verrons comment s'organisent les connaissances zoologiques à propos des canidés égyptiens (anatomie comparée, phylogénie) et celles concernant le contexte chrono-culturel, et comment le tout forme un réseau indispensable pour comprendre la raison d'être du vestige retrouvé.

La deuxième partie de ce travail, expérimentale, sera une application sur une série de 140 chiens égyptiens momifiés, provenant du site d'El-Deir dans l'oasis de Kharga (désert occidental). Des restes squelettiques de *Canis familiaris* datant de l'époque romaine (400 BC – 400 AD) y ont été mis au jour en grand nombre, dans des tombes humaines datant initialement de l'époque ptolémaïque et réemployées ultérieurement en nécropole animale.

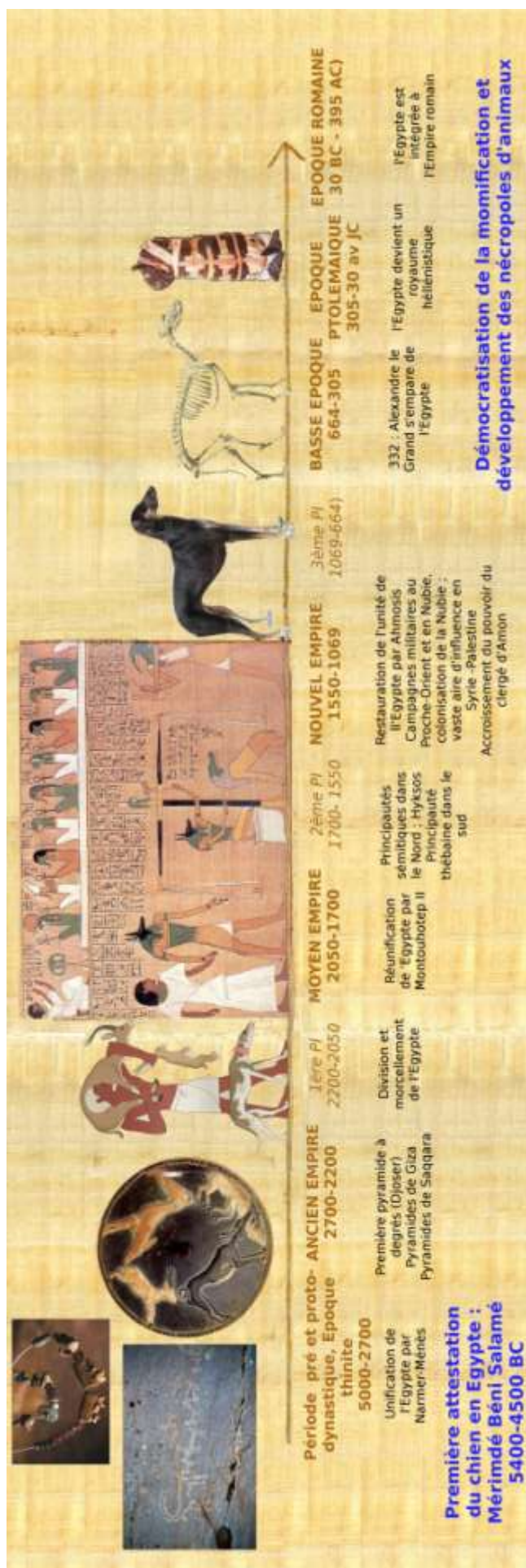


Figure 1 : Chronologie de l'Égypte ancienne, réalisée à partir des dates données par Lilian Postel. Crédits des images :

Scène de chasse dans le désert, représentée sur paroi rocheuse (Figure 7.1 dans Hartley 2017)

Bracelet trouvé sur le bras gauche d'un enfant (3200-300 BC) avec deux sections de mandibule de canidé. Sans doute un rôle protecteur (figure 4.6 dans Hartley 2017)

Egyptien à la chasse avec son chien : <https://i.pinimg.com/originals/3f/68/63/3f6863f951fe282664d6616a8354917a.jpg>

La pesée du cœur, une scène du livre des morts : <https://lelivredesmorts.files.wordpress.com/2013/03/psycho1.jpg>

Sloughi noir : <http://blog.dogfidelity.com/wp-content/uploads/2015/10/sloughi.jpg>

Squelette de lévrier :

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Archives du Museum d%27histoire naturelle de Lyon %281872%29 L%2C3%A9vrier de 1%27Ancienne %2C3%89gypte %28R%C3%B4da%29 white background.png>

Momie de chien, El-Deir, © Letellier-Willemin

Une étude préliminaire menée par Cécile Callou (DUNAND *et al.*, 2005) avait montré que des morphotypes semblaient se distinguer (types mastiffs, lévriers ou parias), mais ce résultat posait la question de la distinction des sexes. Par ailleurs, à l'occasion d'un court stage vétérinaire réalisé en 2015 sous la direction de C. Callou, nous avons observé un certain nombre de particularités dentaires (agénésies, dents surnuméraires, positions atypiques et infections), qu'il paraissait intéressant de quantifier. Ainsi, l'objectif du travail présenté dans cette partie sera de réaliser une étude qualitative et quantitative de ces crânes, en vue de mieux comprendre quelles étaient les conditions de vie de ces chiens et si des choix ont pu s'opérer parmi les individus destinés à devenir des *ex-voto* (âges, morphotypes, sexes). L'abondance des restes trouvés permet en effet de travailler non seulement à une échelle individuelle mais aussi plus globalement, ce qui rendra possible l'utilisation de statistiques et une approche probabiliste. Les chiens d'El-Deir seront comparés aux chiens de Kerma, chiens plus anciens (3000 BP) mais d'une région géographique (ancienne Nubie) avec laquelle l'Égypte a entretenu précocement d'importantes relations commerciales.

Répondre à la question de la détermination du sexe chez le chien s'annonce particulièrement délicat. En effet, le dimorphisme sexuel reste très peu documenté lorsque l'on s'intéresse au crâne du chien domestique. Le contrôle drastique mené par l'Homme sur de petites populations au fil des siècles en est responsable : en accordant plus d'importance à la variabilité de la forme et des proportions du crâne entre les races canines (BARONE, 1976 ; DRAKE et KLINGENBERG, 2010) qu'à une sélection naturelle de caractères sexuels dimorphiques, les différences entre sexes se sont finalement tellement estompées qu'elles en deviennent presque indiscernables. De nombreux travaux scientifiques ont cherché à qualifier et quantifier ces distinctions, portant sur des conformations différentes du basioccipital (THE and TRUTH, 1976 ; TROUTH *et al.* 1977), des canines (LORBER *et al.*, 1979), de la crête sagittale et du processus orbitaire (CROCKFORD, 2006) et des dimensions augmentées pour certaines mesures craniométriques chez les mâles par rapport aux femelles. Toutefois, les articles correspondants font tous appel à des échantillons non comparables entre eux, avec des effectifs plutôt faibles et les races varient entre les études. Une étude réalisée en master 1 (BRASSARD, 2016) a montré que les mâles avaient le plus souvent des mesures linéaires plus grandes que les femelles. Cependant, la diversité de l'espèce ne permet pas de séparer mâles et femelles en fonction de leur seule taille, au risque de confondre des femelles de grandes races avec des mâles de petites races.

Le présent travail poursuivra celui déjà entrepris en testant des approches multivariées, mettant en parallèle morphométrie classique et géométrique. Des méthodes d'analyses discriminantes seront testées sur un référentiel constitué de chiens de sexes et morphotypes connus, actuels (collection de F. Petter, MNHN ; chiens du Soudan actuel, Muséum de Genève) et anciens (site de Kerma, Muséum de Genève). Les critères qualitatifs et quantitatifs de la littérature seront également testés. Enfin, nous traiterons les pathologies ou particularités anatomiques éventuelles, susceptibles de fournir des indications quant aux conditions de vie ou aux causes de la mort des chiens d'El-Deir.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.

**Le chien en Egypte ancienne :
approche archéozoologique et apports de la craniologie.**

Aux côtés des quatre espèces de canidés sauvages que l'on trouve en Egypte (le renard roux, le renard famélique, le fennec et le chacal), le chien *Canis familiaris* (Linné, 1758) est le plus représenté sur le territoire et le plus ancien compagnon de l'Homme. Du fait d'un statut privilégié de son vivant mais aussi dans l'au-delà, il est massivement retrouvé en contexte archéologique.

L'objectif de cette partie sera double. Il s'agira bien sûr de donner des clefs permettant d'aborder un crâne de canidé retrouvé en contexte archéologique en Egypte, mais aussi de cerner les enjeux de l'étude du chien en Egypte ancienne, en tenant compte des pratiques culturelles.

1. Aspects généraux de la craniologie chez le chien

Le terme « craniologie » désigne ici l'étude des caractères crâniens établis au cours des différentes étapes du développement et de la vie du chien et chez les différents morphotypes ou « races » (par analogie avec la définition de la craniologie chez l'Homme donnée par PEREZ, 1922). Plus généralement, c'est l'étude de la forme du crâne, comme en témoigne l'origine grecque du terme (λόγος, logos désigne « étude », et κρανίον, kraníon désigne « crâne »). Il s'agit donc d'une science foncièrement pluridisciplinaire, qui nécessite des connaissances en anatomie normale mais aussi pathologique. S'intéresser à la forme du crâne peut donner des informations précieuses à l'archéozoologue, comme l'âge, le sexe, l'espèce voire le morphotype, et l'état sanitaire de l'animal.

L'étude du crâne en tant que telle pourra conduire l'archéozoologue à avoir recours à des méthodes d'imagerie lorsque le crâne n'est pas directement accessible, ou à des méthodes métriques en complément de la simple observation visuelle.

Nous nous proposons dans ce préambule de donner les principaux éléments anatomiques nécessaires à l'étude du crâne du chien, et les outils disponibles pour mener une étude qualitative ou quantitative de la morphologie. Le discours tiendra compte des contraintes inhérentes à l'étude des vestiges de l'Egypte ancienne.

1.1. Points de repères ostéologiques et dentaires « normaux »

Dans un premier temps, nous concentrerons notre discours sur l'anatomie normale, c'est-à-dire sans pathologie.

1.1.1. Eléments d'orientation du crâne et des dents

Le squelette de la tête est constitué de deux massifs. Le massif dorsal, massif crânio-facial ou *calvarium*, est constitué d'un assemblage d'os plats⁴ (fig 3-4-5). Il porte les cavités cérébrales et nasales, et les deux hémi-mâchoires supérieures, portées par les os incisifs et

⁴ Os sans cavité médullaire, plus longs et larges qu'épais.

maxillaires, sur lesquels les dents sont disposées selon deux arcades symétriques. Le massif ventral, constitué des deux héli-mandibules formant la mâchoire inférieure, est mobile et vient s'articuler sur le massif dorsal grâce à l'articulation temporo-mandibulaire. Mâchoires supérieure et inférieure délimitent la cavité buccale. Dans le cadre de ce travail, seul le massif dorsal nous intéressera.

Pour décrire le crâne dans son ensemble⁵ il convient de savoir l'orienter et donc de connaître la nomenclature. Trois plans participent à l'orientation (NIEMIECK, 2013 ; fig 2) :

- le plan frontal permet de séparer ce qui est « dorsal » de ce qui est « ventral » ;
- le plan transversal permet de séparer ce qui est antérieur (dit « rostral ») et ce qui est postérieur (dit « caudal ») ;
- le plan médian ou sagittal divise le crâne en deux parties symétriques, le côté gauche et le côté droit. Est « médial » ce qui est proche du plan médian et « latéral » ce qui est plus proche de la périphérie ;
- tout plan passant parallèlement au plan sagittal est qualifié de « parasagittal ».

Les dents sont des organes blanchâtres constituées d'une racine enchâssée dans l'os (l'extrémité est appelée « apex ») et d'une couronne en contact avec l'arcade mandibulaire correspondante (c'est la face « occlusale »). Nous utiliserons le terme « lingual » pour désigner ce qui se trouve du côté de la langue, le terme de « vestibulaire » ou de « labial » pour désigner ce qui est situé vers les joues, le terme de « mésial » pour désigner ce qui est en avant de la dent (en direction de l'ouverture de la gueule du chien) et enfin le terme de « distal » pour désigner ce qui est en arrière de la dent.

La dent possède quelques reliefs particuliers chez le chien, qui permettent de l'orienter : la couronne porte un lobe médian très développé et deux tubercules (le mésial étant le plus fort). La face vestibulaire est convexe dans le sens de la longueur et présente de fines stries. Elle porte deux petits tubercules de chaque côté du lobe médian. La face linguale est concave. Au niveau de leur face linguale, les dents ont un élément transversal formant un étranglement entre le collet et la couronne : le *cingulum*. Il existe également des reliefs particuliers à chaque dent : ainsi, les incisives présentent une cannelure appelée sillon qui est plus proche de la face mésiale.

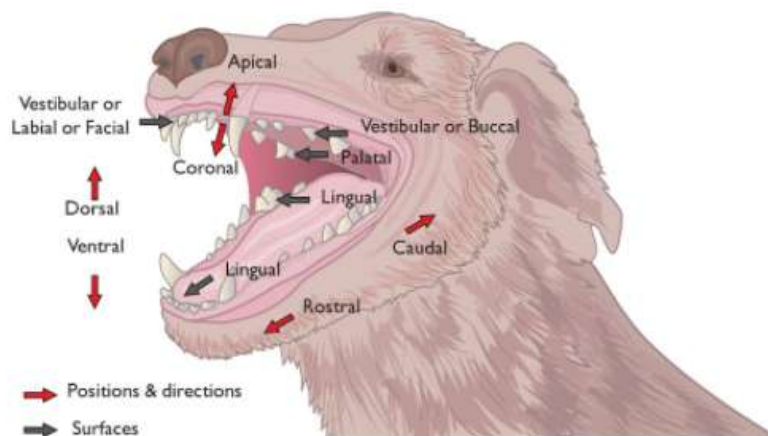


Figure 2 : Orientations anatomiques sur la tête du chien (NIEMIECK, 2013).

⁵ Nous ne décrivons pas dans ce travail précisément les différents os du crâne, et nous renvoyons pour cela le lecteur au livre de BARONE (2010) sur l'ostéologie comparée des Mammifères domestiques.

1.1.2. Description de la forme du crâne et des dents

1.1.2.1. Description générale

Chez le chien, la tête est caractérisée par un développement plus ou moins important de la face, la crête sagittale est fortement marquée et donne caudalement sur une protubérance occipitale externe élevée se prolongeant par une crête nuchale saillante, les arcades zygomatiques sont très incurvées vers l'extérieur, les fosses temporales sont bien marquées, la bulle tympanique est grosse et sphéroïde, la fosse temporale est très vaste, l'orbite est circulaire et dépourvue de paroi ventrale et latérale, le foramen supra-orbitaire s'ouvre en regard de la 3^{ème} prémolaire, le *foramen magnum* est entouré de deux condyles occipitaux fortement divergents dorsalement, les volutes de l'ethmoïde sont très développés (BARONE, 2010).

Les dents du chien sont brachyodontes ou radiculées : la couronne est petite par rapport à la racine et elles ont une poussée rapide et limitée, ce qui rend l'usure facile (HASCOËT, 2015). Leur racine étroite est séparée de la couronne plus large par une zone de jonction plus ou moins boursouflée : le collet. Comme chez tous les carnivores actuels, l'éruption des dents est rapide et le chien est hétérodonte (fig 3). Les carnivores ont en général des incisives petites, des canines très développées en un croc puissant et pointu, qui donne son nom à l'espèce, et des prémolaires et molaires tuberculeuses tranchantes (BARONE, 2010 ; HASCOËT, 2015). Les dernières molaires sont de type broyeur (BARONE, 2010 ; BUDRAS *et al.*, 2007). La forme des incisives en fleur de lys décrite dans les ouvrages est souvent peu observable. De plus, comme chez la plupart des canidés, la denture est presque complète (42 dents) puisque seule la dernière molaire supérieure a disparu. Les « carnassières » désignent les dents les plus puissantes et les plus développées, c'est-à-dire la quatrième prémolaire supérieure et la première molaire inférieure (formule : P⁴/M₃). Elles s'articulent entre elles comme les lames d'une paire de ciseaux (BARONE, 2010 ; HASCOËT, 2015).

La formule dentaire simplifiée⁶:

$$\begin{array}{l} \text{Dentition déciduale :} \quad \dot{i} \frac{3}{3} \quad c \frac{1}{1} \quad p \frac{3}{3} \quad (28 \text{ dents de lait}) \\ \text{Dentition permanente :} \quad I \frac{3}{3} \quad C \frac{1}{1} \quad P \frac{4}{4} \quad M \frac{2}{3} \quad (42 \text{ dents définitives}) \end{array}$$

⁶ Elle indique le nombre de chaque type de dents (incisive, canine, prémolaire, molaire) portées par demi mâchoire. Dans la nomenclature anatomique, les dents de lait sont représentées par des lettres minuscules et les dents permanentes par des lettres majuscules.

1.1.2.2.Des fonctions communes aux carnivores et aux canidés : impact sur la forme du crâne et des dents

Le crâne des mammifères domestiques montre de nombreuses variations spécifiques, en particulier celles en relation avec le régime alimentaire (morphologie des mâchoires, denture, aspect des surfaces articulaires temporo-mandibulaires et mouvements permis). Cela s'explique par le fait que la tête osseuse forme une charpente sur laquelle reposent les muscles, les vaisseaux, les nerfs, les dents et la peau et qui protège des viscères (cerveau, langue). Ce massif osseux complexe peut être divisé en deux parties fondamentales : caudalement le crâne (*cranium*), qui protège le système nerveux central et les organes des sens, et rostralement la face (*facies*) qui contient les parties initiales des voies respiratoires et digestives (BARONE, 2010).

Le crâne est en permanence sollicité et doit à chaque instant s'adapter aux efforts auxquels il est soumis au sein du squelette : le poids, les tractions exercées par les muscles et les ligaments contribuent à sa forme définitive. La forme générale du crâne est ainsi définie par des reliefs articulaires ou non (reliefs d'insertion musculaires notamment), en dépression ou saillants. Les muscles s'insérant sur le crâne laissent des marques visibles sur l'os. Ces muscles interviennent dans la mobilisation des différents organes sensoriels, ou sont impliqués dans les phases initiales du processus de la digestion (la prise de nourriture, la mastication et la déglutition). L'objectif n'est pas ici de détailler précisément toute la myologie de la région de la tête mais de référencer les muscles s'insérant directement sur le massif crânio-facial et donc susceptibles d'engendrer des reliefs d'insertion, participant à la forme de du crâne. Les figures 3-4-5 permettent de situer quelques uns des principaux muscles s'insérant sur le crâne ainsi que leur fonction. L'inventaire complet des muscles, de leur insertion et de leur fonction est donné en annexe 1. Chez les carnivores, la mastication est frustrée. L'objectif est de sectionner grossièrement la viande en morceaux peu volumineux et faciles à déglutir. Le mouvement des mâchoires aura donc pour but de couper et sera principalement un mouvement d'abaissement/ relevé. Le muscle temporal est très volumineux et déborde des fosses temporales. Les éléments osseux sur lesquels le muscle temporal s'attache sont alors très marqués (en particulier la fosse temporale est profonde et la crête sagittale très élevée). Les autres muscles releveurs sont moins développés. Ainsi, la fosse massétérique est peu étendue et la crête faciale peu marquée.

De part la congruence des mâchoires supérieures et inférieures (fig 3), les dents jouent un rôle passif⁷ dans la mastication (préhension, broyage et découpage des aliments) et ont aussi un rôle d'attaque et de défense. Pour répondre au régime alimentaire, il existe aussi une spécialisation des dents. Le chien est ainsi hétérodonte, c'est-à-dire qu'il possède différents types de dents, différant par leur morphologie et donc leur fonction (fig 3, fig 5, tab I) : il y a des dents simples ou labiales (les incisives et les canines) mais aussi des dents composées ou jugales (prémolaires et molaires). Les incisives ont une fonction de préhension, de décharnement des os (LIGNEREUX *et al.*, 1991) et les dents suivantes ont une fonction digestive : les canines permettent la préhension des proies et le découpage des tissus mous, les carnassières sont un dispositif d'écrasement des os. Cette denture plutôt mixte permet une

⁷ Seuls les muscles et la langue jouent un rôle actif dans la digestion au niveau de la tête.

alimentation mixte (omnivore à tendance carnivore⁸). Le processus majeur de la digestion étant chimique chez les carnivores, la mastication est très sommaire et ne permet qu'une réduction de la taille des fragments pour les rendre compatibles avec la déglutition. Les dents jugales sont par conséquent peu sollicitées, elles ont donc une complexité minimale. Comme chez tous les carnivores, les mouvements masticateurs sont surtout des mouvements d'abaissement qui permettent le cisaillement des aliments. En conséquence, les dents sont quasiment toutes sécodontes (les dents sont taillées de telle manière à jouer le rôle de lames de ciseau) avec des arêtes cuspidées saillantes. Mais comme le chien se comporte de plus en plus comme un omnivore, ses deux dernières molaires ne sont pas sécodontes mais bunodontes (apparence mamelonnée, avec des sillons et des cuspidées acérées). La forme des dents permet de les identifier.

Tableau I : Description des dents chez le chien

Type de dent	Dent		Nombre de racines	Caractéristiques
Incisives	I1 : pince	Sécodonte	1	En fleur de lys
	I2 : mitoyenne	Sécodonte	1	
	I3 : coin	Sécodonte	1	
Canines		Sécodonte	1	Croc pointu
Prémolaires	P1	Sécodonte	1	Petite, similaire à une dent de lait persistante
	P2	Sécodonte	2	Complexification progressive, augmentation de la taille
	P3	Sécodonte	2	
	P4 : carnassière	Sécodonte	2	
Molaires	M1	Bunodonte	3	
	M2	Bunodonte	3	

⁸ Bien que phylogénétiquement dans le groupe des carnivores, le chien a acquis la capacité à digérer l'amidon comme en atteste une étude sur le nombre de copies du gène amy-2B codant pour l'alpha amylase 2B chez 138 chiens et 35 loups autour de la transition néolithique (apparition de l'agriculture) (FRANTZ et al., 2016). Il est donc capable de varier son alimentation en consommant des céréales.

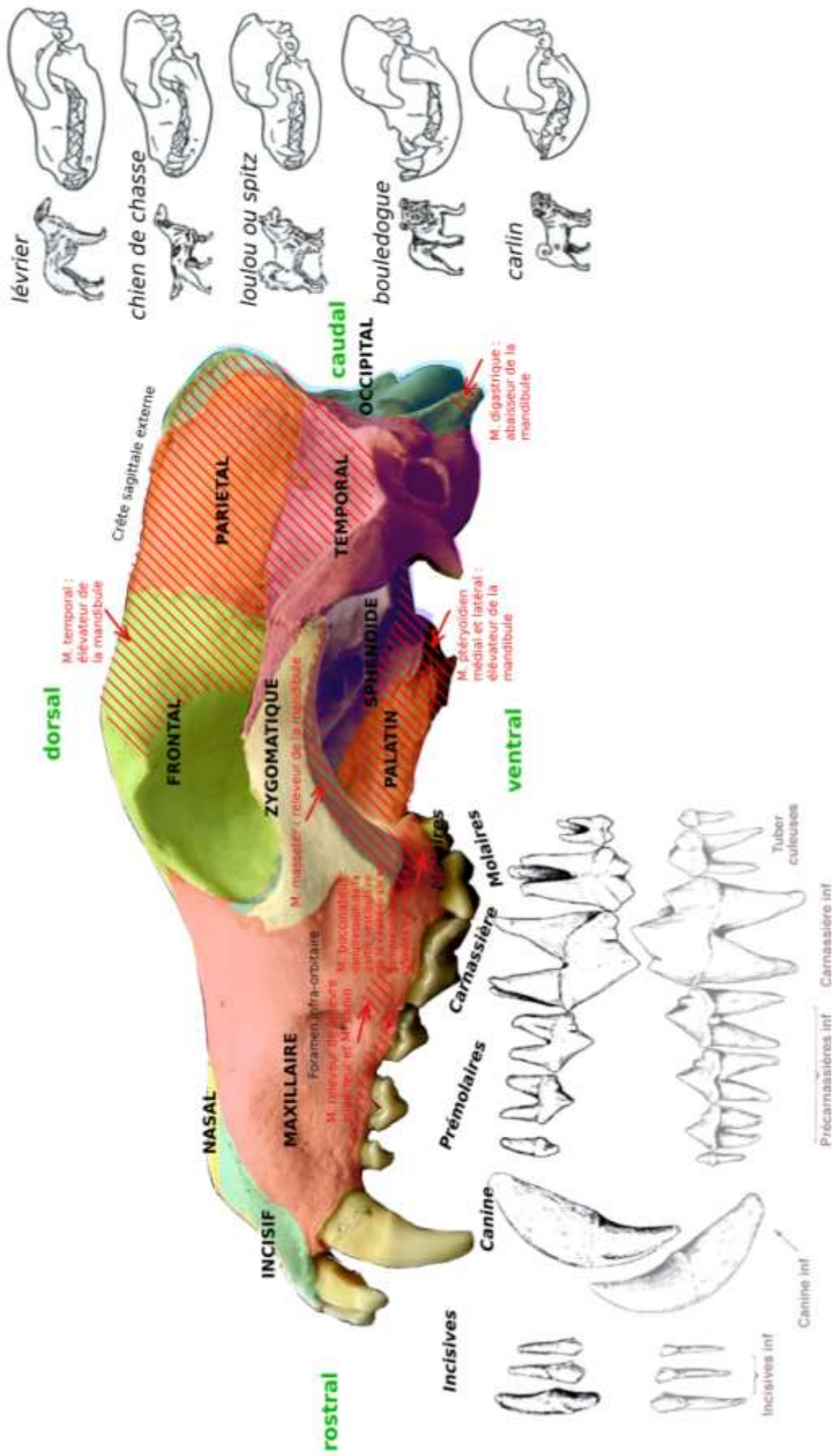


Figure 3 : Repères ostéologiques sur le crâne d'un chien. Vue latérale gauche. Les insertions musculaires sont indiquées par les hachures rouges. D'après BARONE, 2010 ; NEAULT 2003 ; <http://www.vetopsy.fr/anatomie/dents/images/dentiion-chien.gif>

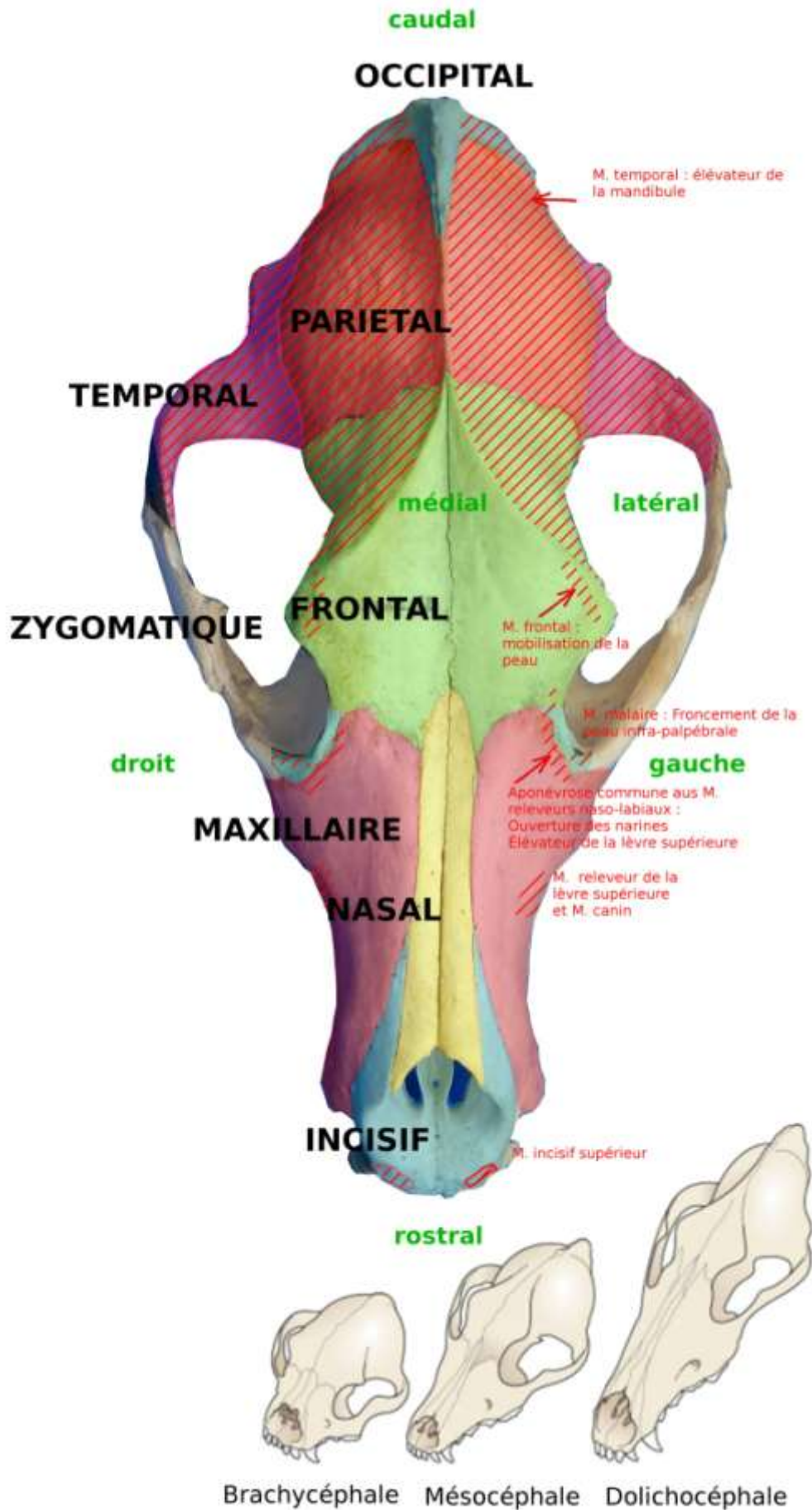


Figure 4: Repères anatomiques du crâne en vue dorsale. Les insertions musculaires sont indiquées en hachures rouges. D'après BARONE, 2010 et NIEMIECK, 2013.

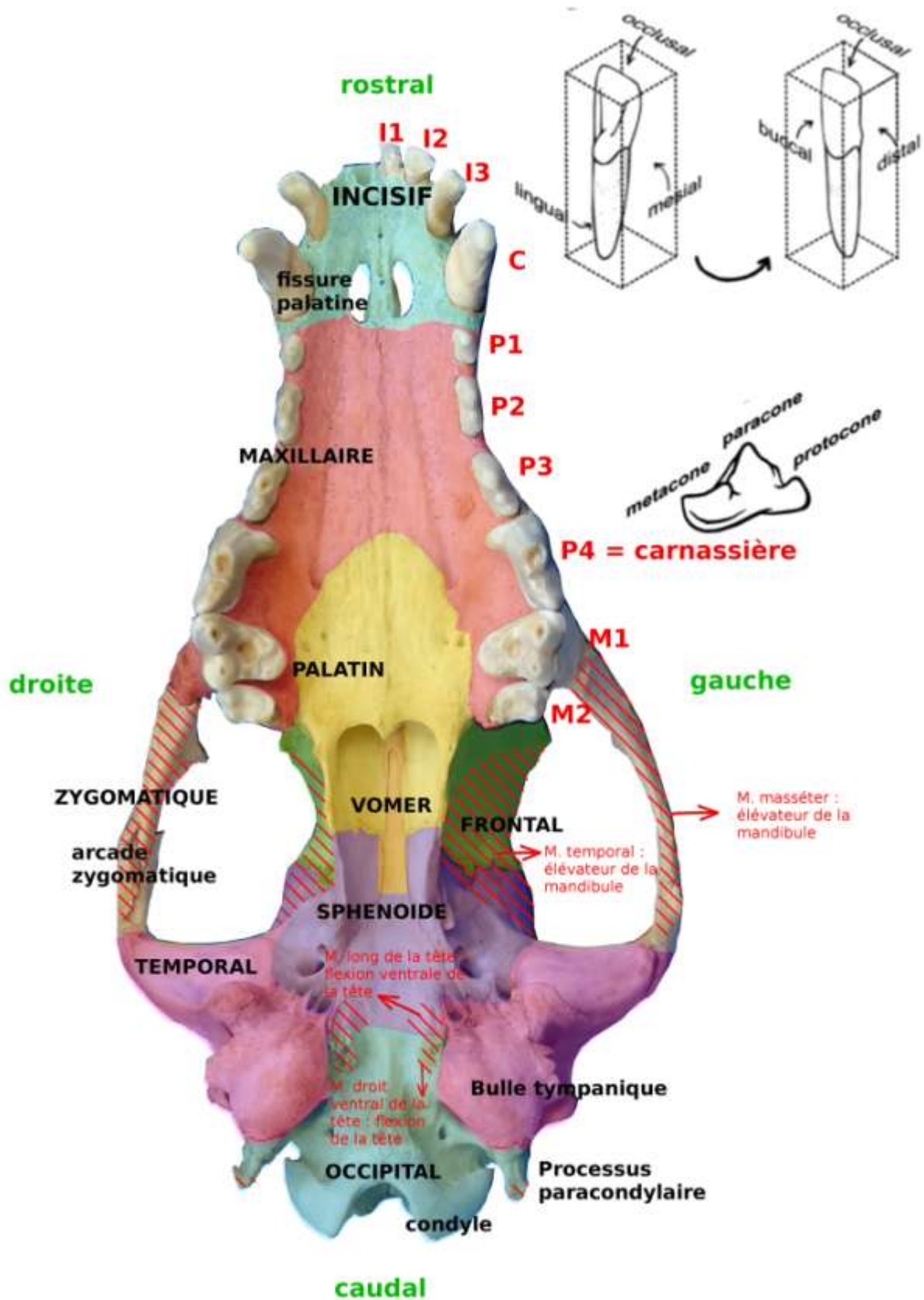


Figure 5 : Repères anatomiques du crâne en vue ventrale. Les insertions musculaires sont indiquées en hachures rouges. D'après BARONE, 2010 et HILLSON, 1986.

1.1.2.3. Facteurs de variation intraspécifique de la forme

1.1.2.3.1. Impact du morphotype

S'ajoute à ces variations inter-spécifiques une forte variation intra-spécifique chez le chien, puisque les variations au sein de cette espèce sont même plus importantes que celles existant entre les autres canidés qui lui ressemblent (chacal, loup, coyote) (NEAULT, 2003).

Ainsi, la tête a une forme très variable selon les races (fig 3). Le *cranium* est moins sujet aux variations que le massif facial : si la face est généralement longue, elle est très variable en fonction des races et peut être courte chez certaines, ce qui est acquis secondairement (BARONE, 2010). Les chiens peuvent ainsi être classés en trois morphotypes (fig 4) :

- Les **dolichocéphales** : tête étroite et allongée, plus de deux fois longue que large, face beaucoup plus longue que le crâne, sinus frontal généralement très développé, crête sagittale particulièrement saillante et allongée, museau allongé et étroit, orbites moins avancés (HASCOËT, 2015). Il s'agit par exemple des lévriers ;
- Les **brachycéphales** : tête brève et large, face beaucoup plus courte que le crâne, sinus frontal généralement réduit et crâne plutôt globuleux, crête sagittale pouvant s'effacer complètement (les lignes temporales restent à distance l'une de l'autre), *planum* pariétal tendant à rejoindre la protubérance occipitale externe, comme si le développement était resté au stade du juvénile (BARONE, 2010) et changements de position du palais par rapport à la base du crâne (SCHOENEBECK et OSTRANDER, 2013). Il s'agit par exemple des pékinois et bouledogues ;
- Les **mésocéphales**, intermédiaires des dolichocéphales et brachycéphales.

Une autre classification peut être utilisée, celle de Pierre MEGNIN (1897-1900), qui a classé les chiens en quatre morphotypes :

- Les **lupoïdes** : tête pyramidale, à peine concave, au museau allongé. Il s'agit par exemple des chiens nordiques, chiens de bergers, chow-chow, terriers et spitz ;
- Les **braccoïdes** : tête prismatique, concave, au museau aussi large à l'extrémité qu'à la base, séparé du front par un stop bien marqué. Il s'agit par exemple des braques, setters, retrievers, épagneuls, cockers, barbets, griffons, bassets, caniches ;
- Les **molossoïdes** : tête massive et arrondie, profil concave ou subconcave avec stop atténué. Il s'agit par exemple des saint-bernards, bouledogues, carlins, mâtins, terre-neuves, saint-bernards, dogues, boxers ;
- Les **graiïdes** : tête en cône allongé, étroit, à profil rectiligne ou légèrement convexe, au museau long et mince en ligne droite avec le front et sans cassure fronto-nasale. Il s'agit par exemple des lévriers, sloughis, petits lévriers d'Italie.

Le morphotype conditionne la forme des mâchoires et la position des dents sur les arcades dentaires. Ainsi, chez les chiens brachycéphales, le diastème physiologique entre la canine et la première prémolaire est moins net chez les brachycéphales du fait du manque de place. Première et deuxième molaires sont portées par le tubercule musculaire et leurs racines sont incomplètement protégées par les alvéoles ; la perte de ces deux dents s'en trouve donc

facilité. Or elles ont une valeur fonctionnelle relativement faible chez les brachycéphales (LIGNEREUX, 1991). Les carnassières et molaires supérieures s'éloignent du palais médian du fait du raccourcissement et de l'élargissement de la face. De plus, le morphotype peut avoir un effet sur l'occlusion, c'est-à-dire l'affrontement des deux arcades dentaires. Ainsi, chez de nombreux chiens à face courte la mâchoire inférieure dépasse rostralement la mâchoire supérieure et tend à se recourber rostralement sur elle. A l'opposé de cette brachygnathie supérieure, chez d'autres races il existe une brachygnathie inférieure, par exemple chez le basset (BARONE, 2010). L'occlusion dépend bien sûr aussi des irrégularités morphologiques qui ont un impact sur la denture.

D'autres éléments varient en fonction de la race, comme la forme du *foramen magnum* (BARONE, 2010), la forme du neurocrâne qui rappelle l'hydrocéphalie chez de nombreuses petites races et l'angulation entre la base du crâne et le palais dur. Ainsi, le museau du bull-terrier pointe vers le bas, à l'opposé de l'angulation observée pour le rostre du boxer ou du bullmastiff (SCHOENEBECK et OSTRANDER, 2013).

1.1.2.3.2. Impact de l'âge

La forme de la tête change également avec l'âge de l'animal.

A la naissance, les os de la tête ne sont pas en contact, ils sont unis par des membranes fibreuses. Un espace est donc visible : il s'agit de la grande fontanelle, située entre les os frontaux et pariétaux. Ceci permet une certaine plasticité : la boîte crânienne ne se ferme pas tant que l'encéphale ne s'est pas entièrement développé⁹. Une fois ceci fait, les os entrent en contact et les syndesmoses s'ossifient progressivement¹⁰, donnant des synostoses que l'on appelle les sutures. La boîte crânienne se ferme alors. L'âge de soudure des différents os étant connu (tab II), il est possible d'estimer l'âge des chiens.

Tableau II : Age de soudure des sutures crâniennes chez le chien (BARONE, 2010)

OS	Centres d'ossification se soudant	Âge au moment de la soudure
OCCIPITAL	Exoccipital - basioccipital	2.5 – 3 mois
	Exoccipital - écaille	3 – 4 mois
	Interpariétal - écaille	Avant la naissance
SPHENOÏDE	Corps et ailes du présphénoïde	Avant la naissance
	Corps et ailes du basisphénoïde	36 - 48 mois
	Basisphénoïde - présphénoïde	1 – 2 ans
	Suture sphéno-basilaire	8 – 10 mois
PARIÉTAUX	Suture interpariétale	2 – 3 ans
FRONTAUX	Suture interfrontale	3 – 4 ans
TEMPORAL	Pétreux - tympanique	?
	Pétreux - squamosal	2 – 3 ans
MAXILLAIRES	Centres épiphysaires	Avant la naissance

⁹ Cette souplesse et cette déformabilité permettent à la tête de s'adapter aux diverses contraintes et tensions à laquelle elle est soumise toute la vie de l'individu (tensions musculaires, tensions exercées par les méninges, mouvements de l'encéphale dûs aux fluctuations du liquide céphalo-rachidien, mouvements des mâchoires, etc).

¹⁰ Au contraire des deux héli-mandibules.

A la naissance, le crâne est globuleux, la face est très courte et les crêtes comme la crête sagittale sont quasiment absentes, puis la morphologie adulte s'installe progressivement dans les semaines voire les mois qui suivent. L'évolution de la face est fortement déterminée par l'évolution des dents, donc plus tardive puisque l'éruption des dents définitives s'achève vers l'âge de sept mois (BARONE, 2010).

Un autre moyen d'évaluer l'âge d'un chien à partir de son crâne et qui devrait être utilisé conjointement aux sutures, est l'état de la denture (tab III). La dentition est un processus évolutif : c'est l'évolution de la denture (ensemble des dents à un âge donné) au cours du temps. Comme tous les carnivores, le chien est diphodonté puisque deux dentitions se succèdent dans le temps : la dentition lactéale ou déciduale et la dentition permanente, en passant par une phase de dentition mixte, où cohabitent dents de lait et dents définitives (comme c'est le cas pour l'espèce humaine). Il est utile de noter que la présence de molaires indique que l'individu est un adulte puisque ces dents sont uniquement des dents permanentes. Le moment de l'éruption et du remplacement des dents varie en fonction des races et des individus, mais la chronologie est assez stable dans une espèce donnée. Le changement de dentition se fait très tôt, dans les cinq premiers mois chez le chien et la bouche est achevée à sept mois. La denture fournit donc des informations assez limitées pour déterminer l'âge de l'individu.

Tableau III : Détermination de l'âge à partir des dents (HILLSON, 2005)

Stade	Définition : dents émergeant	Age
1	Les dents déciduales, d'abord les incisives et canines, et ensuite les prémolaires	1-2 mois
2	Les incisives permanentes, les 1ères molaires permanentes puis les 1ères prémolaires permanentes	3-5 mois
3	Les 2 ^{ème} molaires, 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} prémolaires permanentes. Eventuellement les canines permanentes	5-6 mois
4	Canines permanentes	6-7 mois

En fonction des auteurs, les dates varient un peu. Le guide actuel du Merck¹¹ donne :

Dents	Déciduales	Permanentés
I1	4-5 semaines	4 mois
I2	4-5 semaines	4 mois ½
I3	3-4 semaines	5 mois
C	3-4 semaines	5-6 mois
P1		4-5 mois
P2	4-6 semaines	5-6 mois
P3	4-6 semaines	5-6 mois
P4	4-6 semaines	5-6 mois
M1		4-5 mois
M2		5-6 mois

¹¹ "Estimation of Age by Examination of the Teeth", by Sofie Muylle, DVM, PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Morphology, Ghent University, <http://www.merckvetmanual.com/digestive-system/dental-development/estimation-of-age-by-examination-of-the-teeth>

La dent est un organe minéralisé vivant : elle naît à partir d'un germe dentaire qui croît, s'use puis meurt. Chez le chien, les dents ayant une croissance limitée, il est possible d'estimer l'âge en fonction de leur usure. Toutefois, celle-ci est aussi liée à des facteurs extrinsèques : le régime alimentaire, qui conditionne les modalités de croissance de la dent (c'est-à-dire le rapport racine/couronne), mais aussi la qualité de l'email, ou le mode de vie (hygiène bucco-dentaire, destruction, mordillement d'objets type cailloux (HASCOËT, 2015).

1.1.2.3.3. Impact du sexe

La seule façon d'être certain du sexe à partir de restes osseux est de trouver l'os pénien (ou *baculum*). Il convient donc d'être prudent : son absence peut indiquer que l'individu est une femelle, mais il peut aussi s'agir d'un mâle dont l'os pénien n'aurait pas été retrouvé au cours de la fouille. L'analyse du sexe en contexte archéologique est donc difficile à partir de ce seul élément (HARTLEY, 2017).

Il existe tout de même quelques indicateurs du sexe au niveau du crâne (fig 6), à considérer conjointement :

- La taille et la robustesse du crâne, les mâles étant généralement plus larges que les femelles ;
- La région triangulaire de la région basioccipitale qui s'étend du basion à une ligne médiane joignant les points les plus médiaux des fissures tympano-occipitales. Chez les mâles, les deux côtés du triangle se rencontrent presque sur la ligne médiane, formant un angle aigu. Chez les femelles, les deux bords du triangle ne se rencontrent jamais, créant un triangle plus largement tronqué. De plus, les reliefs, crêtes et processus du basioccipital, sont typiquement plus petit et plus doux chez la femelle (THE et TROUTH, 1976 ; TROUTH *et al.*, 1977) ;
- La crête sagittale externe : chez le mâle elle est forte et bien définie (CROCKFORD, 2000), du fait de l'attachement des muscles le long de la crête sagittale (CROCKFORD, 2009) ;
- La forme du processus orbitaire : chez la femelle il est très crocheté alors que chez le mâle il y a un gonflement en arrière (CROCKFORD, 2000 ; CROCKFORD 2009) ;
- La longueur des canines : les canines des mâles sont généralement plus grandes que celles des femelles (LORBER *et al.*, 1979 ; DESSE et CHAIX, 1994).

Ces facteurs sont assez discutables (*cf* partie 2 de cette thèse), et sont aussi susceptibles d'être liés à l'âge de l'individu, comme le suggèrent les descriptions des crânes faites par OSBORN et HELMY (1980).

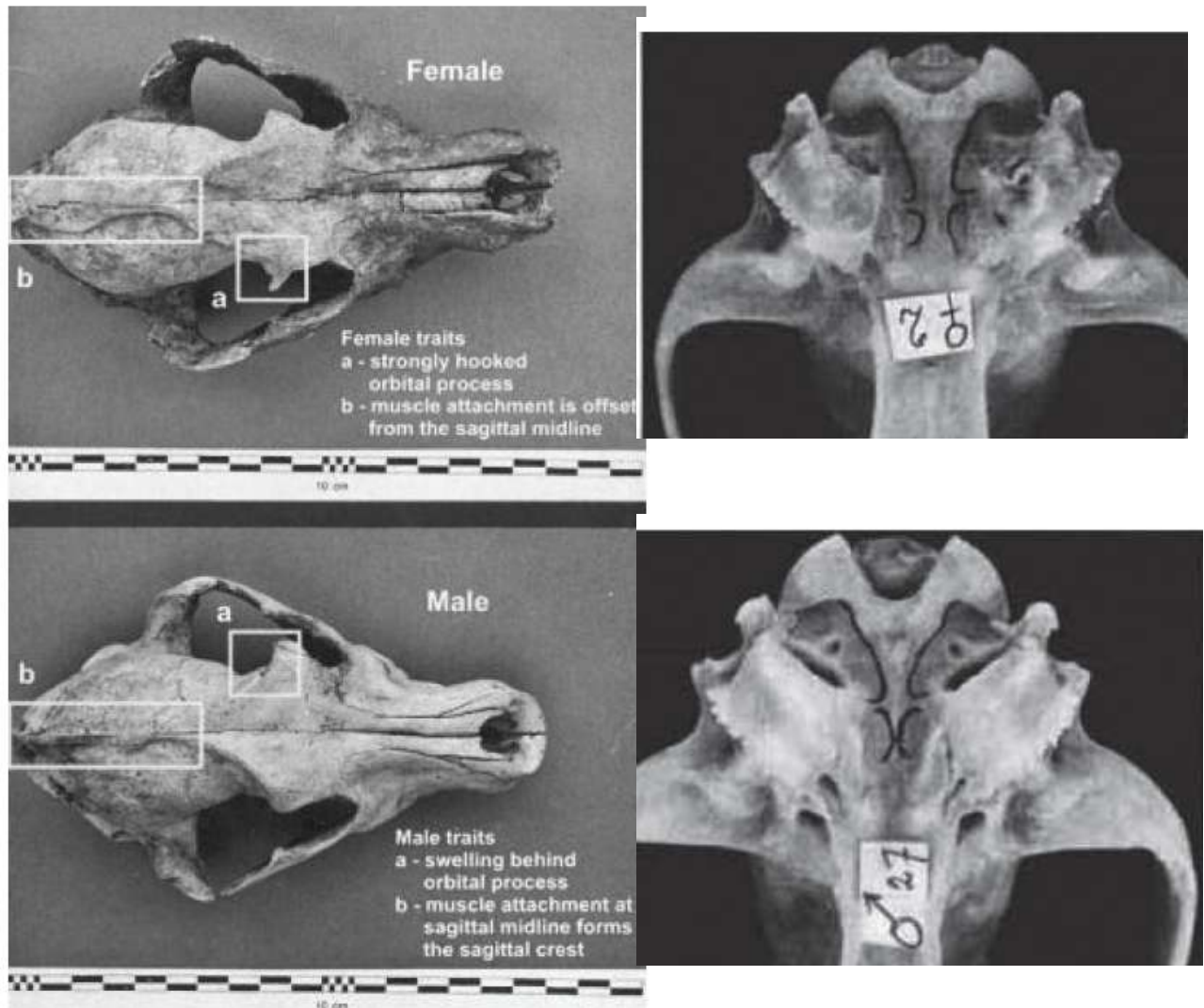


Figure 6 : Différences de la forme du crâne entre mâles et femelles :
 - à gauche : vue dorsale (CROCKFORD, 2009)
 - à droite : aspect de la région basioccipitale (THE et TRUTH, 1976)

1.2. Pathologies et pseudo-pathologies : l'importance de la taphonomie

1.2.1. Définition et applications de la paléopathologie

La paléopathologie ou bio-anthropologie paléopathologique est l'étude des maladies à partir des restes humains et animaux anciens. La paléopathologie animale reste à ce jour un champ disciplinaire encore peu développé (ROMAN-BINOIS, 2012), pour plusieurs raisons : la dissociation des squelettes peut être une cause, de même que le manque de formation « vétérinaire » des archéozoologues, ou l'attrait limité des vétérinaires à une problématique très archéozoologique.

L'intérêt de la paléopathologie peut facilement être démontré. Certaines lésions, et leur taux de prévalence peuvent ainsi être mis en relation avec des utilisations ou des pratiques zootechniques particulières des populations passées. La nature zoonotique¹² de certaines pathologies responsables des lésions observées peut également renseigner sur les maladies sévissant au sein des groupes humains (ROMAN-BINOIS, 2012).

Par exemple, le chien et les canidés sauvages sont des vecteurs de la rage¹³, l'une des zoonoses les plus anciennement connues. Les plus anciens témoignages datent de la Mésopotamie ancienne, au 3^{ème} millénaire avant notre ère¹⁴. La maladie est aussi connue en Egypte ancienne, puisqu'elle est mentionnée dans des textes médico-légaux, suggérant de ce fait qu'elle a dû être un sujet de sérieuses inquiétudes à cette époque (BLAISDELL, 1994 ; JACKSON, 2014).

Les canidés peuvent également être des hôtes de la tuberculose et transmettre *Mycobacterium bovis* à l'Homme. La tuberculose est connue depuis le 8^{ème} millénaire BC en Mésopotamie et dans le Levant (et sûrement depuis le Paléolithique supérieur du fait de l'apparition du chien, un agent de contamination possible). Chez les carnivores, l'incidence de la tuberculose est plutôt faible.

Enfin, les canidés sont des hôtes de zoonoses parasitaires comme les vers, la Leishmaniose, la Babésiose, la maladie de Lyme via des vecteurs aériens comme les phlébotomes, les tiques ou les moustiques, respectivement (nous évoquerons plus précisément ce point dans la partie expérimentale).

Cependant, lors de l'étude du crâne, seules les pathologies présentant des localisations osseuses pourront être décelées, ce qui est responsable d'un biais diagnostique non négligeable :

« En Archéozoologie, la paléopathologie est essentiellement une ostéopathologie, les tissus mous des animaux étant plus rarement conservés encore que ceux de l'homme : peu de rites funéraires conservatoires ont été appliqués aux animaux, hormis le cas spectaculaire des anciens Égyptiens, qui embaumaient toute une série d'espèces domestiques et sauvages (von den DRIESCH et BOESSNECK, 1985) ».

¹² Une zoonose est une maladie transmissible de l'animal à l'Homme.

¹³ La rage est une encéphalomyélite aiguë des humains et des animaux causée par le virus de la rage (un lyssavirus), usuellement transmise par morsure animale.

¹⁴ La déesse du chaos Tiamat était gardée par onze monstres, dont un chien enragé (JACKSON, 2014).

1.2.2. Définition et enjeux de la taphonomie

Les os retrouvés en contexte archéologique résultent d'une action anthropique, qui nous intéresse, mais aussi de phénomènes taphonomiques, c'est-à-dire de phénomènes naturels ou accidentels, intervenus avant et pendant l'enfouissement des vestiges et qui ont pu les modifier profondément (THIEBAUT *et al.*, 2010 ; fig 7). Ils résultent de l'intervention de divers phénomènes (physico-chimiques, biologiques et mécaniques) (CHAIX, 2014) : dissolution, météorisation, solifluxion, cryoturbation, ruissellement, piétinement animal, racines de végétaux, morsure... Ces modifications taphonomiques peuvent être confondues avec des pathologies. Calvin WELLS (1967) regroupe d'ailleurs sous le nom de pseudopathologie « l'ensemble des modifications osseuses d'origine taphonomique mimant les modifications osseuses pathologiques ». Il est donc indispensable, pour éviter ce biais diagnostique, de cerner l'ampleur des modifications taphonomiques lors de toute étude de série archéologique.

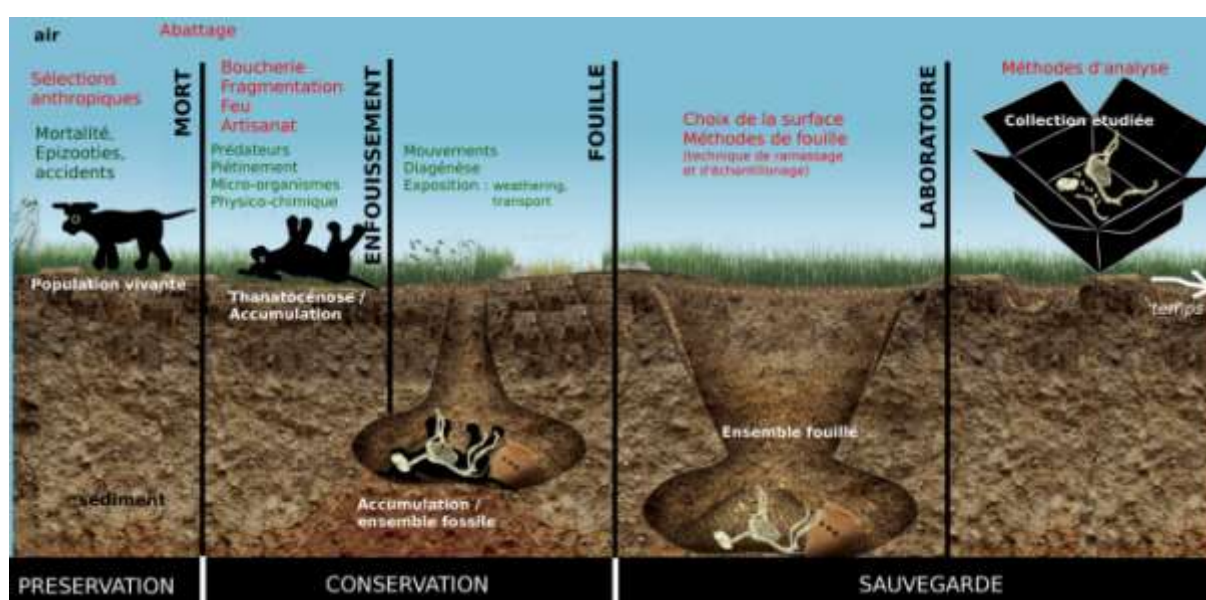


Figure 7 : Les processus taphonomiques, ou les transformations des restes animaux de la biosphère à la lithosphère. A partir de COSTAMAGNO et THERY-PARISOT (2009) et CHAIX (2014). Les paramètres anthropiques sont en rouge et les paramètres naturels en vert.

Les données concernant la taphonomie chez le chien en Egypte ancienne en particulier sont quasiment inexistantes, si ce n'est l'évidence du sable qui use les dents et l'usage de baumes susceptible de noircir les os. Aussi, les pathologies renseignées laissent souvent place au doute : pseudo-pathologies, pathologies ? Pour connaître l'impact de la momification sur les tissus mous et l'os, des essais de momification expérimentale peuvent être entrepris. Ils sont rares dans la littérature (IKRAM, 2015 ; BERRUYER, 2017).

1.2.3. Exemples de pathologies et de modifications taphonomiques susceptibles d'altérer la forme générale du crâne

Des déformations observées au niveau du crâne peuvent être liées à plusieurs causes :

- *Ante-mortem* :

- Hydrocéphalie ;
- Craniosténose : suture prématurée, qui pousse le crâne à se développer davantage dans un sens ;
- Fractures : il en existe 3 types (RAMBAUD, 2007 ; fig 8) :
 - fracture simple sans déplacement : l'épicrâne est intact ;
 - fracture avec embarrure : un fragment osseux entre deux traits de fracture devient mobile, et peut s'enfoncer et comprimer le cerveau ;
 - fractures multiples avec esquilles : des petits fragments d'os, ou esquilles, peuvent être projetés dans la boîte crânienne. Les lésions nerveuses sont toujours présentes dans ce cas, parfois graves.

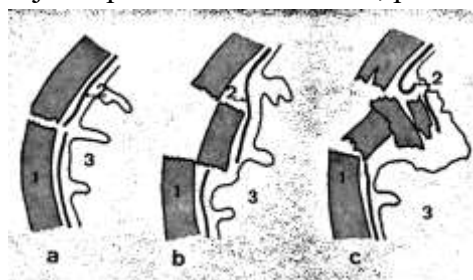


Figure 8 : Les différents types de fractures crâniennes : a- fracture simple sans déplacement ; b- fracture avec embarrure ; c- fracture multiple avec esquilles. 1 : voûte crânienne ; 2 : méninges ; 3 : substance nerveuse cérébrale (RAMBAUD, 2007)

En recensant les localisations des lésions observées sur le crâne de chiens du début du Néolithique (fig 9), BAKER et BROTHWELL (1980) ont montré qu'elles se situent surtout sur la face, au dessus des yeux et à l'extrémité du museau, cette région semblant plus susceptible d'être frappée par les Hommes en vue de limiter les comportements agressifs ou de permettre le contrôle des animaux.

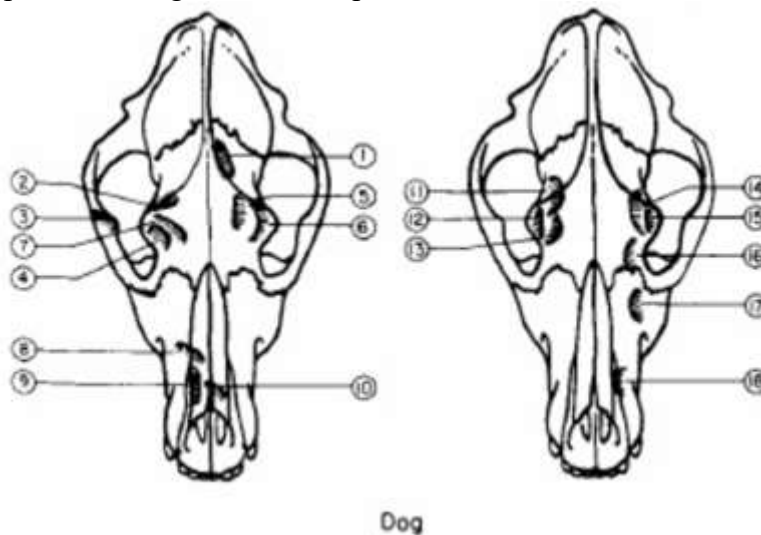


Figure 9 : Localisation des lésions observées sur le crâne par BAKER et BROTHWELL (1980) sur des chiens du Néolithique.

- Os surnuméraires ou suturaux ;
- Tumeurs osseuses : elles sont plus fréquentes chez les animaux âgés, et touchent préférentiellement les grandes races de chiens. Il y a un arrangement radial de la prolifération osseuse et une importante ostéolyse sur les radiographies (LIGNEREUX et PETERS, 1997) ;
- La dysplasie occipitale (fig 10) ne serait pas une pathologie mais une variation morphologique due à une sélection volontaire (JANECZEK et CHROSZCZ, 2011) ;
- Des lésions d'origine exogène, dues à l'Homme : trépanations, traces de couteaux.

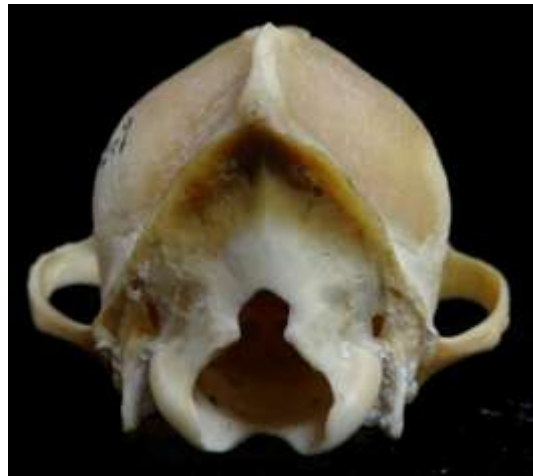


Figure 10 : Loulou de Poméranie avec dysplasie occipitale (1985-1209, MNHN). Photo C. Brassard. Noter l'aspect du foramen magnum, élargi dorsalement.

- *Post-mortem* :
 - Le poids de la terre. Le crâne peut se briser mais aussi se déformer, s'il y a eu ramollissement initial des os, comme dans les sols acides par exemple, où l'acide granitique dissout la matière et où seul le collagène des os persiste. Il y a alors recolonisation par du calcaire (fossilisation) mais le crâne se fige quand il est déformé ;
 - Altération de la couleur, en fonction de :
 - la coloration du sol (les pigments peuvent tacher les os) ;
 - la présence de soleil ;
 - la rouille (un cadavre enterré à côté d'objets métalliques présente des ossements tachés : par exemple, les ossements trouvés à l'âge du bronze étant souvent bleu-verdâtres) ;
 - l'utilisation de feu (combustion) ;
 - la présence d'hématomes à l'intérieur du crâne ;
 - la décomposition du cerveau qui en se liquéfiant a tendance à tomber sur la base : la partie basse du crâne est alors plus foncée que la partie haute, mais si cette répartition des couleurs est différente, c'est que le corps a été déplacé ! ;

- la fouille mécanique, qui peut conduire à une destruction de la voûte crânienne (ROMAN-BINOIS, 2012) ;
- l’envahissement par les végétaux : en se développant, les racines peuvent écarter des sutures ou laisser des traces, car elles libèrent des substances chimiques qui dissolvent les ossements ;
- l’utilisation par la microfaune : insectes et petits gastéropodes grignotent les os pour obtenir le calcaire utile à la fabrication de leur coquille ;
- l’utilisation par la macrofaune : les animaux peuvent laisser des traces sur le squelette soit parce qu’ils l’auront rongé pour se loger à l’intérieur, soit parce qu’ils l’auront mordu pour le décharner. En coupe, les traces de morsure sont circulaires et triangulaires pour les carnivores, et grossièrement triangulaires chez les rongeurs. Chez ces derniers elles se caractérisent en effet par deux petits ronds et des dos d’âne, ainsi que des griffures donc des traces irrégulières.

1.2.4. Pathologies de la cavité orale

Il est important de considérer séparément les pathologies de cette région, non seulement car elles sont fréquentes, mais surtout parce qu’il s’agit d’une zone clef de l’anatomie des vertébrés : elle permet l’entrée de la nourriture, la mastication, et c’est la porte d’entrée privilégiée des parasites et des toxines.

Les pathologies de la cavité orale résultent de l’interaction de multiples facteurs et sont par conséquent fortement intriquées (fig 11).

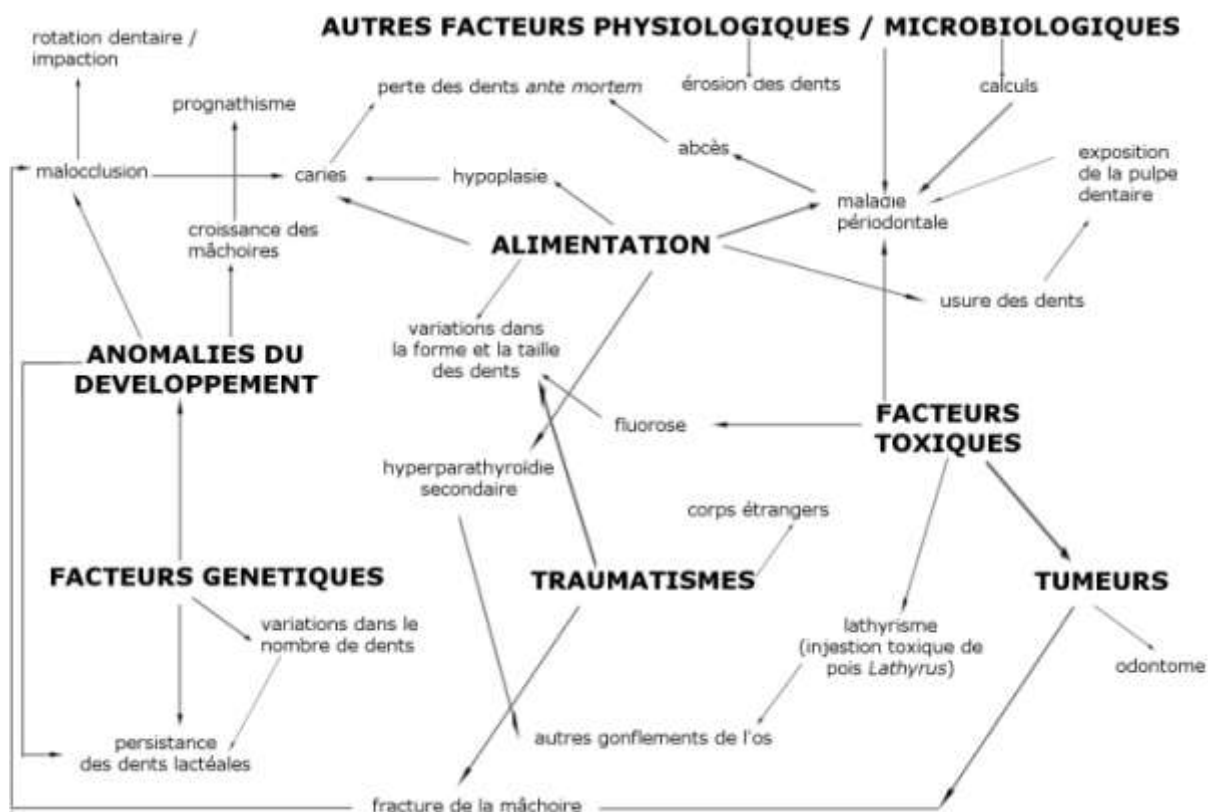


Figure 11: Les interactions entre les différentes pathologies de la cavité buccale (COLYER, 1976).

Parmi celles-ci :

- Des anomalies génétiques et du développement :
 - Les problèmes de malocclusion¹⁵ liés à une forme des mâchoires anormale. Par exemple, le chien de Ancon (Pérou) présente une protrusion importante de la mâchoire inférieure (BROTHWELL *et al.*, 1979 ; fig 12). D'après STOCKARD (1941) cela résulterait d'une croissance asymétrique des mâchoires du fait d'un mixage entre des chiens de différentes longueurs de museau ;
 - L'absence ou la duplication de certaines dents (COLYER, 1990 ; tab IV) ;
 - Dans les populations sous contrôle humain, l'effet fondateur¹⁶ est connu pour augmenter la fréquence de l'agénésie de certaines dents ;
 - La forme des dents peut présenter des variations ;
 - Les problèmes d'alignement des dents pouvant occasionner une malocclusion, des rotations dentaires, des impactions et des angles incorrects.



Figure 12: Malocclusion chez un chien Péruvien de Ancon (COLYER, 1990)



Figure 13 : Loulou de Poméranie mâle avec maladie parodontale (MNHN-ZM-MO-1985-1209). Photo C. Brassard

¹⁵ L'occlusion correspond à la superposition des mâchoires supérieure et inférieure.

¹⁶ Phénomène correspondant à la divergence génétique se produisant lorsqu'un petit nombre d'individus s'isole du reste de la population de départ, ce qui peut conduire à la formation de nouvelles espèces (MAYR, 1954 ; TERZIAN et BIEMONT, 1988). Le sous-groupe porte alors dans son patrimoine génétique seulement une fraction de la diversité génétique de la population mère, ce qui entraîne une augmentation de certaines maladies, en particulier les maladies autosomiques récessives (<http://www.chu-rouen.fr/page/effet-fondateur>).

Tableau IV : Fréquence des dents surnuméraires chez le chien (d'après COLYER, 1990)

Groupe	Nombre de spécimens	Région de l'arcade dentaire affectée			Nombre de spécimens touchés	Pourcentage de spécimens touchés par une polyodontie
		Incisives	Prémolaires	Molaires		
Eskimos	58		1		1	1.7%
Chiens de berger	42		3	2	5	11.9%
Lévriers	48		6	2	8	16.7%
Mastiffs	143	10	4	2	16	11.2%
Epagneuls	72	3	9	2	14	19.4%
Chiens de troupeau	48	4	4	1	8	16.7%
Terriers	76		4		4	5.3%
Caniches	17		1		1	5.9%
Non classés	253	2	7	3	11	4.3%
Carnivores						2.3%

- Les processus infectieux, comme les abcès alvéolaires ou les abcès périodontaux (KITAGAWA, 2013), la présence de caries¹⁷, ou la maladie parodontale. Cette dernière maladie est la plus fréquente des pathologies de la cavité buccale. Elle résulte de l'action conjointe de bactéries s'accumulant sur les couronnes dentaires (c'est la plaque dentaire bactérienne) et du système de défense de l'individu. L'accumulation de la plaque affecte davantage les dents maxillaires et touche plus sévèrement les faces vestibulaires des dents. Elle entraîne une réaction inflammatoire de la gencive (gingivite) et les bactéries qui s'étalent sous la gencive peuvent également progressivement provoquer des lésions plus profondes, avec destruction de la gencive, lésion du ligament alvéolo-dentaire, voire de l'os alvéolaire le long de la racine (fig 13), ce qui peut conduire à un déchaussement de la dent (parodontite). Le tartre qui peut être observé sur certaines dents résulte de la minéralisation de la plaque dentaire par les sels minéraux (surtout le calcium) fournis par la salive. Il n'est pas à proprement parlé responsable de la maladie parodontale mais la rugosité de sa surface peut favoriser le développement des bactéries dans la plaque dentaire. De multiples facteurs peuvent favoriser l'accumulation de plaque dentaire : une activité masticatoire réduite, une malocclusion, la persistance des dents de lait, l'absence d'hygiène buccale, des maladies systémiques (diabète sucré, insuffisance rénale, insuffisance hépatique), ou une immunodéficiencia innée ou acquise qui altèrent les mécanismes de défense de l'animal. De plus, une alimentation molle et collante est un facteur aggravant par rapport à une alimentation dure et fibreuse qui sollicite mécaniquement les dents (HENNET, 2006). La maladie parodontale concerne tous les chiens au cours de leur vie, mais touche plus intensément les chiens âgés et les chiens de petite taille (moins de 8 kg) car les dents occupent alors relativement un plus grand volume au sein de la mâchoire.

¹⁷ Les caries sont peu fréquentes chez le chien. Une étude a montré que seuls 23 chiens sur 435 présentés dans une clientèle spécialisée en dentisterie vétérinaire présentaient des caries, soit 5.3% (HALE, 1998).

1.3. Diversité des techniques pour l'étude du crâne en archéozoologie

1.3.1. Observation directe *versus* indirecte

Dans certains contextes archéologiques, les tissus mous de la tête se sont totalement décomposés, rendant le crâne directement accessible. Cette observation directe rendra l'étude relativement simple et peu sujette à un biais d'observation.

Cependant, dans d'autres contextes, les chercheurs peuvent être amenés à travailler de manière indirecte. Par exemple, l'étude peut se faire à partir de photographies, voire de reconstitutions 3D¹⁸. Les raisons sont multiples : impossibilité de sortir du matériel du territoire, pour des contraintes liées à la législation comme c'est le cas en Egypte, ou pour des raisons pratiques (des photos pèsent moins que des os, surtout quand il y en a plusieurs milliers), ou en vue d'utilisation de techniques particulières (morphométrie géométrique, que nous décrirons plus bas). De plus, parfois le crâne sera encore entouré dans des tissus plus ou moins conservés. C'est notamment le cas avec les momies égyptiennes résultant d'une confection humaine. Si des séances de débandelettage et de dissections ont été réalisées aux débuts de l'histoire de l'étude des momies (LORTET et GAILLARD, 1907), ces méthodes destructives, engendrant des problèmes non seulement éthiques mais causant aussi une perte d'information pour des études futures, ont été abandonnées au profit de méthodes moins invasives. Un certain nombre de techniques d'imagerie ont donc été développées pour accéder à l'intérieur du corps sans toucher à l'intégrité de la momie, voire pour en isoler ses ossements : la radiographie, le scanner ou tomodensitométrie, l'IRM, le synchrotron...

Des techniques destructives peuvent éventuellement être employées pour préciser les causes de la mort de l'animal, le traitement alimentaire qui lui était réservé ou les procédés de sa momification. Ces techniques font appel à la génétique (l'analyse de l'ADN est en pratique rarement utilisé en Egypte ancienne, pour des questions d'autorisations essentiellement), ou à la chimie (analyse de la nature des composés utilisés lors de l'embaumement ; DECTOT, 2014-2015).

L'objectif n'est pas détailler les différentes méthodes, mais de donner une idée de leur diversité et de leur champ d'action. Nous nous proposons ici d'en faire un rapide inventaire pour souligner les principales forces et faiblesses de chacune, ces méthodes étant souvent complémentaires (tab V). La dernière colonne indique la faisabilité de chaque méthode sur le terrain.

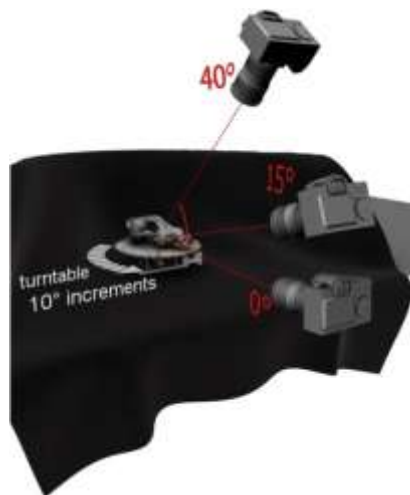


Figure 14 : La photogrammétrie pour reconstituer en 3D des crânes de canidés (EVIN et al., 2016, supplementary file)

¹⁸ Reconstitutions 3D obtenues soit directement à partir de la tête à l'aide d'un microscribe, soit à partir de photos, grâce à un scanner surfacique, ou en usant de la photogrammétrie.

Tableau V : Les différentes méthodes d'observation du crâne

Méthode	Principe	Avantages	Inconvénients	Faisabilité en Egypte
Si la tête osseuse est directement accessible				
Observation directe	Permet de faire des observations, et de prendre un certain nombre de mesures (pied à coulisse, compas d'épaisseur, ruban métrique souple, planchette ostéométrique)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Facile d'accès ; ■ La meilleure option pour l'évaluation qualitative ; ■ Précision de l'ordre de 0.1 mm ; ■ Mesures normalisées selon l'ICAZ (International Council for Archaeozoology, décrites dans l'ouvrage de A. von den DRIESCH (1976). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Difficile si une partie des tissus ou ligaments adhère toujours ou lorsque des éléments extrinsèques (sédiments par exemple) ne permettent pas un accès sans traitement ; ■ Accès ultérieur à l'étude pas toujours envisageable. 	++
Observations sur des photos « normalisées »	Prise de photos sur plusieurs faces (par exemple HARTLEY, 2017) : vues latérale, ventrale, dorsale...	<ul style="list-style-type: none"> ■ Facile d'accès ; ■ Acquisition rapide ; ■ Permet de conserver les données sur le long terme. 	Perte d'information liée à l'aplatissement en 2D (perte de la 3D).	++
Photogrammétrie (fig 14)	Reconstitution du relief tridimensionnel à partir d'images 2D, grâce à la reconnaissance de points de liaison entre plusieurs images selon différents points de vue (voir EVIN <i>et al.</i> , 2016 pour plus de détails).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bonne précision : équivalente à celle d'un scanner surfacique ; ■ Peu onéreux. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Chronophage ; ■ Complexe car nécessite la mise en place d'un protocole strict. 	A évaluer
Scanner surfacique	Numérisation en vue de la reconstitution 3D	<ul style="list-style-type: none"> ■ Facile ; ■ Rapide ; ■ Bonne précision. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Onéreux ; ■ Pas transposable à certains terrains (cas d'El-Deir par exemple, voir partie expérimentale). 	-

<i>Méthode</i>	<i>Principe</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>	<i>Faisabilité en Egypte</i>
Si la tête osseuse n'est pas directement accessible ⇒ Méthodes non invasives				
Radiographie	Technique d'imagerie de transmission donnant des opacités différentes en fonction de l'absorption différentielle des rayons X par les tissus (en allant du blanc au noir : opacité métallique, osseuse, tissulaire, graisseuse et aérique).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Non destructeur ; ■ Peu onéreux ; ■ Possibilité de constater ou non la présence de restes sous l'enveloppe supérieure (BENASSY, 1992). 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Superpose les structures, ce qui peut engendrer des biais dans l'observation : attention à toujours faire au moins deux clichés selon des incidences orthogonales ; ■ Pas de reconstitution 3D possible. 	+
Scanner ou tomodesitométrie à rayons X	L'appareil enregistre de très fines coupes du sujet observé sous tous les plans de l'espace. Ces « tranches » sont ensuite assemblées par des programmes informatiques afin d'obtenir une reconstitution en trois dimensions de la momie.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Non destructeur ; ■ Possibilité de constater ou non la présence de restes sous l'enveloppe supérieure ; ■ Les coupes peuvent permettre une reconstitution 3D. 	Onéreux mais de plus en plus de CT Scan ont des accords de manipulation.	-
IRM	Technique de tomographie particulière reposant sur la résonance magnétique nucléaire et donc suggérant la présence d'eau dans les tissus organiques.	Reconstitution 3D possible.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Onéreux ; ■ Long ; ■ Peu adapté à l'étude du tissu osseux, pauvre en protons ; ■ Du fait de la déshydratation des momies, la qualité des images est très variable et non prévisible ; ■ Attention si du métal était présent dans la momie : radiographier avant ! 	-

<i>Méthode</i>	<i>Principe</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>	<i>Faisabilité en Egypte</i>
Synchrotron	Technique de tomographie particulaire où les vestiges sont traversés par des électrons accélérés à très grande vitesse par un champ magnétique.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Non destructeur ; ■ Permet de mettre en évidence des détails jusqu'à 1000 fois moins contrastés qu'avec les machines conventionnelles à rayons X, ce qui donne des reconstitutions extrêmement précises (BERRUYER, 2017) ; ■ Reconstitution 3D possible. 	Très onéreux ou passer par des projets financés.	-
Méthodes invasives avec prélèvement de matière osseuse				
Histologie quantitative	Visé principalement à mettre en évidence les différences morphologiques entre les tissus osseux par exemple en mesurant l'épaisseur de la paroi des ostéones (DESSE et CHAIX, 1994)	Bonnes perspectives de discrimination entre les animaux sauvages et domestiques	<ul style="list-style-type: none"> ■ Difficultés de lecture et d'interprétation des coupes ■ Phénomènes secondaires induits par les remaniements du tissu osseux GILBERT (1990). 	-
Mesures physico-chimiques et radiométriques	La racémisation des acides aminés présents dans les os conduit également à une mesure du temps. Dans l'organisme vivant les acides aminés sont sous forme lévogyres (L) et se transforment dès la mort en formes dextrogyres (D), jusqu'à l'obtention du mélange racémique D = L. La mesure du rapport D/L (après chromatographie) permet de dater la mort de l'organisme.	Obtenir des datations absolues.		-

<i>Méthode</i>	<i>Principe</i>	<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>	<i>Faisabilité en Egypte</i>
Mesures physico-chimiques et radiométriques (suite)	Isoler par spectrométrie de masse les isotopes du carbone et de l'azote, qui sont liés au régime alimentaire. Le ¹³ C permet de distinguer l'origine marine ou continentale des aliments et, l'origine tropicale ou tempérée des végétaux ingérés (SCHOENINGER et De NIRO, 1984). De même, le taux de ¹⁵ N reflète la part de l'alimentation carnée par rapport aux apports végétaux (céréales).	Informations sur le régime alimentaire.		-
	Identification de composés par chromatographie.	Composition des baumes de momification.		-
Paléogénétique	Récupération et analyse des séquences d'ADN des organismes du passé à partir de leurs restes fossiles (os, dents).	Obtention d'informations pertinentes sur un seul individu à partir d'un échantillon minuscule (espèce, sexe, liens de parenté avec d'autres individus) et aussi sur la population dont il est issu (origines géographique et phylogénique) (HÄNNI, 1994) donc méthode privilégiée pour l'étude de la domestication (GEIGL, 2015).	<ul style="list-style-type: none"> ■ Etat de dégradation de l'ADN plus ou moins important ; ■ Difficile d'accès ; ■ Onéreux. <p>⇒ limiter l'analyse aux crânes les plus intéressants (après d'autres moyens d'observation) (HÄNNI, 1994).</p>	-

1.3.2. Observation qualitative vs quantitative

Si l'on en croit DESSE et CHAIX (1994), la triade « morphologie, mesure, contexte archéologique » est le fondement de la démarche de l'archéozoologue. Nous avons déjà vu dans la partie sur les paléopathologies que le contexte archéozoologique était particulièrement important pour prendre en compte les processus taphonomiques dans l'étude des vestiges osseux. Il s'agira maintenant de voir les deux autres points de cette triade : comment étudier la morphologie, et pourquoi prendre des mesures sur le crâne ou la mandibule ?

Soulignons avant toute chose que toute étude craniologique reposera sur une comparaison avec une collection de référence (constituée de spécimens connus, que ce soit par leur statut domestique ou leur âge, leur sexe, leur race). Celle-ci peut être constituée d'individus modernes. Ce travail par inférence donne des informations sur la variabilité des populations et permet d'analyser leur structure interne (mélange de races, dimorphisme sexuel, classes d'âge...) (GUINTARD *et al.*, 2001). Une des critiques que nous pouvons faire au sujet des collections de référence actuelles est qu'elles sont trop éloignées morphologiquement des échantillons anciens. L'influence de l'Homme liée à une sélection intensive risque alors de rendre le modèle inopérant. Etudier des chiens plus primitifs ou étant le fruit d'une sélection moindre (parias égyptiens, en Australie, chiens issus d'un marronage en région insulaire ou en région fortement isolée, etc.) pourrait être un début de solution pour s'affranchir du problème.

1.3.2.1. Observation de caractères morphologiques qualitatifs

Les caractères purement descriptifs sont souvent laissés pour compte en archéozoologie moderne. « Il n'est de science que du mesurable », a-t-on tendance à considérer (DASTUGUE, 1984). Pourtant, ces éléments isolés, non connectés à d'autres, dont la principale propriété est l'existence même (ils sont ou ne sont pas présents) sont abondamment évoqués dans la littérature : nous avons déjà évoqué précédemment un certain nombre de caractères intéressants dans la diagnose de l'âge (mise en place des dents déciduales et définitives), ou du sexe (aspect de la crête sagittale externe et des reliefs du basioccipital), du statut domestique (taille réduite par rapport au sauvage) ou bien pouvant relever de pathologies ou de particularités anatomiques (excroissances osseuses, fractures, agénésies dentaires, dents surnuméraires, rotations de dents etc.). Ces caractères doivent donc être observés. Le terme de « caractères discrets » ou « épigénétiques » qui leur est souvent attribué (en particulier en anthropologie anatomique) explique bien leur présence aléatoire et, de ce fait, discriminatoire. En fonction des problématiques de l'étude, il sera judicieux de prévoir un protocole afin de standardiser les observations.

Toutefois, l'observation de ces caractères qualitatifs n'est pas toujours évidente (*cf* le basioccipital utilisé pour la diagnose sexuelle d'après THE et TRUTH, 1976 et TRUTH *et al.*, 1977. De plus, la formation et l'expérience de l'opérateur rendent ces évaluations très subjectives.

1.3.2.2. Observation de caractères quantitatifs continus : la craniométrie

1.3.2.2.1. Définition

Il existe des méthodes plus objectives visant à quantifier certains critères *a priori* qualitatifs : c'est ainsi que la prise de mesures sur le crâne est une étape indispensable dans l'étude de la tête osseuse. Les premières études ostéométriques sont relativement récentes ; il faudra attendre le début du XX^{ème} siècle pour qu'elles fassent partie de l'étude archéozoologique (DESSE et CHAIX, 1994).

L'ostéométrie consiste en la mesure de distances, de dimensions entre des points de référence préalablement définis et repérés. Elle se fait grâce à des instruments dont le plus indispensable est le pied à coulisse. Par convention, ces mesures sont exprimées en millimètre (mm). Les points de référence ainsi que les mesures sont standardisées au niveau international. A. von den DRIESH (1976) a ainsi défini 42 mesures sur le crâne et la mandibule (fig 15 et 16). Il faut être conscient que le mélange des données entre opérateurs peut poser problème. En effet, la prise de mesure dépend de l'habitude de l'opérateur et pourra varier entre les personnes et les outils utilisés. L'article de LAJOIE *et al.* (2003) se propose d'éclaircir la prise de mesures pour les novices. L'ensemble des 42 mesures n'est pas toujours pris, pour des raisons de dégradation du crâne ou de temps. Comme le souligne l'étude de GUINTARD *et al.* (2001) sur des têtes de bovins de l'île d'Amsterdam, la sélection des mesures doit se faire de telle façon qu'elles permettent la description de la tête osseuse dans son ensemble, avec un choix équilibré de mesures décrivant hauteur, largeur et longueur, afin de minimiser les données manquantes et de maximiser le nombre d'individus en vue des analyses multivariées.

Il nous paraît important de souligner la mauvaise image dont pâtit aujourd'hui la craniologie, surtout dans le champ de l'anthropologie humaine. Cela s'explique par les dévoiements de cette pratique au cours de l'Histoire : des études anthropométriques ont établi des rapports entre mesures crâniennes et capacités intellectuelles, justifiant ainsi des idéologies et pratiques racistes (on peut citer, à cet égard, les travaux de Hans Friedrich Karl Günther, repris par le III^{ème} Reich ou l'utilisation des écrits de Samuel Morton par les esclavagistes américains). Ces dérives ont chaque fois hiérarchisés les « races », et placé la « race » caucasienne¹⁹ au sommet de la pyramide, à l'opposé des « races » à peau sombre, donnant ainsi une caution pseudo-scientifique à des discriminations politiques et sociales. Ces travaux ont de ce fait perdu tout crédit. Il convient donc de garder en mémoire cet écueil et d'être prudent quant à l'interprétation des résultats obtenus suite à l'utilisation de la craniologie, que ce soit pour étudier l'Homme ou l'animal.

¹⁹ Ce terme de « caucasien » est abusivement utilisé pour désigner la « race blanche », puisqu'il peut aussi inclure des phénotypes asiatiques (R. PERROT, comm. pers.).

Measurements of the cranium of *Canis* (Figs. 14a,b,c,d and 15a,b,c)

- 1) Total length: Akrokranium - Prosthion (+)
- 2) Condylbasal length: aboral border of the occipital condyles - Prosthion (+)
- 3) Basal length: Basion - Prosthion (+)
- 4) Basicranial axis: Basion - Sphenion (= Intersphenoid suture) (+)
- 5) Basifacial axis: Sphenion - Prosthion (+)
- (6) Neurocranium length: Basion - Nasion. Not shown in Fig. 14. Can be taken only with curved callipers (+)
- 7) Upper neurocranium length: Akrokranium - Frontal midpoint (+)
- 8) Viscerocranium length: Nasion - Prosthion (+)
- 9) Facial length: Frontal midpoint - Prosthion (+)
- 10) Greatest length of the nasals: Nasion - Rhinion (-)
- 11) Length of braincase (following Wagner 1930, p. 13). This measurement can be taken only when the cribriform plate is preserved. One inserts a thin ruler through the foramen magnum; the front end must reach the cribriform plate and the measurement is read off against the Basion (-)
- 12) "Snout" length: oral border of the orbits (median) - Prosthion (+)
- 13) Median palatal length: Staphylion - Prosthion (+)
- 13a) Palatal length: the median point of intersection of the line joining the deepest indentations of the Choanae - Prosthion (-)
- 14) Length of the horizontal part of the palatine: Staphylion - Palatinoorale (+)
- 14a) Length of the horizontal part of the palatine corresponding to M 13a (-)
- 15)* Length of cheektooth row (measured along the alveoli on the buccal side) (-)
- 16) Length of the molar row (measured along the alveoli on the buccal side) (-)
- 17) Length of the premolar row (measured along the alveoli on the buccal side) (-)
- 18) Length of the carnassial, measured at the cingulum (Fig. 15a) (+)
- 18a) Greatest breadth of the carnassial (Fig. 15a) (-)
Until now the breadth of the carnassial has been measured without the medial projection. Because this dimension is difficult to measure exactly I propose to leave it out and to measure only the greatest breadth.
- (19) Length of the carnassial alveolus. Not shown in Fig. 14 (-)
- 20) Length and breadth of M1, measured at the cingulum (see Fig. 15b) (-)
- 21) Length and breadth of M2, measured at the cingulum (see Fig. 15c) (-)

* For wild canids another length measurement is also important: (15a) Aboral border of the alveolus of M3 - oral border of the alveolus of C. Not shown in Fig. 14



- 22) Greatest diameter of the auditory bulla (following Wagner 1930, p. 21): from the most aboral point of the bulla on the suture with the paraoccipital process up to the external carotid foramen (-)
- 23) Greatest mastoid breadth = greatest breadth of the occipital triangle: Otion - Otion (+)
- 24) Breadth dorsal to the external auditory meatus (+)
- 25) Greatest breadth of the occipital condyles (+)
- 26) Greatest breadth of the bases of the paraoccipital processes (+)
- 27) Greatest breadth of the foramen magnum (-)
- 28) Height of the foramen magnum: Basion - Opisthion (-)
- 29) Greatest neurocranium breadth = greatest breadth of the braincase: Euryon - Euryon (-)
- 30) Zygomatic breadth: Zygion - Zygion (+)
- 31) Least breadth of skull = least breadth aboral of the supraorbital processes = breadth at the postorbital constriction* (+)
- 32) Frontal breadth: Ectorbitale - Ectorbitale (+)
- 33) Least breadth between the orbits: Entorbitale - Entorbitale (+)
- 34) Greatest palatal breadth: measured across the outer borders of the alveoli (-)
- 35) Least palatal breadth: measured behind the canines (-)
- 36) Breadth at the canine alveoli (+)
- 37) Greatest inner height of the orbit (+)
- 38) Skull height (following Wagner 1930, p. 19). The two pointers of the slide gauge are placed basally on the basis of the skull (on the basioccipital) and dorsally on the highest elevation of the sagittal crest (+)
- 39) Skull height without the sagittal crest (following Wagner 1930, pp. 19 ff.) the slide gauge is placed in the same position as for M 38 with the difference that the upper pointer is placed beside the sagittal crest on the highest point of the braincase (-)
- 40) Height of the occipital triangle: Akrokranium - Basion (-)
- (41) Height (length) of the canine, measured in a straight line from point to point. This measurement is only possible if the tooth can be removed from the jaw (+)
- (42) Neurocranium capacity = capacity of the braincase (cc). This can only be measured when the ethmoid is preserved. The foramina of the braincase are stopped up with wadding; when it is completely free of dirt and earth the braincase is filled with millet seeds and shaken repeatedly to remove air pockets. Finally, the seeds are tipped into a measuring beaker and their volume is read off (+)

Figure 16 : Définition des mesures crâniennes standardisées chez le chien (von den DRIESCH, 1976)

1.3.2.2.2. De la morphométrie traditionnelle à la morphométrie géométrique

Si avant les années 2000 les données ostéométriques étaient surtout traitées par des histogrammes et diagrammes bivariés, se limitant par là même aux statistiques descriptives classiques et à des comparaisons de moyennes, depuis une vingtaine d'années les avancées méthodologiques en morphométrie n'ont eu de cesse d'être exploitées en archéozoologie.

Mais qu'est-ce au juste que la morphométrie ? Le terme de « morphométrie » vient du grec ancien, où « morphê » signifie la forme, et « metron », la mesure. Il s'agit d'« une partie de la biométrie, qui a pour but d'étudier la variation de la géométrie des formes biologiques et ses covariations avec d'autres variables ou des facteurs biologiques potentiellement explicatifs » (CUCCHI *et al.*, 2015). C'est donc un outil de biologie comparative, puisqu'elle permet de comparer la forme de différents spécimens. En pratique, les mesures de distances sont soumises à des analyses multivariées afin de préciser les variations au sein et entre les groupes biologiques. C'est le principe de la morphométrie classique. Celle-ci, largement utilisée en archéozoologie de l'Égypte, car facile à mettre en œuvre, a toutefois ses limites. Les distances mesurées étant fortement corrélées à la taille des individus, elles nécessitent une correction. L'utilisation de rapports de distances (indices) permet de « gommer » la différence d'échelles entre deux objets, mais entraîne nécessairement des imprécisions importantes : deux objets de formes complètement différentes peuvent présenter des distances linéaires ou des indices identiques (METAIRIE, 2014). De plus, les relations géométriques entre les variables n'étant pas conservées, la représentation graphique de la forme de l'objet est impossible. Avec les travaux de Mosimann dans les années 70, les scientifiques commencent à s'intéresser à la notion de taille, en distinguant les notions de forme (qui prend en compte la taille) et de conformation (les proportions des différentes parties), de manière à discuter des déterminismes environnementaux et génétiques (CUCCHI *et al.*, 2015).

La morphométrie géométrique s'est peu à peu développée à partir des années 80, remplaçant les mesures de distances linéaires par des coordonnées 2D ou 3D de points biologiques, ce qui permet enfin de visualiser les différences de conformations entre individus et de mieux aborder les processus à l'échelle intra-spécifique. En effet, la morphométrie géométrique permet une meilleure distinction des taxons morphologiquement proches car elle préserve la géométrie originelle des objets tout en séparant tailles et conformations : elle autorise une meilleure étude des variations et covariations entre facteurs de variation intrinsèques (génétique, ontogénétique) et extrinsèques (géographie, climat, maladie, alimentation, etc.) (CUCCHI *et al.*, 2015). La morphométrie géométrique a cependant également des limites : sa mise en place peut être trop complexe au vu des bénéfices obtenus, l'analyse est plus complexe qu'en morphométrie traditionnelle, il y a un risque important de perdre des informations sur les petites différences de forme lorsqu'on compare des objets de formes très différentes (METAIRIE, 2014) et il est nécessaire de tenir compte des impératifs de terrain, lorsque le matériel à mesurer ne peut pas être transporté sur des espaces propices à des prises de mesures. La morphométrie géométrique n'a pour l'instant, à notre connaissance, jamais été utilisée sur des crânes de chiens de l'Égypte ancienne. Hors celle-ci s'est montrée très utile pour étudier les changements de forme du crâne chez les chiens actuels. L'étude de DRAKE et KLINGENBERG (2008) a ainsi révélé que le crâne des saint-bernards avait beaucoup changé ces cent vingt dernières années. Cette approche s'est aussi révélée très utile

pour distinguer les crânes de canidés sauvages du chien (SCHMITT et WALLACE, 2014 ; fig 17).

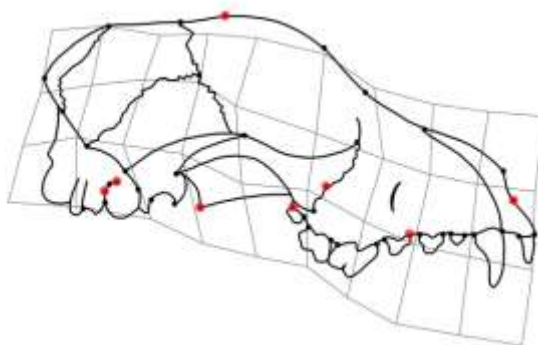


Figure 17 : Visualisation par la méthode des plaques minces (SCHMITT et WALLACE, 2014) : la grille représente les déformations nécessaires pour passer du consensus des canidés sauvages au consensus des chiens domestiques, après mise à l'échelle et alignement des spécimens caractérisés par les coordonnées 3D de 64 points repères. Les points rouges sont ceux s'étant révélés significativement différents entre les deux groupes lors de l'analyse discriminante.

1.3.2.2.3. Exploitation statistique des données

Même si travailler à l'échelle individuelle est le point de départ indispensable à toute étude craniologique, celle-ci ne prend tout son sens que dans la comparaison des individus entre eux, au sein d'un même site ou entre les sites. Il est donc primordial de travailler également à l'échelle des populations, ce qui permettra un traitement statistique des données obtenues par le biais de la morphologie et de la morphométrie.

Les statistiques simples (moyenne, minimum, écart-type, coefficient de variation et variabilité maximale) fournissent des informations sur les caractéristiques ostéologiques de la population (GUINTARD *et al.*, 2001), que ce soit pour des caractères qualitatifs comme le nombre de dents absentes ou des caractères quantitatifs continus comme les mesures crâniennes.

L'ostéométrie est non seulement plus objective et moins opérateur-dépendante que l'observation qualitative, mais elle peut aussi plus facilement supporter des calculs statistiques puissants. Plusieurs méthodes, plus ou moins récentes et robustes, existent. Les données obtenues en morphométrie classique ou géométrique sont soumises à des méthodes de visualisation graphique (comme l'analyse en composantes principales – ACP –, qui permet de visualiser des crânes caractérisés par n mesures ou n coordonnées sur un graphique en deux dimensions, les individus les plus proches étant les plus semblables), ou des méthodes d'étude statistique (pour comparer des groupes, essayer de prédire l'appartenance à un groupe par exemple). Pour plus d'information sur ces approches, nous recommandons de se reporter à « Morphometrics for non morphometricians » de ELAWA (2010) et à la partie expérimentale de la présente thèse. Le diagnostic final ne sera bien sûr jamais totalement certain ; il faudra toujours bien être conscient des limites de la méthode employée.

Il apparaît ainsi au travers de cette partie que l'observation conjointe de critères qualitatifs et quantitatifs est indispensable pour suivre une démarche réellement archéozoologique (DESSE et CHAIX, 1994) et pour comprendre au mieux les vestiges.

2. Le chien au sein des canidés Egyptiens : origine(s), parenté et diversité.

L'objectif des paragraphes suivant est de donner des outils permettant d'identifier, à partir du crâne, l'espèce *Canis familiaris* parmi les autres Canidés et d'avoir une idée de son morphotype.

2.1. Taxinomie et phylogénie des canidés égyptiens

2.1.1. Taxinomie

D'un point de vue taxinomique, le chien est un Mammifère de l'Ordre des Carnivores²⁰, de la famille des Canidés²¹ et de la sous-famille des Caninés²² qui comprend les loups, chacals et renards (HOATH, 2009 ; BARONE, 2010).




Plusieurs espèces de Caninés sont et ont été présentes en Egypte (OSBORN et HELMY, 1980 ; tab VI présentant les principales caractéristiques de ces espèces) : 3 renards (*Vulpes vulpes*, *Vulpes rueppelli* et *Vulpes zerda*), le chacal doré *Canis aureus* et le chien *Canis familiaris*. Un chien sauvage africain *Lycaon pictus* se serait éteint durant la période prédynastique. Une palette en schiste gris du prédynastique tardif au Louvre à Paris montre quatre chiens sauvages africains avec deux girafes. De nos jours, cette espèce ne se trouve plus qu'au sud du Soudan (HOATH, 2009).

²⁰ Ou Fissipèdes, pour désigner les carnivores terrestres. Les carnivores sont terrestres, digitigrades, à doigts libres et pourvus de griffes (5 à la main et au pied mais le pouce est faible, surtout au pied où il peut manquer (ergot). Les doigts III et IV sont les plus forts (HOATH, 2009).

²¹ Les canidés ont des membres longs, sont digitigrades et pourvus de griffes non rétractiles, le pouce manque habituellement au pied (sauf pour le chien sauvage africain *Lycaon pictus*) (BARONE, 2010)

²² Les caninés sont caractérisés par une carnassière inférieure avec une talonide en cupule et deux denticules (NEAULT, 2003).

Tableau VI : Taxinomie, caractères et témoignages historiques des canidés de l’Égypte ancienne. D’après OSBORN et OSBORNOVA (1998), OSBORN et HELMY (1980) et HOATH (2009).

Nom commun	Espèce en Égypte	Caractère et Distribution	Témoignages archéologiques et iconographiques	Statut
<p>Renard roux</p> <p>سبب</p> 	<p><i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758)</p> <p>Var. <i>Vulpes vulpes aegyptiaca</i> (Sonnini, 1816).</p>	<p>Distribution limitée par la présence d’eau fraîche : vallée du Nil, marges du Delta, Fayum, Kharga, oasis de Dakhla, parties nord du désert de la côte ééenne,</p> <p>du Sinaï.</p> <p>uve aussi es au nord 1.</p> <p>trictement</p> <p>es ruines, rrières.</p>	<p>Présent depuis le Néolithique (Merimda, site de Beni Salama, d’après von den DRIESCH et BOESSNECK, 1985) et le Pléistocène supérieur (Wadi Halfa, TURNBULL et REED, 1969).</p> <p>De nombreuses représentations existent à l’époque dynastique (voir OSBORN et OSBORNOVA, 1998, pp. 68-72). La distinction n’est pas non plus toujours évidente avec le <i>tesem</i> ou avec le chacal. Ainsi, les erreurs d’identifications sont fréquentes dans la littérature.</p>	<p>Les renards n’étaient probablement pas consommés mais chassés pour le sport ou pour leur peau. D’ailleurs, des scènes de tributs montrent des Nubiens portant des peaux de renards roux.</p> <p>De plus, la mise en relation du renard avec Hathor témoignerait d’une relation entre le renard, l’érotisme et la fertilité chez les égyptiens.</p>
				<p>© Tombe de Chnemhotep, NEWBERRY, 1893, extraits de la planche XXX (fig 27 C1 et C2)</p>
<p>Renard de Rüppell, du désert, des sables</p>	<p><i>Vulpes rueppelli</i> (Schinz, 1825)</p> <p><i>Vulpes famelicus</i> (Cretzchmar,</p>	<p>Bien plus largement distribué que le renard roux en Égypte.</p> <p>Il se trouve aussi au Soudan, dans la péninsule du Sinaï, dans les déserts est et ouest.</p> <p>Non strictement nocturne.</p> <p>© http://raf.dessins.free.fr/2bgal/img.php?id_img=19825</p>	<p>Présent depuis le Néolithique (Beni Salama, d’après von den DRIESCH et BOESSNECK, 1985), voire depuis le paléolithique moyen (Bir Tarfawi, d’après GAUTIER, 1980). A la période dynastique des restes de renard famélique ont été trouvés dans une tombe de l’oasis de Dakhla, datant de l’Ancien Empire. (CHURCHER, 1982). Un crâne aurait été identifié dans un cimetière romain près de Rifeh (PETRIE, 1907).</p>	
				

Nom commun	Espèce en Egypte	Caractère et Distribution	Témoignages archéologiques et iconographiques	Statut
<p>Fennec Renard des sables ou Renard des sables du Sahara</p>	<p><i>Vulpes zerda</i> (Zimmermann, 1780) <i>Fennecus zerda</i> (Zimmermann, 1780)</p>	<p>Occupe les régions désertiques sableuses, près de la végétation. D'après von den DRIESCH et BOESSNECK (1985), il n'était pas surprenant de trouver des fennecs dans des terriers creusés sous les maisons dans les marges du désert du delta, près de Béni Salama.</p> <p>Distribution totalement indépendante de la présence d'eau.</p> <p>Aussi présent au nord du Sinaï et dans le désert occidental au sud du désert de la côte méditerranéenne.</p> <p>Aussi présent au Soudan.</p> <p>Rare dans la péninsule arabique.</p>	<p>Présent dès le Néolithique (Beni Salama, Merimda d'après von den DRIESCH et BOESSNECK, 1985) et pendant la période dynastique : tombe de l'Ancien Empire dans l'oasis de Dakhla (CHURCHER, 1982). Rarement représenté dans l'art égyptien.</p>	
<p>Chien hyène Chien sauvage (wild dog) Lycaon Dorst (1970) les appelle les loups d'Afrique</p>	<p><i>Lycaon pictus</i> (Temminck, 1820)</p>	<p>Occupe les savanes ouvertes et boisées et les zones de montagne. Présent au sud de l'oasis de Kharga en Egypte.</p> <p>Aussi présent du nord du Soudan au sud ouest</p>	<p>Il existe depuis au moins l'Ancien ou le Moyen Empire voire la période prédynastique tardive.</p>	<p>De nombreux artefacts ont été trouvés. Cet animal était donc probablement un objet de culte à la période prédynastique tardive et aux périodes dynastiques. Au Nouvel Empire, ils étaient apportés en tribut par les Nubiens</p>



<http://www.joelsartore.com/ANI004/ANI004.jpg>



http://www.les-felins.com/wp-content/uploads/2017/02/Wild_Dog_Lycaon_pictus_male_16394497338_white_background.png

Nom commun	Espèce en Egypte	Caractère et Distribution	Témoignages archéologiques et iconographiques	Statut
Chacal doré	<i>Canis aureus</i> (Linnaeus, 1758)	Occupe le delta, la vallée du Nil, et les déserts bordant la vallée du Nil comme le désert de la côté ouest méditerranéenne. Sa distribution au Sinaï se limite sûrement à la région des côtes. Aussi présent au Soudan. Nocturne et crépusculaire, il erre autour des tombes.	Présent depuis le Pléistocène supérieur (restes de Wadi Halfa). Quelques figurations de la période dynastique montrent le chacal dans des scènes de chasse, mais la confusion avec le renard est fréquente. Beaucoup de cas sont incertains. Dans la tombe de Baqt, deux chacals et deux renards sont identifiés par les hiéroglyphes : « wenesh » pour le chacal, et « zab » pour les renards. Ces figures montrent que le chacal est légèrement plus large et moins mince que le renard, comme le montre la ligne du ventre et les jambes, ils ont un museau plus épais et un stop frontal plus proéminent	



© <https://enkidoublog.files.wordpress.com/2014/01/24141-chacal-dore-canis-aureus.jpg?w=848>

2.1.2. Phylogénie : les origines du chien et le cas de l’Égypte

L’objectif de ce travail n’est pas de se focaliser sur la domestication en elle-même. Si le lecteur souhaite en savoir plus sur les nombreuses théories au sujet des origines du chien domestique ou sur les différences avec son ancêtre le loup, nous ne pouvons que lui conseiller la lecture de la thèse d’exercice vétérinaire « Entre Chien et Loup : étude biologique et comportementale » (NEAULT, 2003).

Le monde scientifique considère depuis les travaux de WAYNE (1993) que le chien descend du loup *Canis lupus*²³. Dans l’état actuel des connaissances, la domestication serait survenue il y a au moins 14 000 ans BP, en Europe²⁴ et au Proche-Orient²⁵. Ces hypothèses datant d’il y a déjà plusieurs décennies restent encore ouvertes au débat, dépendant d’une part de possibles nouvelles découvertes plus anciennes²⁶ et d’autre part de l’amélioration des capacités de discrimination entre chien et loup. La distinction entre domestique et sauvage est en effet loin d’être simple si l’on se réfère aux seuls critères ostéologiques, les principaux critères de distinction reposant sur une réduction de la taille, le raccourcissement de la face et une réduction de la taille des dents (LIGNEREUX, 2006 ; HARTLEY, 2017). Ainsi, la morphométrie géométrique semble avoir exclu les deux spécimens de chiens les plus anciens (puisque’il s’agirait en fait de loups), repoussant la domestication au Néolithique (DRAKE *et al.*, 2015). Dans ce contexte, les analyses ADN apportent un éclairage indispensable. Une étude récente portant sur le séquençage de l’ADN mitochondrial²⁷ de 59 chiens d’origines variées et ayant vécu entre 14 000 et 3 000 ans BP a apporté plus de précisions sur le déroulement des événements (FRANTZ *et al.*, 2016) et un nouveau modèle pour la domestication du chien a été proposé (fig 18). D’après ce modèle, le chien dériverait de deux domestications indépendantes : une survenue en Europe il y a au moins 15 000 ans et l’autre en Asie orientale il y a au moins 12 500 ans. S’en seraient suivis des mouvements migratoires humains et animaux entre le V^{ème} et le IV^{ème} millénaire BP, de l’Asie vers l’Europe, occasionnant une reproduction sur place des chiens asiatiques avec des chiens européens, donnant génération après génération toute la diversité des chiens que l’on connaît actuellement.

Cependant, la situation en Égypte est aujourd’hui encore très ambiguë, aucune des différentes hypothèses avancées pour expliquer l’origine du chien en Afrique n’ayant été clairement explorée jusqu’à ce jour. Les premiers chiens africains pourraient remonter au Néolithique (entre 7 000 et 6 000 BP), si l’on en croit les restes de Wadi Bakht et El Nabta (GAUTIER, 1980), dans le désert égyptien occidental. De façon plus sûre, les premiers restes de chiens retrouvés en Égypte seraient ceux de Merimda, Beni Salama, dans le Delta du sud ouest, datés de 4 800 BC (EPSTEIN, 1971 ; OSBORN et OSBORNOVA, 1998).

²³ Les espèces canines et lupines sont extrêmement proches génétiquement puisqu’elles ne diffèrent que sur 0,2% de leur ADN mitochondrial, contre 0,4% pour les plus proches canidés (WAYNE, 1993).

²⁴ Restes de chiens domestiques retrouvés à Bonn-Oberkassel en Allemagne, 14 000 ans BP calibrés (TURNBULL et REED, 1974).

²⁵ Grotte de Palegawra cave au nord-est de l’Irak, 14 000 ans BP calibrés (TURNBULL et REED, 1974).

²⁶ Des restes datés de 36 000 ans BP auraient été retrouvés à Goyet en Belgique (GERMONPRE *et al.*, 2009), suggérant une domestication encore antérieure.

²⁷ L’étude de l’ADN mitochondrial renseigne sur la lignée maternelle puisque sa transmission ne dépend que de la femelle.

Des sites soudanais, comme El Kadada, ont également fourni plusieurs restes de chiens datables à environ 5 000 BP (BONNET *et al.*, 1989).

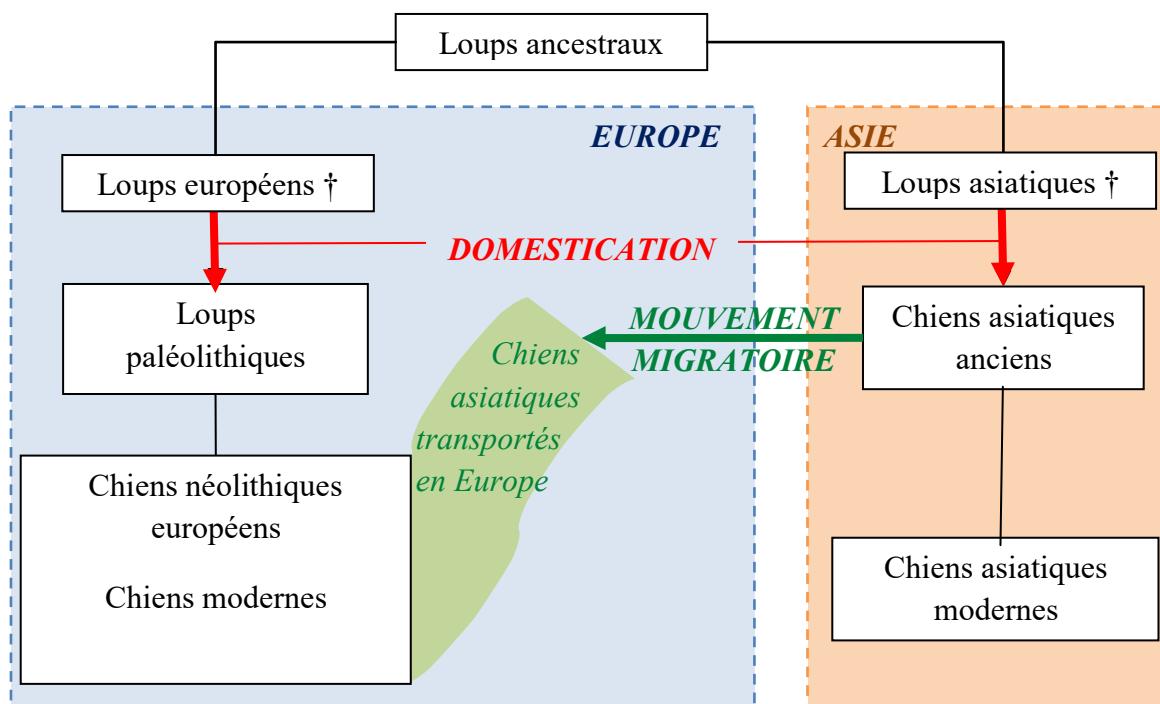


Figure 18 : Le nouveau modèle de la domestication du chien (traduction d'après FRANTZ *et al.*, 2016). Une population initiale de loups se scinde en deux populations de loups distinctes, l'une en Asie orientale et l'autre en Eurasie occidentale, domestiquées indépendamment avant de s'éteindre (symbole †). La population européenne a ensuite été partiellement remplacée par l'arrivée (avec l'Homme) et un mélange avec des chiens asiatiques, il y a au moins 6 400 ans BP.

Une première possibilité est que le chien ait été importé depuis le Proche-Orient, où des foyers d'émergence de *Canis lupus pallipes* sont connus (CLUTTON-BROCK, 1987 ; GRANSARD-DESMOND, 2003), au plus tôt au VI^{ème} millénaire comme en témoigne la découverte de Mérimdé-Bénisalamé (GRANSARD-DESMOND, 2002), possiblement vers 8-10 000 ans BC (CLUTTON-BROCK, 1987). Cette hypothèse est préférée à une importation de *Canis lupus lupus* depuis l'Europe par la péninsule ibérique et l'Afrique du Nord avant de pénétrer en Égypte par le désert Libyque, car les mouvements de populations à l'ouest ne sont pas attestés, contrairement aux migrations palestiniennes vers le Delta (GRANSARD-DESMOND, 2003). Des auteurs ont aussi évoqué la possibilité d'un mélange avec le chacal ; mais BREWER *et al.* (1994) ont relevé des caractéristiques morphologiques et génétiques qui font défaut chez le chacal : les oreilles dressées et la queue relevée.

Toutefois, la possibilité d'une souche indigène n'est pas impossible. Chasseurs et prédateurs ont très bien pu se rapprocher autour d'un même gibier, initiant un processus de domestication local (BOUVIER-CLOSSE, 2002). La présence du loup sur le continent africain est sujette à discussion, du fait de la difficulté de distinction entre les taxons sauvage et domestique (LINSEELE *et al.*, 2014). Certains auteurs ont ainsi vu un ancêtre possible du chien en *Canis simensis*, le chien sauvage d'Abyssinie (comme Rüppell, d'après LORTET et

GAILLARD, 1907) ou en *Lycaon pictus* (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). D'autres se sont penchés plutôt sur l'espèce africaine *Canis lupaster*, du fait de ses caractéristiques anatomiques qui le rapprochent autant du chacal *Canis aureus* que du loup (FERGUSON, 1981). Des analyses ADN ont d'ailleurs conduit à rebaptiser ce canidé *Canis aureus lupaster*, le « Loup d'Égypte » ou « Loup africain » (GAUBERT *et al.*, 2012), ce qui a conduit les scientifiques à l'assimiler jusqu'à récemment au chacal doré eurasiatique. L'iconographie et les textes vont dans le sens de cette hypothèse. Il est possible de voir dans l'utilisation du terme « ounesh » *wnš* , qui se traduit par « loup » en copte et est attesté dans la langue berbère, un fond africain commun (BRIXHE, 2015). Cependant, des recherches récentes basées sur des mesures crâniennes et dentaires et sur l'analyse d'ADN mitochondrial montrent que *Canis lupaster* est une espèce distincte de *Canis aureus* (VIRANTA *et al.*, 2017 ; fig 19). Dans l'arbre phylogénétique, les loups africains se regroupent avec les autres *Canis* et seraient plus proches du loup gris holoarctique que du chacal doré alors que *Lupulella* et *Lycaon* se retrouvent exclus de ce clade, résultant en une identification d'un genre séparé. La divergence entre le chacal doré et le loup africain serait estimée à 1.9Ma, et celle entre le loup africain et loup gris à 1.3Ma.

Enfin, une hypothèse intermédiaire est la possibilité d'un marronnage dans l'espace nilo-saharien (BOUVIER-CLOSSE, 2002). La variabilité intraspécifique et les croisements multiples complexifient la compréhension des choses.

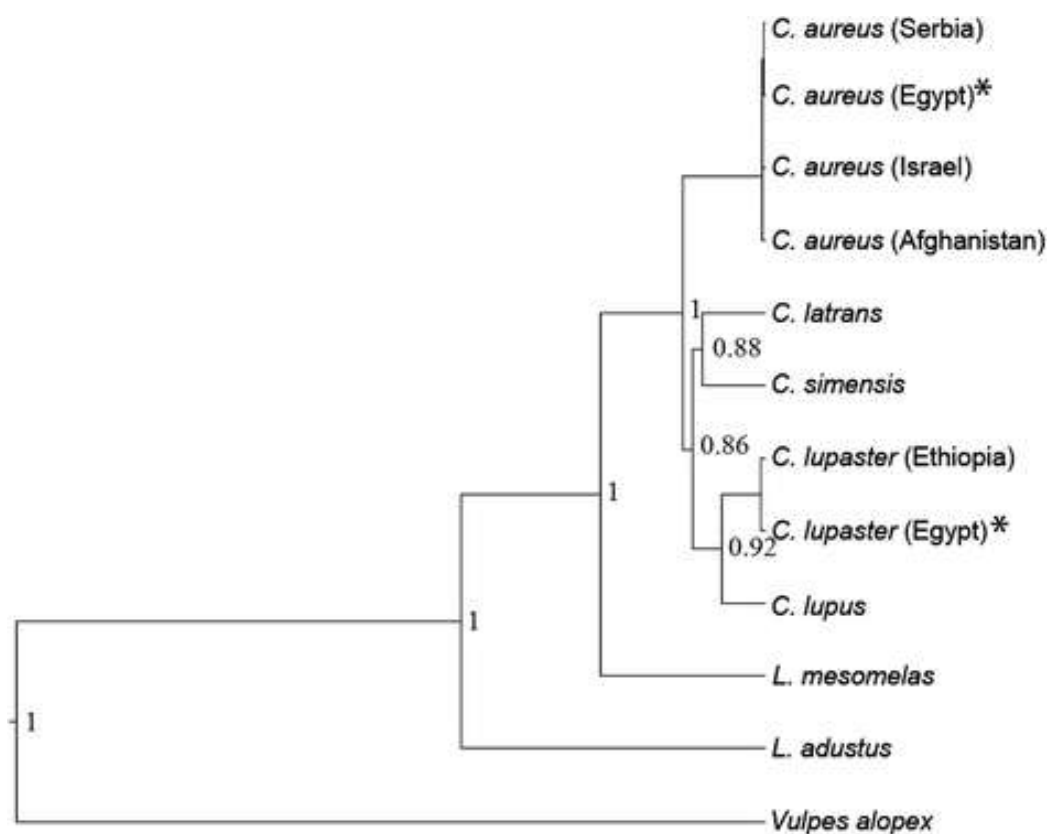


Figure 19 : Analyse phylogénétique bayésienne de canidés obtenu à partir du cytochrome b, avec les probabilités à posteriori (VIRANTA *et al.*, 2017).

2.1.3. Diagnose morphologique des canidés à partir de leur crâne.

Pour pouvoir parler du chien égyptien à partir des vestiges osseux et en particulier du crâne, il apparaît fondamental de connaître les critères permettant d'identifier l'espèce. A partir des articles de CLUTTON-BROCK (1977), OSBORN et HELMY (1980), RADINSKY (1981), NEAULT (2003), BARONE (2010), nous proposons ici une clé de détermination à partir du seul *calvarium* sans la mandibule. Ces critères sont à considérer avec prudence, les différents genres de canidés présents en Egypte présentent des morphologies relativement proches. Les confusions surviennent rapidement, en particulier entre chacal et chien. Cela tient non seulement au fait que la distinction entre les espèces est subtile et ne se reflète pas forcément une fois prise en compte la diversité interindividuelle, mais aussi à la complexité même de la notion d'espèce²⁸ ou de genre, un concept anthropique plus qu'une réalité biologique : c'est l'Homme qui définit les critères, les limites de chaque groupe, ce qui est parfois mis à mal par le continuum biologique. L'hybridation du chien et du chacal, scientifiquement prouvée grâce à l'utilisation de marqueurs génétiques (GALOV *et al.*, 2015), pourrait par exemple expliquer pourquoi la distinction entre ces deux espèces à partir de leur seul crâne peut être si complexe.

²⁸ Les définitions de l'espèce sont multiples. Elle peut être considérée comme le regroupement d'individus partageant des caractéristiques communes et susceptibles de se reproduire pour donner naissance à une descendance fertile. Cependant, cette définition a une limite : des espèces dont le croisement peut engendrer des hybrides fertiles sont connues.

Clé de diagnose morphologique des canidés à partir de leur crâne.

Hétérodontie, spécialisation des dents à l'exception des incisives, une canine développée en croc puissant, prémolaires tranchantes adaptées à la dilacération des tissus avec une dent plus développée et très tranchante adaptée à couper la viande, la carnassière, modifiée pour couper et écraser, et molaires adaptées pour écraser, bulle tympanique gonflée (NEAULT, 2003), arcades zygomatiques larges → ordre des **Carnivores**

- Longueur de la rangée supérieure des dents égale ou supérieure à la moitié de la longueur du crâne, donc museau, mâchoire et face allongés²⁹, dépression fronto-nasale au-devant des orbites, processus para-occipital proéminent et saillant, bulle tympanique gonflée mais non cloisonnée car le septum est manquant (chez le chat il est fin mais présent), denture complète ou sub-complète (42 dents : $I_{3/3}^3$, C_1^1 , $P_{4/4}^4$, $M_{2/2}^{1\ à\ 3/4}$), canines pointues mais pas extrêmement affûtées, prémolaires coupantes, molaires mousses broyeuses, carnassières puissantes et dernière molaire de type broyeur, présence d'une crête lambdaïde

→ famille des **Canidés** (OSBORN et HELMY, 1980)

²⁹ La face est allongée chez les canidés sauf chez certaines races de chien, mais l'acquisition de ce caractère est secondaire (BARONE, 2010).

- Forme du crâne convexe en vue latérale, donc pas de stop frontal

→ genre Lycaon

■ Lycaon pictus :

Os frontaux gonflés, région faciale courte et large, os nasaux larges, sinus frontaux bien développés, *foramen* palatin antérieur large, crête interpariétale pouvant être prononcée, canines semblables à celles du chien, cuspides secondaires postérieures présentes sur P2 et P3

- Région frontale du crâne fortement élevée, gonflée, à l'origine d'un stop frontal bien marqué, processus post-orbitaire convexe dorsalement, dépourvu de crête postérieure, région post-orbitaire gonflée, neurocrâne plus large à la base des processus zygomatique des temporaux, crêtes crâniennes élevées et proéminentes, la protubérance occipitale externe s'étend à l'extrémité occipitale des condyles, bulle large, arrondie et lisse, canines relativement courtes, épaisses, n'atteignant pas le *foramen* mentonnier lorsque les mâchoires sont fermées, os nasaux longs et effilés, les os nasaux se terminent au niveau ou postérieurement à la limite postérieure de la suture fronto-maxillaire.

→ genre Canis (fig 21)

■ Canis aureus :

Crâne large, allongé, région faciale assez courte, museau assez épais, crêtes sagittale et lambdoïde fortement développées, protubérance occipitale externe fortement protubérante, s'étendant considérablement postérieurement aux condyles.

Dents bien développées, carnassière à deux tubercules postérieurs et un cingulum bien marqué sur la face labiale de la M1.

Femelles plus petites que les mâles (ANDERSON, 1902).

Peuvent ressembler à des chiens errants³⁰.

■ Canis familiaris (exemple d'un chien mésocéphale) :

Face allongée, carnassières relativement courtes, processus post-orbitaire très gonflé, formant ainsi un stop très marqué, sinus frontaux généralement élargis, bulle plutôt petite et plate, crête interpariétale bien développée en général.

³⁰ Nous entendons par chiens errants des chiens féroces, c'est-à-dire des chiens retournés à un état semi-sauvage par marronage.

- Région frontale peu ou pas gonflée, processus post-orbitaire concave dorsalement, région post-orbitaire non gonflée mais striée (visible au niveau du bord postérieur), crâne le plus large sur les côtés, plus étroit à la base des processus zygomatiques des os frontaux, sinus frontaux peu développés, les os nasaux se rétrécissent progressivement et se terminent au plus loin au niveau de la limite postérieure de la suture fronto-maxillaire, courbe verticale de l'arc zygomatique haute, dents minces avec des couronnes petites, des carnassières petites et une plus grande longueur relative des canines, la pointe de la canine supérieure, allongée, atteint le foramen mentonnier quand les mâchoires sont fermées, dents jugales plus étroites et plus tranchées.

→ genre Vulpes (fig 22)

- Contact naso-maxillaire très étroit ou absent en raison du contact entre prémaxillaire et frontal du fait du contact des processus prémaxillaires et frontaliers (fig 20) : ***Vulpes vulpes aegyptiaca***

Le plus grand : longueur du crâne 110-145mm.

Processus para-occipital grand, proéminent et attaché à la bulle tympanique.

Bulle tympanique large, arrondie et lisse.

Mâles plus grands que les femelles.

Région palatine longue et étroite.

P2 et P3 n'ont pas de cuspide secondaire postérieure.

- Contact naso-maxillaire large : ***Vulpes rueppellii***

Ressemble à un jeune *V. vulpes*, en plus petit (taille du crâne : 90-109 mm), à l'exception d'une bulle tympanique relativement large, de l'aspect de la zone de contact naso-maxillaire et la forme postérieure de la marge nasale (fig 20) et de dents plus petites et plus minces que dans *V. vulpes*, et d'une crête pariétale en Lyre à forme de V.

Plus grand que *F. zerda*, les bulles sont plus petites, le frontal n'est pas bombé

Mâles légèrement plus grands que les femelles

- Crâne arrondi : ***Vulpes zerda***

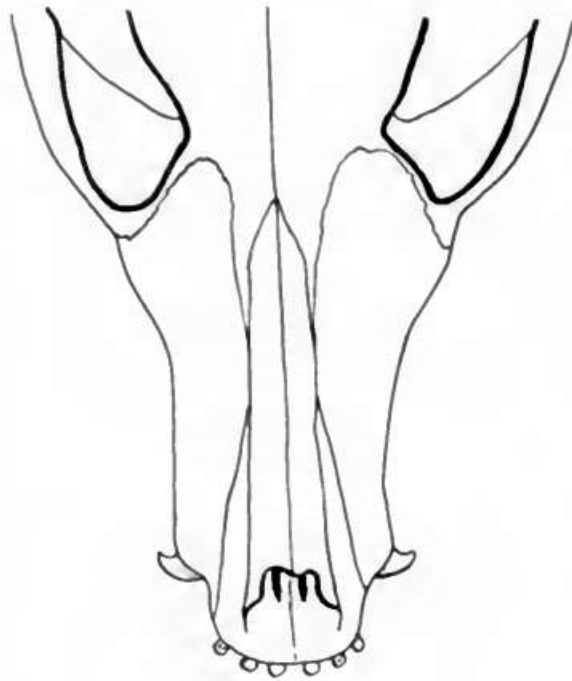
Le plus petit, denture faible.

Crâne lisse ou avec des nervures discrètes en forme de lyre, région frontale légèrement bombée, museau court et étroit.

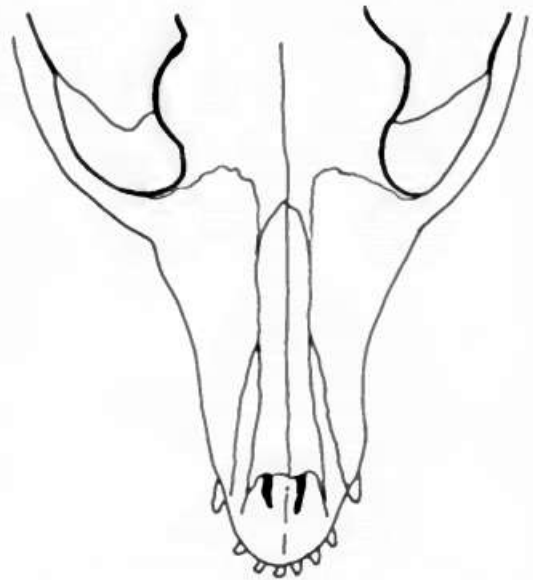
Bulle tympanique fortement gonflée et l'ouverture du méat auditif externe est très grande.

Dents plus petites et plus minces que dans *V. rueppellii*, cingulum antérieur de la carnassière plus fortement développé que pour d'autres renards, une cuspide accessoire est parfois retrouvée sur la carnassière.

Peu ou pas de dimorphisme sexuel de taille



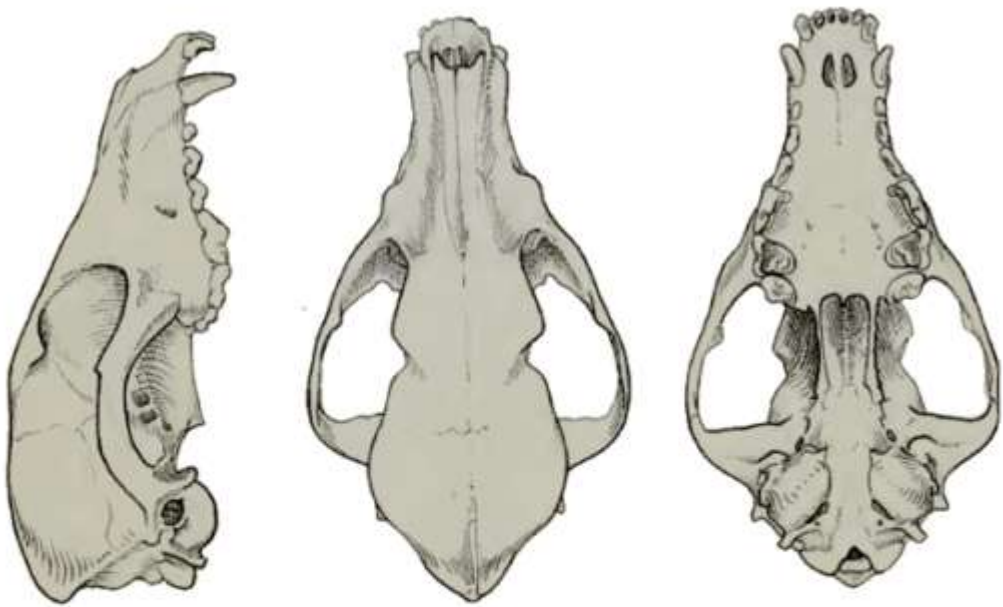
V.VULPES



V.RUEPPELLI

Figure 20 : Comparaison de la zone de contact naso-maxillaire et de la forme des bords postérieurs des narines de Vulpes vulpes et Vulpes rueppelli (OSBORN et HELMY, 1980).

Canis aureus



Canis familiaris



Lycaon pictus

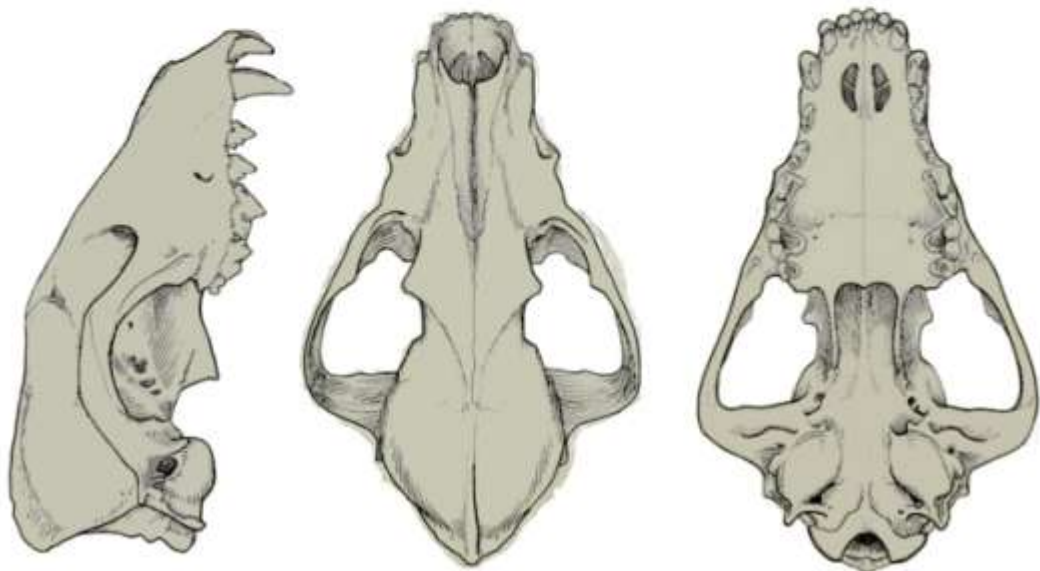


Figure 21 : Crânes de *Canis* et *Lycaon* (d'après ROSEVEAR, 1974 et photos personnelles du spécimen 3602.52 du Soudan actuel, Muséum de Genève).

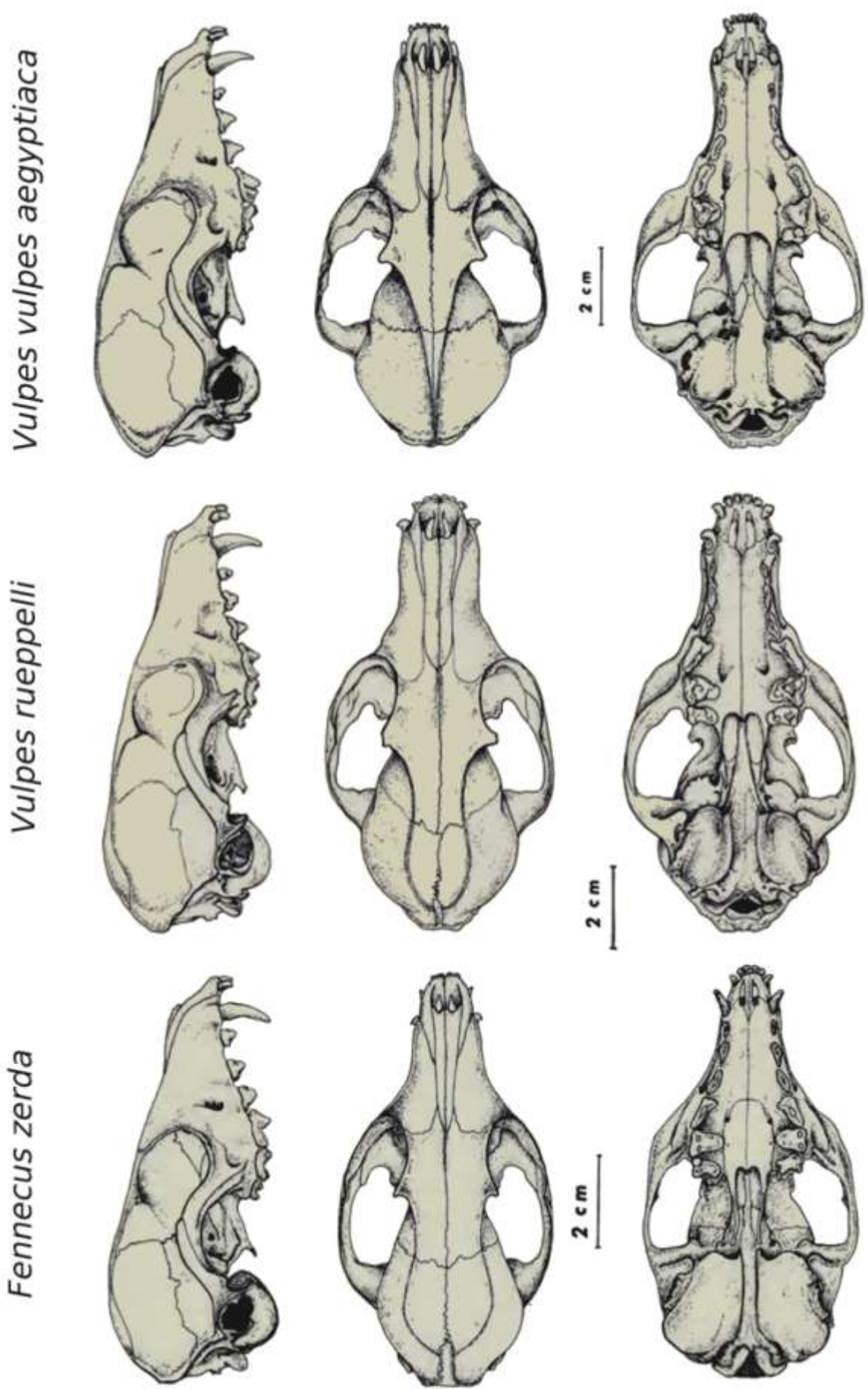


Figure 22 : Crânes de renards en Egypte ancienne (OSBORN et HELMY, 1980)

➤ La difficulté de distinguer chien et chacal

Il est important d'arriver à différencier chien et chacal car les canidés retrouvés dans le désert sont usuellement des chiens, mais certains déposés dans des muséums sont étiquetés « chacal ». Quelques caractères distinctifs pour distinguer le chacal sont évoqués dans la littérature mais aucun caractère isolé n'est toujours fiable (OSBORN et HELMY, 1980) :

- Augmentation de l'inflation de la région frontale entre les processus post-orbitaux ;
- Front est plus raide, stop moins marqué ;
- Surface dorsale de la boîte crânienne relativement plus basse que la surface entre les processus post-orbitaux ;
- Région post-orbitale plus gonflée et allongée ;
- Bulle tympanique aplatie, moins gonflée et rugueuse plutôt que lisse ;
- Arcade zygomatique avec une plus grande courbure vers le haut ;
- Le museau et le palais sont généralement plus courts et plus larges ;
- Processus jugulaire ou paraoccipital plus lourd et plus saillant ;
- Position plus antérieure et ventrale du foramen hypoglosse sur la crête transversale ;
- Tubérosités sur l'os basioccipital plus grandes ;
- Canines et autres dents généralement plus grandes ;
- Cingulum absent sur P1 et P2 ;
- Dents habituellement placées en rotation plutôt que droites sur l'arcade à cause d'un encombrement dentaire plus important.

➤ **Des clés pour identifier *Canis lupaster*.**

Nous choisissons de séparer l'étude morphologique de *C. lupaster*, les connaissances à ce sujet et son importance dans la taxinomie n'étant que très récentes. Une description d'un holotype de *C. lupaster* (fig 23) est donnée par VIRANTA *et al.* (2017). Nous retiendrons leurs conclusions sur la diagnose différentielle à partir de 69 crânes de *C. lupaster* :

- La taille du crâne est inférieure à celle du loup gris ;
- L'os palatin est relativement plus long et la distance entre les canines supérieures est plus faible chez *C. lupaster*. L'arcade molaire est relativement plus longue comparée à l'arcade prémolaire ;
- *C. lupaster* est plus grand que les deux chacals africains *Lupulella mesomellas* et *L. adusta* et en diffère par son palais plus court et son crâne plus large ;
- Le chacal doré a un palais plus court et plus large et aussi une largeur inter-orbitaire relativement plus importante que *C. lupaster*, et la canine supérieure est médiolatralement plus plate chez *C. lupaster* ;
- Le loup éthiopien *C. simensis* est plus grand et a un plus long rostre que *C. lupaster* ;
- *C. lupaster* varie beaucoup en termes de taille, mais le dimorphisme sexuel n'est pas évident.

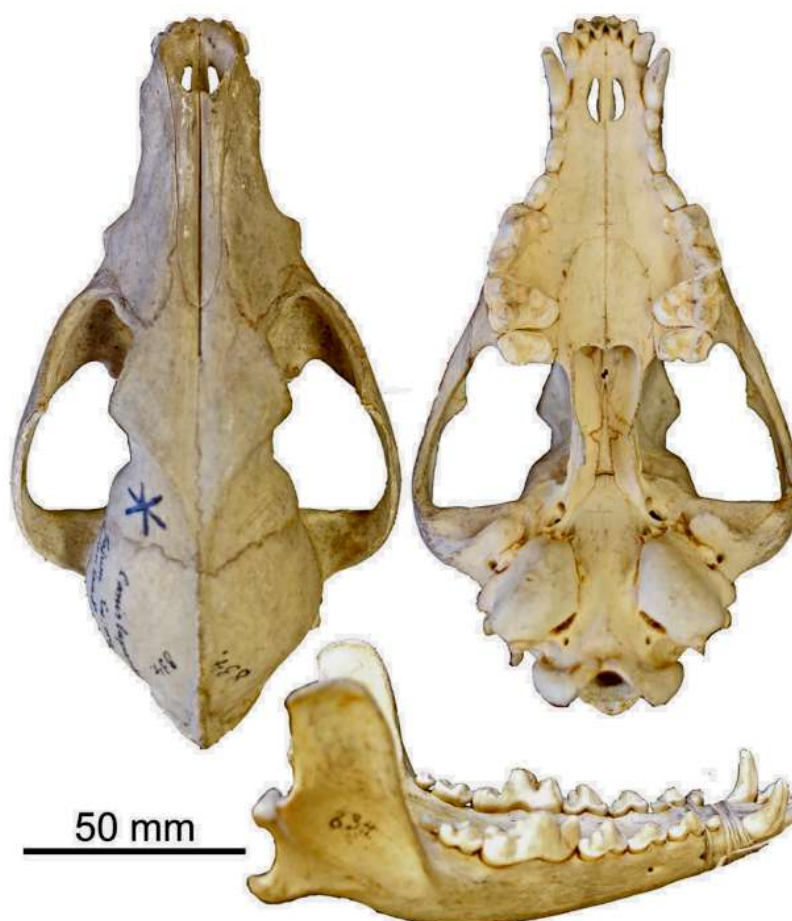


Figure 23 : Holotype de *Canis lupaster*, une femelle du Fayum, au Nord de l'Égypte (VIRANTA *et al.*, 2017).

2.2. Diversité des morphotypes de chiens d'après les textes et les vestiges

Si la morphologie externe du corps et les proportions sont peu variables chez les canidés sauvages, il en est tout autrement pour les chiens domestiques. C'est d'ailleurs l'espèce qui montre la plus grande variabilité intraspécifique. Les variations portent en particulier sur la taille et la forme de la tête, sur la longueur de la face et sur le port des oreilles (BARONE, 2010).

Cette variabilité est à l'origine de morphotypes différents, les différents traits étant gouvernés par quelques régions génomiques (SCHOENEBECK et OSTRANDER, 2013). La notion de « race », qui n'existe plus chez l'Homme, mais existe bien chez les animaux, est une notion purement anthropique et récente (apparue avec les premières expositions d'animaux au XIX^{ème} siècle) sans véritable réalité biologique : la race n'existe que par le standard qui la définit. Pour respecter le *continuum* biologique (et la possibilité d'hybridation entre les différents types), nous préférons parler ici de morphotype plutôt que de race.

L'état actuel concernant la connaissance des types présents sur le territoire est surtout dû à l'iconographie (dans l'art ou la langue). Or, les représentations nous apprennent que l'Égypte n'échappe pas à cette diversité de morphotypes, puisque de nombreuses variétés semblent exister dès le Néolithique (BOUVIER-CLOSSE, 2002 ; GRANSARD DESMOND, 2003), et surtout aux époques plus tardives. D'ailleurs, Jean-François Champollion écrivait en 1828 :

« Nous avons déjà recueilli le dessin de plus de quatorze espèces différentes de chiens de garde ou de chasse, depuis le lévrier jusqu'au basset à jambes torses ; j'espère que MM. Cuvier et Geoffroy Saint-Hilaire me sauront gré de leur rapporter ainsi l'histoire naturelle égyptienne en aussi bon ordre. »
(CHAMPOLLION, 1833).

Ainsi, des chiens de toute taille et de toutes formes parcouraient les villages et les campagnes d'Égypte (MASPERO, 1891). Le maintien de ces morphotypes au cours de l'Histoire suggère une reproduction plutôt dirigée, une volonté de l'Homme de contrôler le monde animal pour façonner le genre *Canis* de telle façon qu'il produise des individus à même de correspondre aux besoins des Hommes (pour le travail, la chasse, la compagnie...).

Les inscriptions permettent d'identifier cinq types différents (deux lévriers, deux molosses et un basset), mais l'analyse comparative des os permettrait de distinguer le type lévrier, le type intermédiaire, le type basset ainsi que des chiens de type spitz (loulou de Poméranie) (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). Nous allons détailler ces types en faisant le parallèle avec les cinq types de la figuration.

Si certains types semblent issus d'une importation, d'autres sont égyptiens.

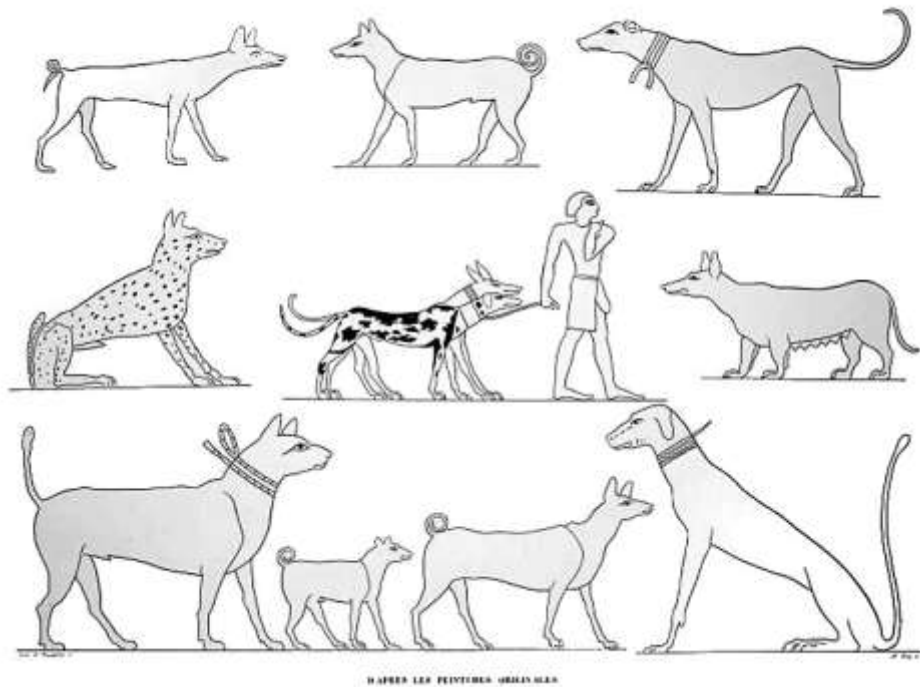


Figure 24 : La diversité des morphotypes de chiens en Egypte ancienne (1) d'après les dessins exécutés sous la direction de Champollion-le-jeune, et les descriptions autographes qu'il en a rédigées (Champollion, JF (1835-45), *Monuments de l'Égypte et de la Nubie*.

Disponible sur <http://digitalcollections.nypl.org/items/510d47e2-5f27-a3d9-e040-e00a18064a99>).

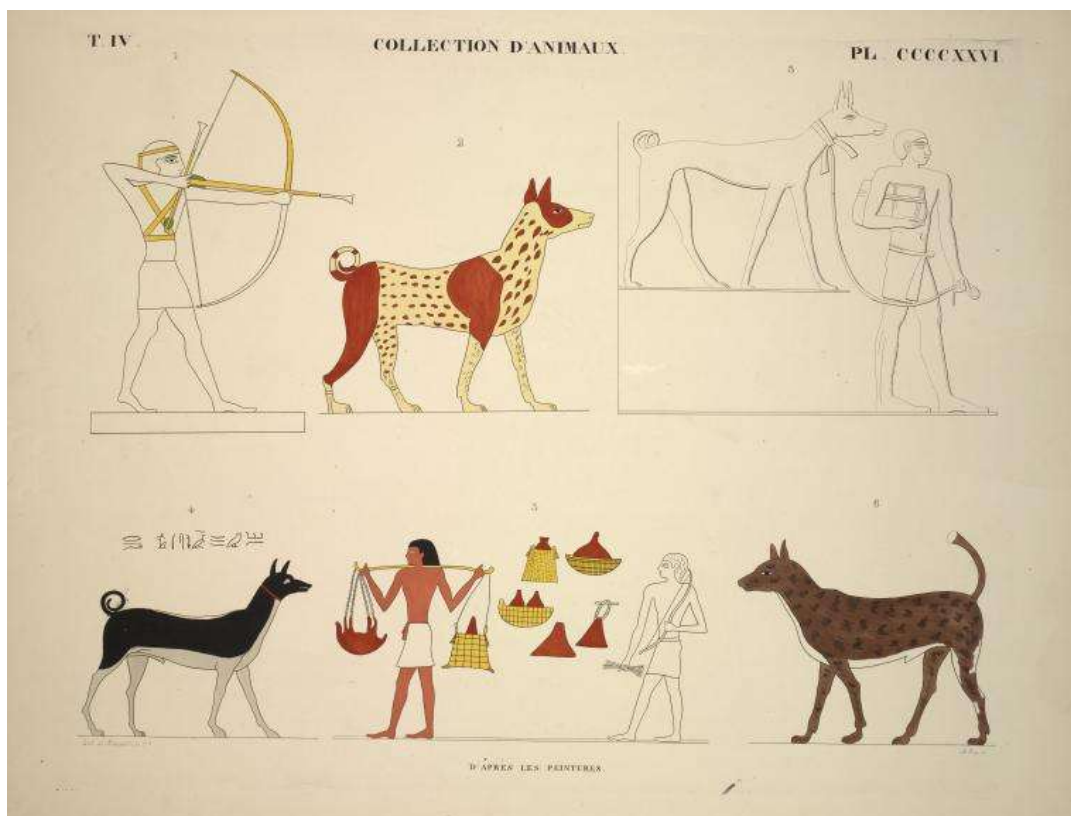



Figure 25: La diversité des morphotypes de chiens en Egypte ancienne (2). Disponible sur <http://digitalcollections.nypl.org/items/510d47e2-5f25-a3d9-e040-e00a18064a99>

2.2.1. Le type « lévriers »

Les chiens les plus anciennement sélectionnés seraient des chiens de course, de chasse ou de troupeau (HARTLEY, 2017). Présents en Egypte de la période prédynastique à la Basse Epoque (BOUVIER-CLOSSE, 2002), ils s'apparentent à nos lévriers actuels. Ils étaient utilisés pour la chasse à la gazelle, la garde mais aussi comme animaux de compagnie (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). Le lévrier est un animal gracile, de 53 à 58.4 cm au garrot (BOUVIER-CLOSSE, 2002), haut sur pattes, le poil est gris-jaunâtre clair, la queue est longue et enroulée, sa tête est allongée, étroite au niveau des arcades zygomatiques, avec un front large et bombé, un angle orbitaire de 55° et des dents plus petites et espacées que chez les autres types (LORTET et GAILLARD, 1903). L'origine du lévrier n'est pas claire, mais certains ont pu être importés tardivement depuis la Lybie (GRANSARD-DESMOND, 2002).

Il en existait deux variétés :

- Une variété à oreilles droites et à queue enroulée (type A) (BRIXHE, 2015), nettement représenté dès l'Ancien Empire (BOUVIER-CLOSSE, 2002). Elle

correspond aux **tesem** ^{*t**s**m*} , ou lévriers de Khéops (CALLOU, sous presse). Ces chiens ont une tête et un corps minces, des membres allongés, le museau est étroit. La queue courte et enroulée devait être un caractère cher au cœur des égyptiens et le prix de grands efforts car il est difficile à obtenir (OSBORN et OSBORNOVA, 1998).

Ils servaient initialement à la chasse de la gazelle, mais aussi des renards (OSBORN et OSBORNOVA, 1998 ; fig 26) et d'autres gibiers, et étaient parfois des animaux de compagnie.

Aujourd'hui, il est présent dans les îles méditerranéennes : à Malte (Pharaoh Hound : chien du Pharaon, rattaché au groupe des spitz et chiens primitifs), en Sicile (Cirneco dell'Etna), à Ibiza (Podenco Ibicenco) et en Provence (Charnigue), mais aussi en Afrique centrale (Basenji, un chien de taille moyenne à oreilles droites et à la queue enroulée) (BRIXHE, 2015).

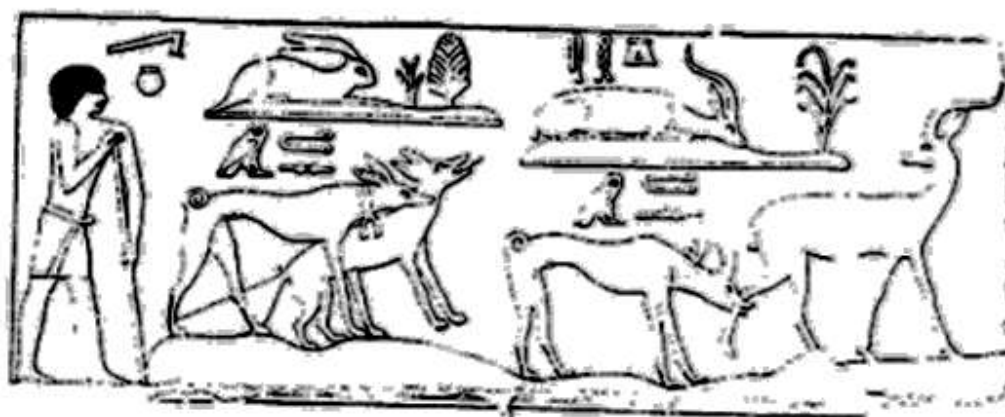


Figure 26 : Tesem chassant la gazelle et le renard, tombe de Re'emka, V-VI^{ème} dynastie (HAYES, 1953).

- Une **variété à oreilles tombantes généralement et à queue droite ou en sabre** (type B), retrouvée dès la période prédyastique, va devenir majoritaire sur le type A au Moyen et Nouvel Empire (OSBORN et OSBORNOVA, 1998 ; GOLDWASSER, 2002 ; BOUVIER-CLOSSE, 2002). Ils deviennent alors les chiens des élites égyptiennes, les tesem devenant « dépassés de mode » (GOLDWASSER 2002).

Ces chiens sont utilisés pour la chasse à l'hyène (DUNAND et LICHTENBERG, 2005), mais peuvent aussi servir d'animaux de compagnie (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). Ils seraient originaires du Pays de Pount. Actuellement, ils existent sous diverses variétés et couleurs dans tout le Proche Orient asiatique (BRIXHE, 2015).

Ils correspondent aux greyhounds, salukis (lévrier de Perse) et aux sloughis (lévrier arabe, berbère) (CALLOU, sous presse), la distinction se faisant par la forme du museau, les oreilles et la hauteur au garrot³¹.

Les salukis (fig 27 A et B) sont devenus majoritaires pendant la XVIII^{ème} dynastie (GOLDWASSER, 2002), et de nombreux décors de la tombe de Toutankahamon sont d'ailleurs décorés avec des salukis : leur museau est plus court et plus lourd que les tesems et les greyhounds. Ils faisaient partie des tributs donnés par les Nubiens, ce qui suggère que ce type était aussi élevé en dehors des frontières de l'Égypte.

Le greyhound (fig 27 A) n'est pas commun à l'époque pharaonique. (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). Il a une queue en sabre mais des oreilles droites et non tombantes.

³¹ <http://sloughi.tripod.com/SFAA/SISAAZf.html>.

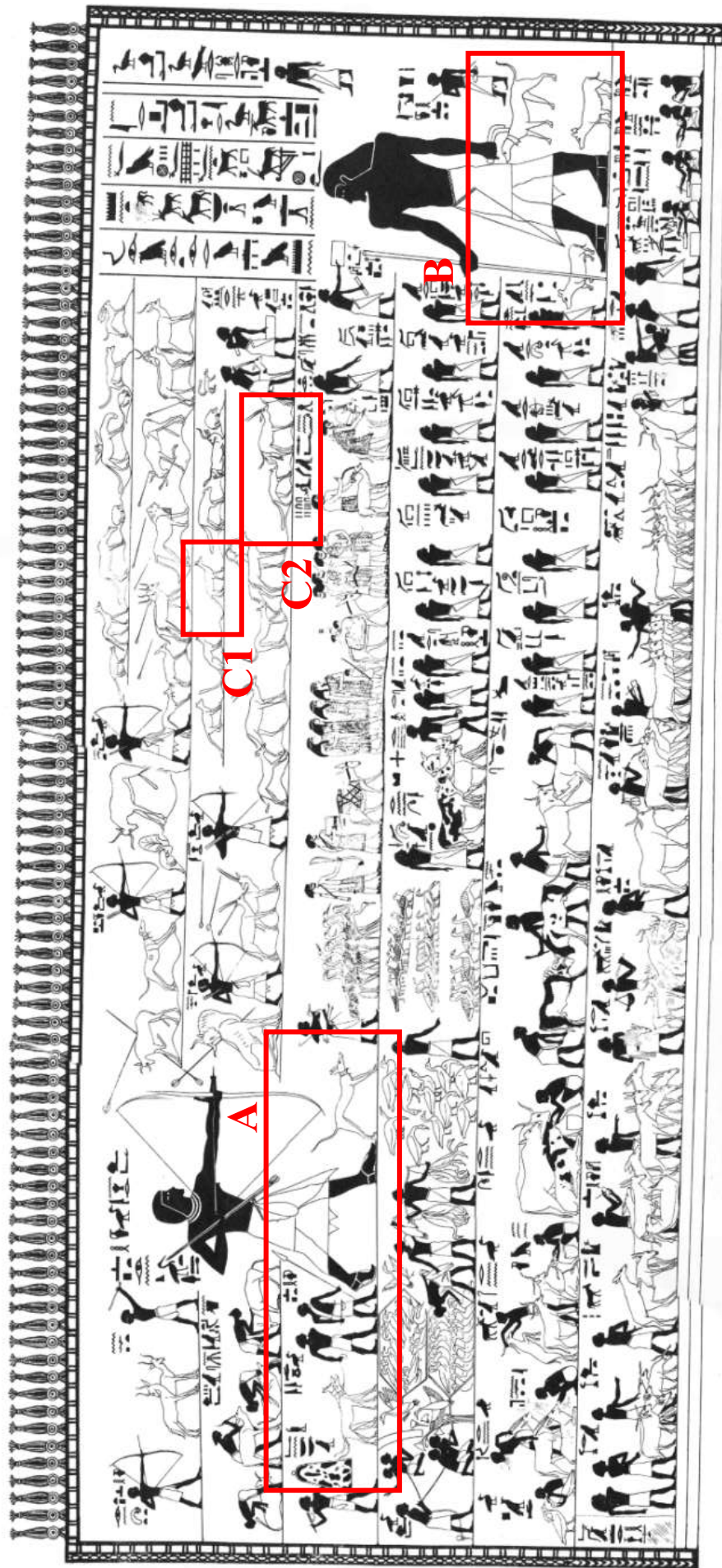


Figure 27 : Tombe de Chnemhotep, XII^{ème} dynastie, Beni Hasan. NEWBERRY, 1893, planche XXX. :

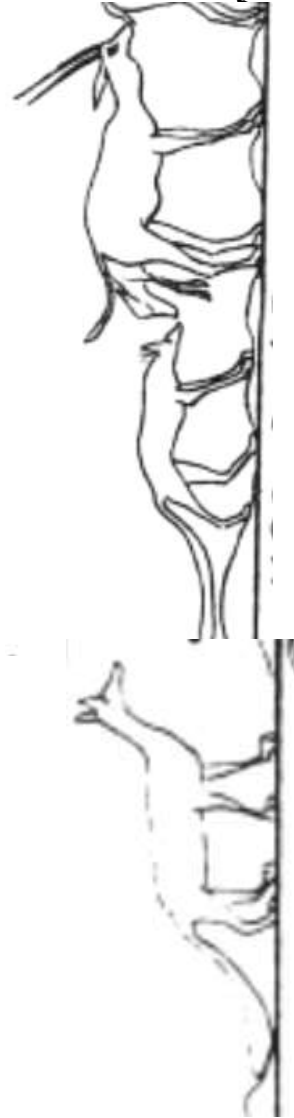
Vue générale



A : Les officiers et des servants de Chnemhotep, ainsi que des étrangers apportent divers produits à leur seigneur. Chnemhotep est armé d'un arc et est accompagné d'un de ses fils, d'un intendant (portant un bâton) et de trois chiens, deux greyhounds et un saluki, tous chassant les animaux sauvages dans le désert. (OSBORN et OSBORNOVA, 1998)



B : Un saluki et deux chiens à pattes courtes avec des oreilles dressées et des queues tombantes.



C2 : Renards, celui de C2 renifle le train arrière d'un ryx femelle en train de mettre bas son poulain.

Figure 27 : Tombe de Chnemhotep, XII^{ème} dynastie, Beni Hasan. NEWBERRY, 1893, planche XXX. :

Grossissements

2.2.2. Les petits chiens

Des petits chiens, aux oreilles pointues et aux queues soit pendantes, soit dressées, soit courbées, au crâne arrondi et au museau court sont aussi décrits (EPSTEIN, 1971 ; fig 27 B et 28).

La plus grande partie de ces chiens est caractérisée par une brachymélie³², qui serait la conséquence de mutations ayant affecté les lévriers de type A et B : les os des membres ont subi un raccourcissement et une modification de leur forme (BRIXHE, 2015). Ainsi, des **bassets** sont représentés depuis l'époque prédynastique, mais surtout au Moyen Empire (BOUVIER-CLOSSE, 2002). Pendant la période gréco-romaine, cette variété est remplacée par un type à poils longs, ne ressemblant à aucune des quatre races primitives ; il pourrait s'agir d'une variété importée ou d'un groupe de différenciation plus récent (BOUVIER-CLOSSE 2002).

De plus, des chiens appelés poméranies, ont été trouvés momifiés à Abydos, Thèbes et Assiout (EPSTEIN, 1971).

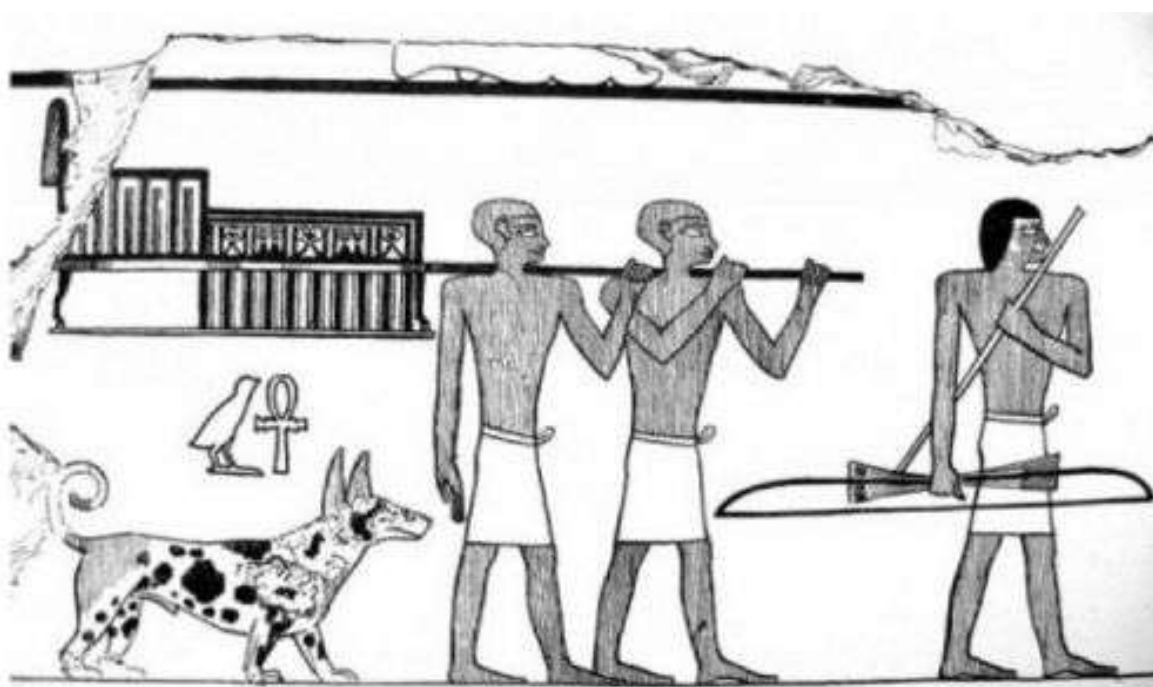


Figure 28 : Tombe du gouverneur Djéhouty-hotep, XII^{ème} dynastie, El Bersheh, vers 1880 BC

http://static.blog4ever.com/2010/07/426821/artimage_426821_3371374_201104285352636.jpg (ou NEWBERRY, 1893, planche XXIX).

³² La brachymélie est une malformation congénitale caractérisée par le raccourcissement d'un ou de plusieurs membres ou segments de membres, d'après le dictionnaire Larousse.

2.2.3. Le type « intermédiaire »

Les plus grands spécimens du type intermédiaire, de constitution robuste, seraient à rattacher aux molosses (BOUVIER-CLOSSE, 2002), tandis que les autres correspondraient aux parias (un type de chiens errants³³ (LORTET et GAILLARD, 1903).

D'après l'art, les **molosses**, ou mastiffs, sont des chiens ressemblant à des dogues : de 45 à 49 cm au garrot (voire 52 cm pour GAUTIER, 1980), le corps est puissant et les membres forts, la face un peu plus grande que le crâne (rappelant le loup et les chiens demi sauvages), le museau est court et massif, la brisure frontale est forte, le front est large et bombé, l'écartement des arcades zygomatiques est plus ou moins important, l'angle orbitaire varie entre 51 et 59°, les molaires sont plus volumineuses que la carnassière supérieure, suggérant un régime plus omnivore que les parias (BONNET *et al.*, 1989 ; LORTET et GAILLARD, 1903), les oreilles sont tombantes et la queue est plus ou moins longue et droite. Ils apparaissent à la période prédynastique et semblent disparaître à l'Ancien Empire puis réapparaître au Moyen Empire pour disparaître à nouveau après le Moyen Empire (BONNET *et al.*, 1989 ; BOUVIER-CLOSSE, 2002). Ils sont représentés une fois pendant la XVIII^{ème} dynastie (OSBORN, 1988) et ont aussi été identifiés dans des restes squelettiques à Abydos (BOESSNECK, 1988). Il est possible que le molosse ait été importé par des tributs nomades de Mésopotamie ou qu'il y trouve au moins des origines (BOESSNECK, 1988), puis que la variété se soit éteinte faute d'une population suffisante (EPSTEIN, 1971). Ce type intermédiaire est appelé « chien égyptien » par LORTET et GAILLARD (1903). Ils devaient servir à la garde des maisons ou des troupeaux. Il s'agit probablement de variants du paria, plus imposants que lui (OSBORN et OSBORNOVA, 1998).

Les chiens errants pullulaient déjà à l'époque, effrayant les habitants dans leurs promenades nocturnes. Ils mesuraient 42-45cm au garrot et étaient de « grosseur moyenne, à poil court, d'une conformation assez dégagée, bien que très robuste. La tête est allongée, volumineuse relativement à la grandeur du corps. Les oreilles sont droites et pointues ou à demi tombantes [...] et un angle orbitaire très faible (45-48°) », le rapprochant des chacals et des loups. La queue est longue, pendante et touffue. La tête présente une face courte et un crâne assez développé, le rapprochant du chacal, mais contrairement à lui les molaires supérieures sont à peine plus grandes que les carnassières (LORTET et GAILLARD, 1903).

Quand les chiens ne peuvent pas clairement être reliés à un des types préalablement définis, types, il s'agit en général de parias. Notons que bien que le nom « paria » soit utilisé pour désigner les chiens errants ou croisés sans foyer aux périodes dynastiques, ce terme peut être aussi appliqué aux chiens des variétés les plus primitives, qui étaient l'état de transition entre les loups et les chiens domestiques (OSBORN et OSBORNOVA, 1998).

³³ Parmi les chiens errants, les « parias » sont des chiens semi-sauvages venus se mettre en instance de domestication (ils ne figurent jamais dans des scènes de chasse ou aux côté de l'Homme d'après BOUVIER-CLOSSE, 2002), et les chiens « marrons » sont des chiens anciennement domestiqués retournés à l'état sauvage (BRIXHE, 2015).

3. Les relations Homme-chien en Egypte ancienne de l'origine aux époques tardives

Cette dernière partie fera un état des lieux des connaissances entourant l'évolution du chien en Egypte ancienne et des relations qu'il a entretenues avec l'Homme depuis son apparition sur le territoire au cinquième millénaire avant notre ère, en se concentrant davantage sur les périodes tardives, afin de discuter les problématiques concernant les pratiques funéraires entourant le chien en Egypte ancienne.

Nous insisterons donc sur les aspects liés à la morphologie des crânes de canidés, pour justifier de son importance dans l'étude des restes osseux de chiens en Egypte.

3.1. Un animal de compagnie, dans la vie comme dans la mort

Le chien bénéficiait d'un statut très favorable, plus qu'au Proche-Orient. Il faisait partie intégrante du quotidien. Les Egyptiens se refusèrent d'ailleurs à consommer de la viande de chien, même si leur sang, leurs pattes ou leurs excréments ont pu être utilisés à des visées thérapeutiques (BRIXHE, 2015).

Comme en témoignent de nombreuses représentations dès l'époque prédynastique, le chien a été utilisé par les Egyptiens pour une grande diversité de fonctions (MILES, 2010) : c'est un partenaire pour la chasse, pour garder les troupeaux, ou pour monter la garde comme auxiliaire de police. Par exemple, Kay, un membre de la police du désert au Moyen Empire, dont la fonction était de patrouiller dans le désert occidental à la recherche de fugitifs, est représenté sur sa stèle funéraire aidé par ses cinq chiens (fig 29). Certains ont même pu bénéficier du statut privilégié d'animal de compagnie. Ainsi, le chien apparaît aux côtés de son maître dans la maison et dans la tombe, que ce soit sur les représentations ou dans la sépulture. Au Nouvel Empire, dans de nombreuses tombes thébaines, des chiens sont représentés sous la chaise de leur maître, comme par exemple dans la tombe thébaine d'Ouser (TT21) (DUNAND et LICHTENBERG, 2005 ; MILES 2010 ; DECTOT, 2015 ; fig 30) ou dans la tombe TT75 (fig 30). Les chiens sont aussi représentés en laisse aux côtés des singes et d'autres animaux apprivoisés (OSBORN et OSBORNOVA, 1998).

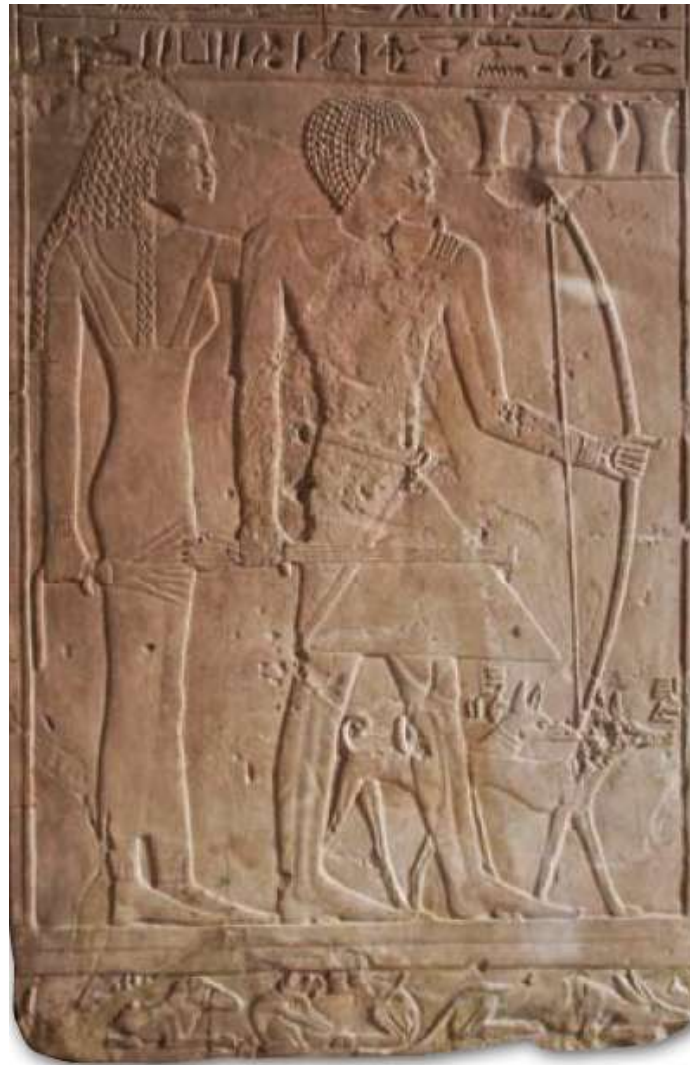


Figure 29 : Stèle de Kay, Moyen Empire. Berlin, Ägyptisches Museum ÄM22820 (d'après BRIXHE, 2015). Kay, Directeur des Chasseurs, est accompagné de deux lévriers à oreilles droites. En bas de la stèle figurent deux lévriers à oreilles droites et un troisième (en bas à gauche) à oreilles tombantes.



Figure 30 : Représentations de chiens sous la chaise : à gauche tombe de Wsr (DAVIES 1913, pl.XXV) et à droite tombe TT175 175 (<http://www.ourkalbousounaki.fr/prmob3.htm>)

Ils pouvaient aussi accompagner leur maître où celui qui s'occupait d'eux dans leur sépulture, pratique attestée dès l'époque prédynastique (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). Ceci suggère que ces animaux étaient liés à l'élite de la société (fig 31), notamment à des chasseurs (VAN NEER, 2002). Dans le site de Deir el-Banat (Fayum), un enfant de 14 ans a été retrouvé, enterré (sa momification est plutôt naturelle) avec un groupe de chiens surtout adultes, sommairement momifiés et gardés en position assise à l'aide de tiges de papyrus. Il est possible que l'enfant ait pris soin d'eux de leur vivant, alors qu'ils étaient élevés pour devenir des offrandes votives, et qu'à sa mort il ait été honoré en étant enterré avec certains de ces chiens, lui assurant ainsi une vie éternelle, en même temps qu'eux bénéficieraient de soins garantis dans l'au-delà (IKRAM, 2013).

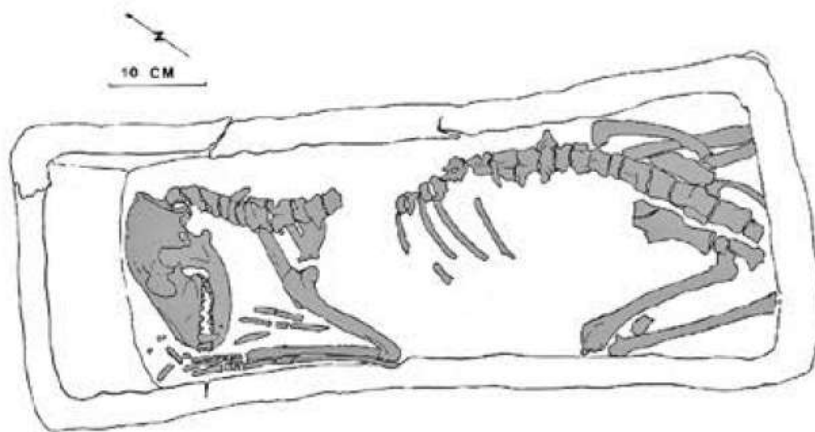


Figure 31: Sépulture de chien dans un sarcophage de pierre. Il accompagnait un haut personnage (vizir) de l'Égypte ancienne. Mastaba de Balat, vers 2200 BC (CHAIX, 2014)

Un chien pouvait être enterré avec les mêmes honneurs qu'un Homme de haut rang. Sur un bloc de calcaire réemployé dans la construction d'un mastaba de Gizeh (fin V^{ème} – début VI^{ème} dynastie), une inscription datant de l'Ancien Empire illustre l'estime qu'un Pharaon pouvait éprouver pour son compagnon (BRIXHE, 2015) :

« Chien qui fit la garde pour Sa Majesté et dont le nom était Aboutiou. Sa Majesté ordonna qu'il soit enseveli (et) que lui soit donné un très riche équipement funéraire provenant du Trésor, de fines étoffes en abondance, de l'encens, des aromates. (En outre,) Sa Majesté lui fit construire une tombe par les équipes d'ouvriers des tombes. (Et si) Sa Majesté lui fit (tout) cela, c'est afin qu'il soit un Vénéré ! »

La chienne Aya (« l'aboyeuse ») a également reçu, au Moyen Empire, des honneurs dignes d'un être humain : placée dans un sarcophage en bois portant l'inscription « offrande en pain, bière et autres biens faite par le roi à Osiris en faveur de la vénérée Aya, l'aimée de sa maîtresse » (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Sa propriétaire, une dame de haut rang, fit procéder à l'embaumement avec les mêmes rites que pour un humain, lui ouvrant ainsi l'accès au royaume des morts, non plus comme accompagnateur, mais comme individu à part entière (ce que révèle l'utilisation du terme « imakhou », traduit par « vénéré », qui s'applique aux défunts parvenus dans l'au-delà).

Il a aussi été retrouvé une magnifique momie de chien dans la tombe 50 de la Vallée des Rois (fig 32). Il s'agissait certainement d'un chien royal particulièrement apprécié, appartenant à un roi de la XVIII^{ème} dynastie, peut-être Amenhotep II (1424-1398 BC) ou Horemheb (1328-1298 BC), justifiant qu'il ait pu disposer de sa propre tombe (IKRAM, 2013).



Figure 32 : Chien momifié trouvé dans la vallée des rois (CG 29836) (photo A.M. Kellen (d'après IKRAM, 2013)

Un autre témoin de cette affection est le nom que les égyptiens donnaient à leurs chiens, évoquant leur aspect mais aussi leur caractère. Par exemple, Antef II (roitelet de la XI^{ème} dynastie, vers 3300 BC), est représenté sur les parois de sa tombe avec ses cinq chiens de chasse, deux à oreilles droites et trois à oreilles tombantes (fig 33). Ils s'appellent Behka (traduit par « gazelle »), Pehtes (« le noir »), Tekerou (« marmite »), Tekenrou et Abaker (désignant le chien de chasse en dialecte berbère, l'abaikur libyen). A l'opposé, certains Egyptiens ont porté le nom de « le chien » ou « la chienne », sans que ces noms ne soient péjoratifs (BRIXHE, 2015).



Figure 33 : Stèle du roi Antef II

<http://antikforever.com/Egypte/Dyn/Images/Dynastie%2011-17/antefIII.jpg>

3.2. Une fonction magico-religieuse et médicale

Sur le site d'Adaïma, cinq sépultures de chiens ont été découvertes au sein de l'habitat, ce qui est exceptionnel puisque seul un autre cas d'inhumation de chien dans l'habitat est connu, sur le site de Maadi (VAN NEER, 2002). Deux des chiens étaient accompagnés d'offrandes sous forme de vases. Une des hypothèses avancée par Van Neer est qu'il s'agit d'un sacrifice ou de rites liés à la fondation de certaines structures ou zones d'habitat.

Les chiens pouvaient avoir un intérêt médical. DARBY *et al.* (1977) ont recensé ces applications thérapeutiques. Les jambes et les excréments étaient utilisés pour des applications externes afin de diminuer les douleurs aux jambes, mais aussi pour les infections, l'eczéma, et comme remède contre la calvitie. Les menstruations des chiennes étaient utilisées pour l'épilation et les organes génitaux pour prévenir le blanchissement des cheveux. Manger le foie d'un chien malade rôti était censé protéger le mordu, donc contaminé par la rage, de la peur de l'eau. Les dents du chien responsable de la morsure étaient mises dans un sac et liées au bras de la victime.

A partir de la XXVI^{ème} dynastie, des dépôts associent les restes humains et de chiens dans le Fayum et à l'Oasis de Baharia, à Saqqarah et à Gizeh (IKRAM, 2013) : ces chiens font alors office d'amulettes, en assurant la continuité de l'assistance d'Anubis dans l'au-delà (HARTLEY, 2017). Il peut aussi s'agir de cas particuliers comme à Qasr 'Allam (oasis de Bahariya), où un squelette de très jeune enfant et de chien ont été traités avec autant de respect et placés accolés (fig 34) dans leur fosse au milieu de la 26^{ème} dynastie – début de la période romaine. Ceci est peut-être l'illustration d'une coutume locale ou pourrait s'expliquer par une fonction magico-religieuse dérivée de traditions égyptiennes et étrangères³⁴ (IKRAM, 2013).



Figure 34 : Sépulture d'un chien avec un enfant à Qasr 'Allam (IKRAM 2013)

³⁴ Dans la tradition gréco-romaine, à la fête de Robigalia célébrant la mise en place de Sirius, l'étoile du chien, le sacrifice de chiens aurait pu être pratiqué pour apaiser et invoquer Hecate (divinité associée à la magie, aux aires de transition) et Anubis comme dieux de l'au-delà, et assurer la sécurité du mort dans son voyage vers l'au-delà (IKRAM, 2013).

3.3. Un animal de premier plan dans le panthéon égyptien

Les récits de la Création racontent que le démiurge aurait créé les dieux, les Hommes et les animaux sans hiérarchie, sans exprimer de différence fondamentale entre les êtres vivants. Tous sont donc susceptibles de devenir des réceptacles du divin. Cette conception particulière du monde explique que l'animal fasse l'objet de valeurs morales et philosophiques et d'une considération religieuse depuis l'Ancien Empire ; les animaux sont des incarnations, des images vivantes des dieux auxquels ils se réfèrent (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

3.3.1. Considérations religieuses : un animal sacralisé

Si le culte des animaux est déjà bien établi sous la I^{ère} dynastie (3100-2890 BC) (NICHOLSON et al., 2015), il ne s'est mué en une véritable tradition qu'à partir de la XXVI^{ème} dynastie. Comment expliquer cette évolution ? En fait, il convient de distinguer les animaux sacrés (les « Uniques »³⁵), qui ont fait l'objet d'un véritable culte de leur vivant en tant qu'hypostases divines, des animaux sacralisés. Le chien fait ainsi partie de cette seconde catégorie³⁶, pour laquelle les animaux n'acquerraient une valeur symbolique religieuse qu'après leur mort, ce qui passe par la momification. La momie pouvait alors être offerte³⁷ par les pèlerins à la divinité en relation avec l'animal afin d'obtenir quelque faveur en échange. (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

Ces *ex-voto* constituent le mode de dépôt le plus commun pour le chien. Il s'opère globalement du VI^{ème} siècle BC jusqu'au IV^{ème} siècle AD (IKRAM, 2013). Ce phénomène prit peu à peu de l'ampleur jusqu'à la XXX^{ème} dynastie³⁸ et connaît son apogée sous la dynastie des Ptolémées (332-30 BC) ; une multitude de nécropoles se développe, dans lesquelles les animaux représentent la divinité locale. Le système mis en place par les temples fonctionna pendant toute l'occupation romaine puis déclina peu à peu, pour disparaître à la fin du paganisme (IKRAM, 2014 ; DUNAND et LICHTENBERG, 2005 ; NICHOLSON *et al.*, 2015). Les animaux sacralisés représentent alors un véritable enjeu économique, le système impliquant un grand nombre de classes de travailleurs (scribes, administrateurs, embaumeurs, artisans, éleveurs (ailouroboskoï, ibioboskoï, kunoboskoï), paysans, ouvriers) et religieux, puisqu'il était soutenu par les temples et les autorités) (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Cette coutume touchait des personnes de tout rang, égyptiens d'origine ou non (IKRAM, 2014). Il semble de plus y avoir eu à partir de la Basse Epoque et pendant toute la Période Gréco-romaine une recrudescence de la place de la religion osirienne dans les préoccupations des Egyptiens. Il faut peut-être voir dans cette popularité une volonté d'affirmation de la part des Egyptiens de leur identité nationale et religieuse, alors que s'effectue à l'échelle du monde méditerranéen une sorte de globalisation avec des flux migratoires de plus en plus importants ; les Libyens, les Perses puis les Grecs sont en effet de plus en plus présents sur le territoire et dans la culture (NICHOLSON *et al.*, 2015 ; LEGRAS,

³⁵ Parmi eux les taureaux Apis (le ba de Ptah, le dieu créateur de Memphis) (Nicholson et al. 2015), Mnévis ou Bouchis, le bélier Banebdebet... (CHARRON, 1990).

³⁶ Parmi eux les chats, chiens, ichneumons, musaraignes, crocodiles, faucons, scarabées, singes, poissons, lions, hippopotames...

³⁷ Il s'agit d'offrande ou d'ex-voto, car de nombreuses statuettes de bronze ont été trouvées dans les sanctuaires et nécropoles, portant une inscription mentionnant le nom du donateur, la divinité faisant l'objet du culte et une prière comme le souhait de jouir d'une longue vie (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

³⁸ Epoque où commencent vraiment à fonctionner les nombreuses catacombes de Saqqarah Nord, contenant des centaines de milliers de momies.

2016). L'installation d'un grand nombre d'étrangers en majorité grecs ou de culture grecque, à l'époque ptolémaïque (entre 332/331 et 30 BC) fait de l'Égypte une société multiculturelle au sein de laquelle se mélangent deux héritages culturels différents, en termes de langue et de religion. Ainsi, la tradition funéraire égyptienne a largement influencé les traditions grecques (CHARRON, 2002).

3.3.2. Divinités associées au chien

Deux divinités majeures étaient ciblées par la production de ces *ex-voto* chez le chien : Anubis et Oupouaout (DUNAND et LICHTENBERG, 2005), tous deux liés au monde funéraire. Cette association peut s'expliquer par l'habitude des chiens errants et des chacals de roder autour des sépultures (BRIXHE, 2015). Oupouaout, dont le nom signifie « celui qui ouvre les chemins », est le dieu des morts, conduisant les défunts à la nécropole. Il est en général représenté comme un chien noir debout sur son pavois, un uraeus dressé à ses pieds. (DUNAND et LICHTENBERG, 2005 ; BRIXHE, 2015). Oupouaout est parfois confondu avec Anubis (fig 35). Anubis a succédé à un ancien dieu local d'Abydos, Khentamentiou, le « premier des occidentaux [les morts] ». Sa fonction est essentiellement funéraire. Il est d'abord l'inventeur du processus de momification³⁹. Ainsi, dans les représentations, il apparaît penché au dessus du lit funéraire de la momie ou entoure cette dernière de ses bras (PIERRET, 1881). Il pourrait aussi évoquer le prêtre qui présidait à la momification et qui était en cette qualité autorisé à porter le masque du dieu. Il est aussi doté d'une fonction protectrice, puisqu'il conduit, protège et assiste les morts dans l'au-delà, les introduit devant Osiris et procède à la pesée du cœur en compagnie d'Horus (fig 36) avant d'annoncer le résultat (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Il est d'ailleurs appelé « le guide des chemins » parce qu'il semble frayer un passage sûr aux Hommes vers l'au-delà, en accomplissant les rites funéraires (PIERRET, 1881). Il est représenté soit sous la forme d'un chien noir couché sur une chapelle (BRIXHE, 2015), soit sous la forme d'un homme à tête de canidé (PIERRET, 1881). Pendant l'embaumement, les prêtres de cérémonie s'identifiaient à Anubis en portant des masques (OSBORN et OSBORNOVA, 1998). D'autres divinités caniformes ont existé, mais leur importance était réduite, ou alors elles n'ont pas perduré longtemps. Douamoutef par exemple, le fils d'Osiris et Isis, à tête de canidé, veillait sur l'estomac des morts.

³⁹ Dans la légende d'Osiris, après avoir été tué par son frère Seth qui dispersa son cadavre, c'est Anubis qui embauma les membres épars du défunt recueillis par ses sœurs Isis et Nephtys, créant ainsi la première momie (PIERRET, 1881).



Figure 35 : Stèle de Minnakht, Calcaire, Nouvel Empire, XVIII^{ème} dynastie, règne de Ay (1327-1323 avant J. C.) : Minnakht adore le dieu Oupouaout du Sud, figuré sous la forme d'Anubis (𓁢 ^{wsir}), encadré en rouge sur la photo, est la dénomination d'Osiris) (http://root.projetrosette.info/assets/Textes/facSimile/116/Stele_Minnakht.jpg)



Figure 36 : Pesée du cœur et de la plume de la vérité, papyrus peint d'Ani, 1275 BC, XIX^{ème} dynastie, 45x31cm, Londres, British Museum (http://4.bp.blogspot.com/-Zxv5Q5a3Aac/UMijHPZO6CI/AAAAAAAAA1c/gO_rRrZeKas/s1600/BD_Weighing_of_the_Heart+papyrus+d'ani.jpg)

3.3.3. Nécropoles de chiens

Après que les momies eurent été achetées par les pèlerins qui les offraient au dieu de leur Cité dans des temples, les services de la nécropole devaient les placer dans des catacombes au moment des fêtes de la divinité concernée (DUNAND et LICHTENBERG, 2005 ; IKRAM, 2013 ; DUNAND *et al.*, 2015). Ceci explique l'abondance des restes retrouvés dans de véritables nécropoles d'animaux.

Ces nécropoles s'étendent dans toute la zone qui s'étend du Caire actuel à Memphis⁴⁰ (NICHOLSON *et al.*, 2015 ; fig 37) : Hardai/Cynopolis, Saqqara, Asyut, Sheikh Fadl, Abydos, Badari, Stabl Antar, Gebel Abu Feda, Sheikh Fadl, Gerzeh, Hu, Kharga, Lahun, Medinet Gurab, Koptos, Manfalut, Meidum, Qaw, el-Amarna, Sharuna, et Thèbes (IKRAM, 2013). Elles apparaissent sous Nectanébo II, sont nombreuses à l'époque ptolémaïque et la plupart ont continué d'être utilisées durant la période romaine (CHARRON, 2002 ; LEGRAS, 2016). Il pouvait s'agir de simples puits creusés dans le sable ou le tafla (Stabl Antar ou Abydos), ou de catacombes creusées dans la roche (Saqqara), ou bien encore d'anciennes tombes ou d'anciens lieux de culte réutilisés (Thèbes ou El-Deir ; IKRAM, 2014). Ce dernier mode d'inhumation était le plus fréquent aux époques tardives, même si seule la Haute Egypte a été touchée par ce phénomène (IKRAM, 2004 ; DUNAND et LICHTENBERG, 2005) : les égyptiens n'avaient sans doute pas toujours le temps, ou bien les moyens, d'aménager des tombes qui leur soient exclusivement dédiées (DUNAND *et al.*, 2015a).

Dans le cadre de dépôts rituels, les chiens sont enterrés ensemble, en groupes, loin de tout reste humain (HARTLEY, 2017). Les nécropoles pouvaient être destinées à plusieurs dieux et donc contenir plusieurs espèces animales. Quelques rares associations avec le chien ont ainsi été constatées au cours de la Basse Epoque et de la période gréco-romaine (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Par exemple, le site de Shunet ez-Zebib est caractérisé par une association chiens-ibis (IKRAM, 2013). Des associations Homme-chien volontaires sont parfois constatées (cimetière de Teti à Saqqara, Deir-el-Banat dans le Fayum, à l'oasis de Baharia) : peut-être que les humains concernés ont joué de leur vivant un rôle dans la vie des chiens ou dans le culte auquel ils sont liés (IKRAM, 2014).

⁴⁰ Peu d'informations sont disponibles sur les nécropoles du delta, du fait de la densité de population actuelle qui rend plus difficile la réalisation de fouilles (CHARRON, 2002).

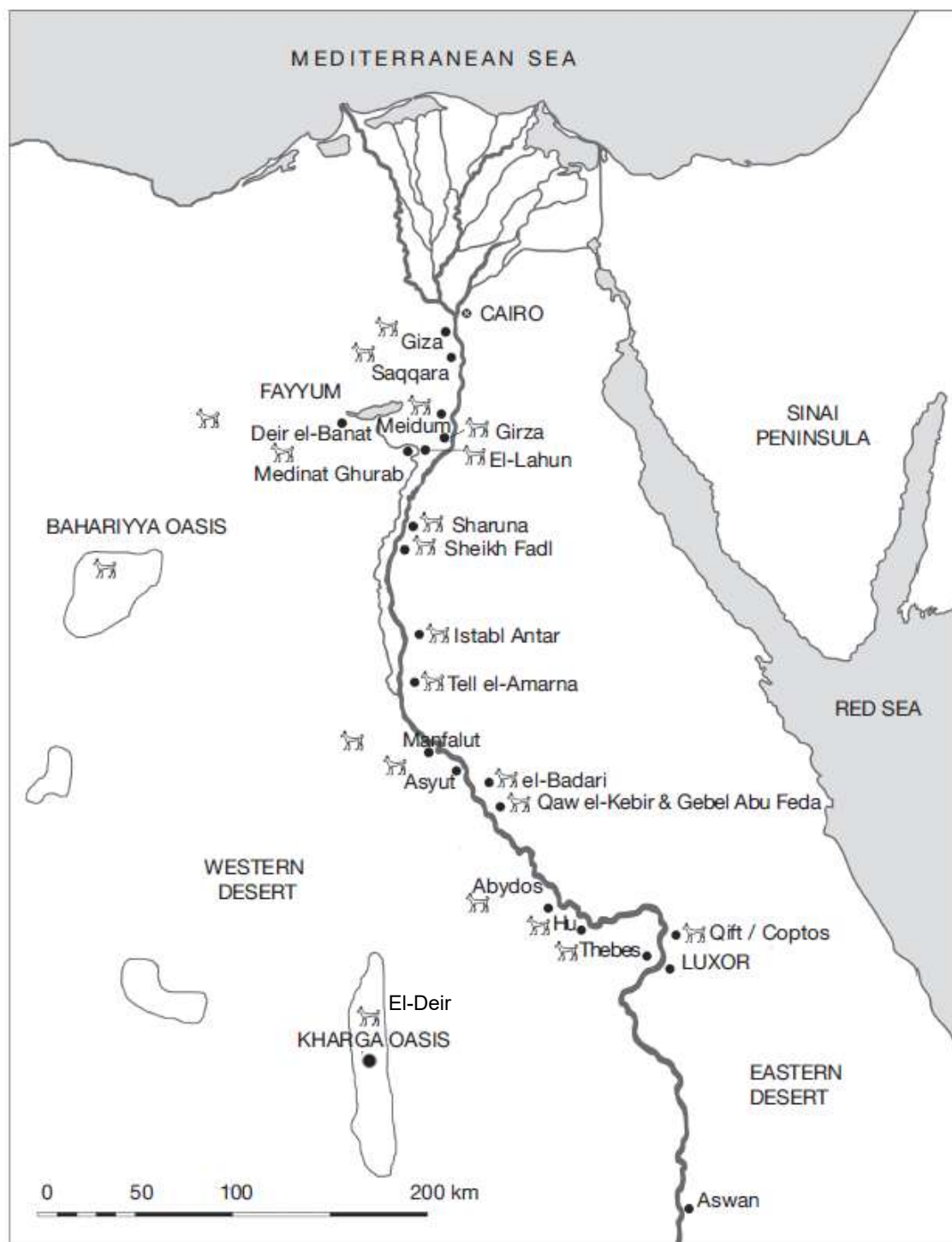


Figure 37 : Carte des nécropoles de chien en Egypte (IKRAM, 2013)

3.3.4. Procédés de momification

Les momies étaient préparées par les taricheutes, dans des ateliers à proximité des élevages et des nécropoles. Les techniques se sont améliorées et simplifiées au cours du temps, générant des coûts moindres, et rendant de ce fait la momification des animaux accessible à une clientèle de plus en plus large : même les moins fortunés avaient la possibilité de déposer une offrande en l'honneur d'une divinité (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

Hérodote rapporte le principe de momification tel qu'il était fait vers 450 BC. Trois types d'embaumements étaient proposés à la famille du défunt en fonction de ses moyens financiers, et les embaumeurs s'appuyaient sur des modèles de momies en bois peint. Le témoignage d'Hérodote doit être considéré avec prudence : les études scientifiques confirment plus ou moins ses écrits (CHARRON, 2002).

Les auteurs classiques sont presque muets au sujet du procédé exact de la momification des animaux sacrifiés (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Une raison possible à ce silence est donnée par Plutarque :

« Les consécration des animaux vénérés sont tenues secrètes et ont lieu à des dates irrégulières, en fonction des circonstances. Le public n'en n'est pas informé, sauf lorsqu'on célèbre les funérailles d'un Apis. »

Diodore de Sicile donne tout de même quelques informations :

« Quand meurt l'un des animaux mentionnés, ils l'enveloppent dans un fin tissu de lin, se frappent la poitrine en gémissant et le transportent pour l'embaumer. Puis une fois traité à la résine de cèdre et aux substances odoriférantes et propres à assurer une longue conservation du corps, ils l'ensevelissent dans des coffres sacrés. »

Si l'on en croit un pectoral en bois en forme de chapelle ayant appartenu au scribe royal Amenmose, conservé au Louvre, le rite d'ouverture de la bouche était pratiqué sur les animaux comme chez l'Homme, leur permettant d'accéder au rang d'Osiris (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

L'étude directe des momies a permis de tirer un peu plus d'informations (fig 38). Les animaux pouvaient être éviscérés⁴¹ par une incision ventrale (ou sur le flanc) ou par un lavement à l'huile de cèdre, l'intérieur était lavé et séché au natron (à l'état solide, en cristaux ou en poudre), puis des huiles, des résines de conifère et de la cire d'abeille étaient appliqués pour protéger le corps de la putréfaction, et enfin celui-ci était emballé dans des bandages de lin, et pouvait être bandeletté, parfois avec des jeux de couleurs (DUNAND et LICHTENBERG, 2005 ; IKRAM, 2013 ; IKRAM, 2014). Des détails anatomiques (museau, oreilles, yeux) pouvaient y être reportés⁴².

⁴¹ Il ne semble pas que l'extraction du cerveau ait été réalisée mais c'est toujours un sujet d'intérêt (IKRAM, 2014).

⁴² Ce n'était pas systématique : à El-Deir au moins, les animaux n'ont pas fait l'objet d'un traitement aussi soigné (C. CALLOU, comm. pers.).

Les canidés sont le plus souvent présentés comme des manchons d'où seule la tête apparaît (fig 38) : à cet effet, les pattes avant étaient étendues le long de la poitrine, les pattes arrière repliées, la queue ramenée sur le devant du corps et la tête dressée, à l'aide de liens mis en place avant que la rigidité cadavérique n'ait fait son œuvre. Si des os manquaient, l'embaumeur remodelait un corps à l'image de l'animal, usant de tiges de papyrus entrecroisées ou unies par des liens, de chiffons. Par exemple, pour certaines des momies de canidés d'El-Deir, les liens entre la tête et le tronc ont été consolidés avec des tiges de gerid (tiges ligneuses du palmier dattier), les corps étaient recouverts d'une ou plusieurs couches de toile ou de bandelettes de lin blanc et de bandelettes colorées (généralement brunes) entrecroisées, de façon à créer des motifs géométriques plus ou moins complexes.

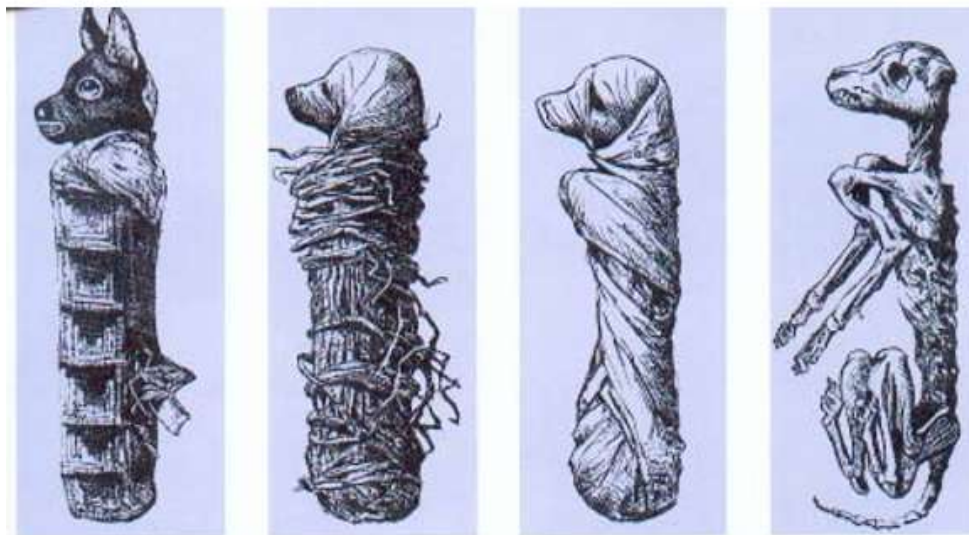


Figure 38 : Les différentes phases de l'embaumement d'un chien, visualisées sur la momie de la nécropole de Cynopolis (NEAULT, 2003)

Les momies ne sont pas toutes réalisées avec le même soin et ne contiennent pas toujours ce qu'elles annoncent, sans que cela ne semble avoir changé leur valeur : le corps n'est pas nécessairement complet, il peut y avoir les restes de plusieurs animaux, de la même espèce ou d'espèces différentes, et plusieurs espèces pouvaient servir à représenter la même divinité (comme vu précédemment, Oupouaout pouvait être représenté par divers canidés à Assiout : des chiens de différentes races, des chacals et des renards). Il est aussi possible que certains fragments provenant d'animaux trouvés morts naturellement aient été traités de façon à jouer le rôle d'un animal entier (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Ces fausses momies pouvaient être une réponse possible des prêtres à des périodes où la demande en *ex-voto* était particulièrement forte (HARTLEY, 2017).

Certaines momies de chiens étaient ensuite placées dans des sarcophages, soit en calcaire (plutôt rares et de moindre qualité comparé aux animaux sacrés⁴³), soit en bois, ou plus fréquemment dans des jarres en terre cuite munies d'un couvercle (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).

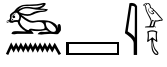
⁴³ Par exemple à Anateopolis, des chiens ont été placés à la fin de l'époque ptolémaïque dans de petits sarcophages en calcaire, bien plâtrés, eux-mêmes placés dans de simples cuves (DUNAND et LICHTENBERG, 2005).


3.3.5. Du chien à l'offrande : textes vs vestiges, sélections et quid du statut de l'animal vivant ou momifié ?

Aucun chien n'étant distingué de ses congénères de son vivant, il ne semble pas y avoir eu de choix particulier pour la fabrication d'offrandes : n'importe quel canidé pouvait être utilisé pour représenter la divinité de la cité.

3.3.5.1. Sauvage versus domestique

Les animaux sauvages (chacal, renard⁴⁴) ont pu être associés aux divinités caniformes. Le chacal était associé à la mort car c'est un animal nocturne, charognard, vecteur de rage inéluctablement mortelle. Il a souvent été relié à Oupouaout et Anubis du fait de sa niche écologique : désertique, mais jamais loin d'une oasis, errant autour des cimetières la nuit, dévorant les offrandes sur les tombes, c'est le candidat idéal pour guider les âmes des morts dans le désert et les conduire à Osiris en les protégeant dans l'au-delà. Cependant, les associations que les scientifiques ont essayé de faire entre les divinités et un type de canidé sont sujettes à confusions. D'abord, l'interprétation des figurations est subjective et il est possible qu'en fonction de l'époque et du lieu, la symbolique de ces divinités ait changé, donnant des représentations canines différentes. De plus, l'usage des termes est ambigu : les déterminations grecques et romaines ont pu influencer les croyances populaires (ils associaient Lycopolis à la ville du loup et au chacal, donc à Oupouaout et Cynopolis à la ville

du chien), le terme de chien loup ($wnš-ʾw$ ) est incertain car les auteurs ont pu l'utiliser pour désigner de grands chiens, des chiens errants, des chacals ou des loups. En effet, si les égyptiens semblent avoir eu bien conscience que tous les canidés étaient

apparentés ($hsst$ ) désignait les « canidés » à l'époque gréco-romaine), la correspondance entre la classification actuelle des canidés et celle qu'en faisaient les

Egyptiens pouvait être très différente. Par exemple $wnš$ peut correspondre au loup, mais aussi au chacal ou au lycan (BOUVIER- CLOSSE, 2002). Ainsi, d'après OSBORN et OSBORNOVA (1998), « toutes les assomptions qui consistent à affirmer que les divinités canines représentent un chacal, un chien, ou un loup sont sans fondement ».

Lorsqu'on considère l'étude des ossements retrouvés dans les nécropoles, si la plupart appartiennent à *Canis familiairs*, des restes de canidés sauvages sont aussi attestés. Des os de renard roux ont été trouvés avec des restes d'Hommes momifiés dans les tombes de Gebel Durunka (OSBORN et HELMY, 1980), poussant les chercheurs à croire qu'Anubis était un renard plutôt qu'un chacal car la plupart des hiéroglyphes évoquant Anubis avaient la queue d'un renard. Du renard famélique a été trouvé à Assiout et à El-Deir (DUNAND *et al.*, 2005), et du chacal doré a été déterminé à Assiout (KITAGAWA, 2013).

⁴⁴ Une hypothèse est que seul le renard noir aurait été considéré comme sacralisé puisqu'il existe des scènes de chasse de renard roux, le rendant peu compatible avec ce rôle privilégié (OSBORN et OSBORNOVA, 1998).

3.3.5.2. *Le sexe*

La question du choix du sexe a été peu étudiée jusqu'ici mais il semblerait que pour les animaux multiples, les égyptiens n'aient pas privilégié un sexe au dépend de l'autre. C'est en tout cas montré pour les chats de Saqqara et Balat et les singes de Touna el-Gebel (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Pour le chien, plusieurs études (IKRAM, 2013 ; HARTLEY, 2017) suggèrent une nette majorité de mâles, ce que les auteurs expliquent par le fait que les égyptiens utilisaient des animaux dont le sexe était à l'image de celui du dieu Anubis. La présence de femelles s'expliquerait alors par une volonté de faire face à une forte demande, à un moment où l'approvisionnement en chiens mâles serait insuffisant. Il est aussi possible qu'elles aient été réservées pour la reproduction (IKRAM, 2013). Il convient cependant d'être extrêmement prudent avec ces assertions, les articles se basant sur l'utilisation de critères de distinction à partir du crâne dont la fiabilité est incertaine (voir partie expérimentale).

3.3.5.3. *L'approvisionnement en animaux*

L'origine des chiens momifiés reste à préciser. Dans l'état actuel des connaissances, les animaux tombant dans l'anonymat à leur transformation en *ex-voto*, il n'y a aucune certitude sur la possibilité qu'ont pu avoir les Hommes d'honorer le dieu de leur cité en lui offrant une momie réalisée à partir de leur animal de compagnie (DUNAND et LICHTENBERG, 2005), même si cela reste une hypothèse tout à fait envisageable, surtout à des périodes de forte demande. Les animaux retrouvés morts, sauvages comme domestiques, ont pu servir à la production d'*ex-voto*, même si LORTET et GAILLARD (1907) considèrent que pour le chien cela est moins probable puisque la plupart des squelettes examinés n'ont pas révélé d'individus malades ou âgés mais plutôt des animaux robustes.

Des sources textuelles témoignent de l'existence d'élevages, parfois gigantesques, comme à Saqqara. Quelques éléments de la vie quotidienne en sont même connus. L'élevage pouvait se faire près du lieu de culte, dans des dépendances des temples, mais jamais un animal sacralisé vivant n'avait accès au saint des saints du temple de la divinité qu'il représentait. Les animaux sacralisés étaient encadrés par du personnel, dépendant du temple et chargé de leur nourriture et de l'entretien des lieux d'élevage (DUNAND et LICHTENBERG, 2005). Strabon écrit d'ailleurs que « viennent ensuite le nome cynopolite et la ville de Cynopolis où Anubis est honoré ; un culte et un don de nourriture sacrée y sont organisés pour tous les chiens ». Toutes les espèces ne devaient pas recevoir une alimentation aussi soignée et les animaux vivant en semi liberté devaient peut-être rechercher eux-mêmes une partie de leur nourriture. Sur une stèle dédiée à Anubis, un texte grec inscrit par Pasos indique qu'il était probablement responsable de l'alimentation et du soin des chiens sacrés associés au culte d'Anubis :

« Pour Apollonius et Zenon : Pasos, nourrisseur [traduction du terme grec *κνοβοσκός*] de chiens sacrés, à Anubis Comme une offrande »

(CHARRON, 2001).

3.3.5.4. Les animaux sacralisés dans le droit égyptien ancien

Plusieurs textes (latins, grecs et égyptiens) nous renseignent sur la répression des violences envers les animaux sacralisés sous les Ptolémées (LEGRAS, 2016). Parmi eux, le manuel de droit démotique⁴⁵ aux lignes 25 à 28 (traduction d'après S. L. Lippert, dans LEGRAS, 2016) n'indique pas clairement la sanction juridique suivant des mauvais traitements ou la mise à mort de l'animal sacré ou sacralisé, mais il mentionne la prison (sanction ou dans l'attente d'un procès ?) :

25 (En) « prison » : « Si quelqu'un offense/maltraite (un animal sacralisé), quelque (?) (chat), quelque (?) [...], quelque (?) [...],
26 quelque (?) ichneumon, (quelque) bovin-gm noir, (quelqu)e vache, quelque (?) chien, [quelque (?), quelque (?)....., quelque (?).....,]
27 attendu qu'il y a dix animaux sacralisés, (...), chien, qui est écrit ci-dessus : (deux) chiens [.....]
28 Offense/mauvais traitements, qu'il a dit » Son explication : Celui qui incite aux mauvais traitements [.....]

Selon Diodore de Sicile, la protection religieuse pour les animaux serait plus grande que pour les Hommes :

« On affirme en effet qu'un jour, sous la pression d'une famine, nombre d'Égyptiens portèrent la main sur leurs semblables, poussés par le besoin, mais que pas un seul ne put être accusé d'avoir touché aux animaux sacrés ».

Hérodote déclare aussi :

« Si quelqu'un tue l'un de ces animaux, si c'est volontairement, sa punition est la mort ; si c'est involontairement, il paie une amende telle que la fixent les prêtres. Mais quiconque tue un ibis ou un faucon, volontairement ou involontairement, doit mourir ».

Et enfin Cicéron écrit :

« Qui ne connaît la coutume des Égyptiens ? Ces gens dont l'esprit est imbu de superstitions bizarres affronteraient les pires tortures plutôt que de porter une main sacrilège sur un ibis, un aspic, un chat, un chien, un crocodile, et même s'il leur arrivait par mégarde de commettre rien de tel, il n'est point de châtiment qu'ils ne reconnaîtraient légitime ».

Toutefois, aucune des sources ne permet de conclure à l'existence de la peine de mort pour le meurtre des animaux sacralisés « multiples ». Le témoignage de Diodore⁴⁶, très

⁴⁵ Papyrus Berlin P 23757 (recto) provenant d'Achmin (Panopolis), datant d'après 245 BC, publié en 2004 par Sandra Luisa Lippert (LEGRAS, 2016).

⁴⁶ En 60-59 BC, un visiteur romain est mis à mort suite au meurtre accidentel d'un chat : « la foule (égyptienne) se précipita vers la demeure du coupable et ni les magistrats envoyés par le roi pour le protéger ni la peur inspirée par Rome n'eurent assez de force pour empêcher le châtiment de l'homme, bien que son acte ait été involontaire » (LEGRAS, 2016).

souvent évoqué, est plus un cas particulier de lynchage par une foule déchaînée à Alexandrie envers un étranger.

Cette répression judiciaire pourrait s'expliquer de deux manières : peut-être permettait-elle de protéger les intérêts économiques du clergé égyptien s'occupant de la vente des animaux sacralisés aux fidèles, ou peut-être illustre-t-elle la volonté qu'ont pu avoir les égyptiens de punir un délit d'impiété.

3.3.5.5. Conditions de vie et de mort des animaux sacralisés

Quelle application était-elle faite de ces considérations dans les élevages ? Peu d'études archéozoologiques se sont penchées sur les conditions de vie réelles qu'ont pu connaître ces chiens dans les élevages. La thèse de Mary HARTLEY (2017) évoque une fréquence assez importante de maladies parodontales, indicatrices d'un stress biologique et environnemental ; les conditions d'élevage auraient peut être été plus difficiles que ne le laissent penser les textes.

Il serait légitime de s'attendre, étant donnés les écrits sur le statut protégé des animaux sacralisés, à ce que ceux-ci soient morts de mort naturelle, comme c'est effectivement le cas pour les animaux sacrés. Cependant, l'étude des momies depuis le début du XX^{ème} siècle, en particulier par LORTET et GAILLARD (1903 et 1907), a révélé pour de nombreuses espèces des traces de coups, de mutilations, et qu'un grand nombre d'animaux étaient morts très jeunes. Il semblerait ainsi qu'une bonne partie des animaux sacralisés ait été tuée (fig 39), afin de fournir les fidèles en animaux momifiés (LORTET et GAILLARD, 1907 ; DUNAND et ZIVIE-COCHE, 1992). Ainsi, les canidés d'Assiout portent les traces de strangulation (des lésions aux vertèbres, au larynx ou aux premiers anneaux de la trachée) (DUNAND et LICHTENBERG, 2015 ; LEGRAS, 2016). Toutefois, les preuves matérielles pour les chiens restent faibles : une étude radiographique portant sur 103 momies de chiens à El-Deir n'a révélé qu'une seule fracture du crâne sur un chien (non cicatrisée donc probablement létale), et une seule dislocation vertébrale compatible avec une strangulation. Cependant, parmi les techniques possibles de mise à mort, la plupart ne laissent pas de trace sur le squelette (noyade, empoisonnement, placés dans des sacs avec des pierres et noyés dans des réservoirs de natron), ce qui ne doit pas, cependant, conduire à les écarter.

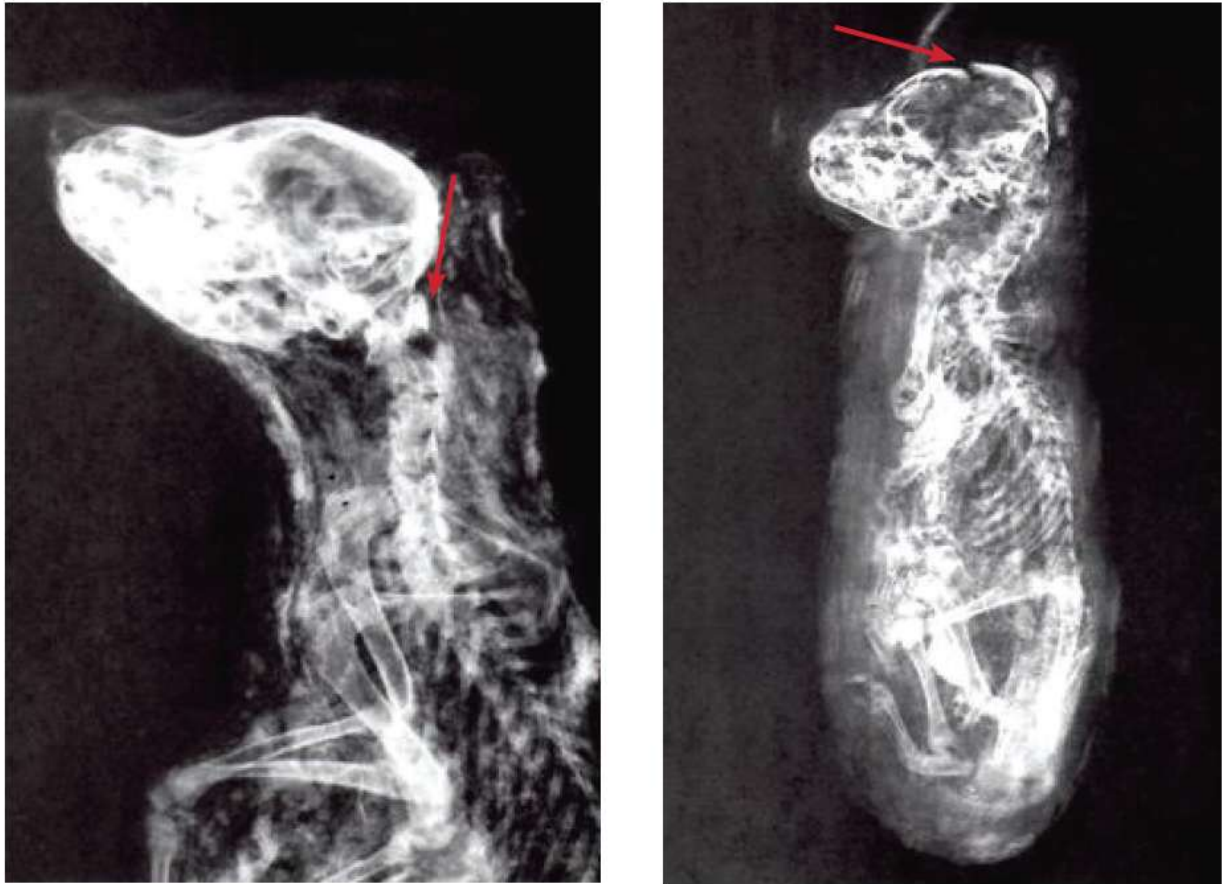


Figure 39 : Radiographies de momies de chiens montrant une strangulation (à gauche) et fracture crânienne (à droite), deux lésions probablement à l'origine du décès (DUNAND et LICHTENBERG, 2005)

Dans les cimetières de chiens, les animaux sont jeunes, voire très jeunes ; les animaux âgés sont rares (Anubeion de Saqqara, Dépôt de Tétishéri à Abydos, tombes d'Asiout), Cela témoigne sûrement d'une activité de reproduction dans les élevages, mais peut être aussi d'un choix stratégique pour minimiser les pertes économiques (plus un individu est gardé longtemps plus il coûte cher, car il faut s'en occuper, le nourrir...).

Conclusion de la partie bibliographique

Grâce à cette partie bibliographique, nous avons donné les principales pistes de réflexion devant être prises en compte si ces vestiges datent des périodes tardives et que le contexte correspond à un dépôt d'*ex-voto*. La figure 40 résume la démarche préconisée.

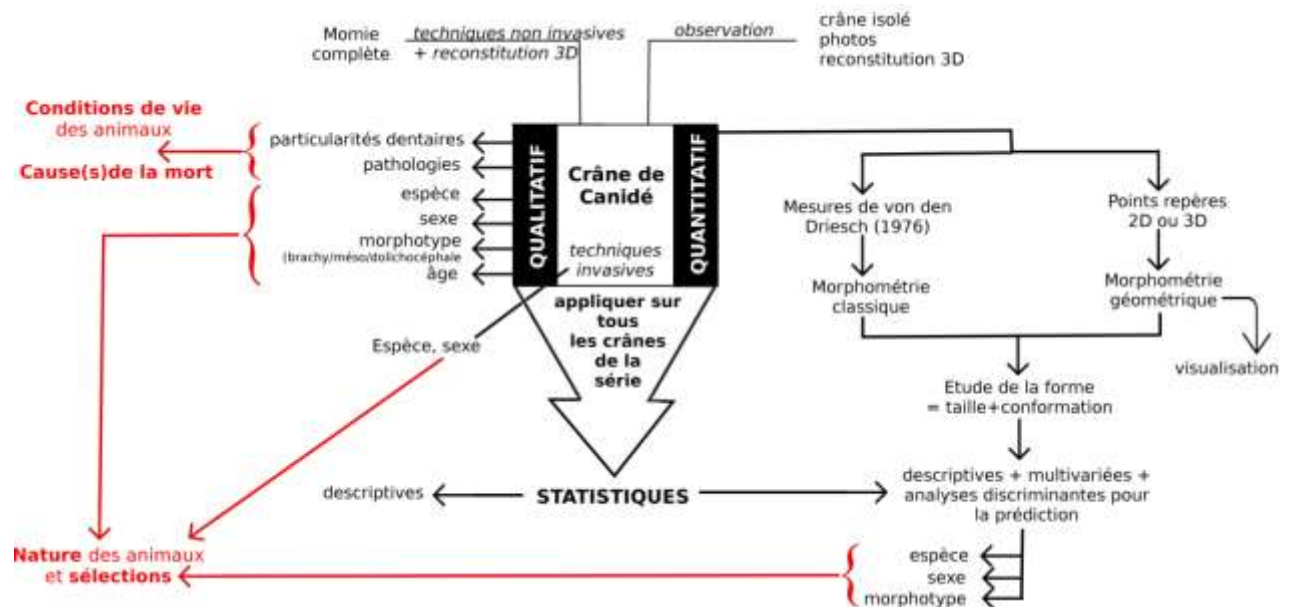


Figure 40 : Les étapes de l'étude craniologique pour comprendre les relations Homme-chien en Egypte ancienne.

En fonction de la forme sous laquelle le crâne se présente, des moyens d'études différents seront envisagés. Dans le cas où le crâne se trouverait dans une momie complète, des méthodes d'imagerie non invasives pourront être utilisées de manière à obtenir une reconstitution en trois dimensions, présentation se prêtant le mieux à une analyse de la forme (les radiographies posant le problème de la superposition des structures). Que le crâne soit réel ou virtuel, il faudra le soumettre à une étude qualitative et quantitative de la morphologie. L'étude qualitative est la seule susceptible de donner des informations renseignant sur les conditions de vie des animaux voire les raisons de leur mort. En d'autres termes, c'est une étape indispensable pour connaître le statut de l'animal. L'étude quantitative, en fonction des moyens et du temps disponibles, pourra faire appel à la morphométrie classique ou à la morphométrie géométrique, cette dernière offrant l'avantage de visualiser les conformations et permettant une analyse plus fine de la morphologie. Elle reste cependant à cette heure inutilisée concernant le sujet du chien en Egypte ancienne. Les études qualitative et quantitative permettent ainsi d'accéder à la nature des animaux (sexe, âge, morphotype).

En travaillant aux époques tardives, sur des dépôts d'*ex-voto*, un grand nombre de crânes seront disponibles. Quels que soient le dépôt et la stratégie d'échantillonnage, le chercheur aura tout intérêt à travailler sur un échantillon important de manière à pouvoir travailler à l'échelle de la population. Une fois que tous les crânes de la série seront soumis à l'étude qualitative et quantitative, les résultats pourront être regroupés et les statistiques pourront être utilisées, ce qui permettra de tirer des tendances concernant les pratiques de sélection des animaux avant leur transformation en offrande. Les résultats obtenus devront toujours être mis en parallèle avec les textes (qui peuvent avoir tendance à enjoliver le passé) et les informations que l'on a sur le contexte chrono-culturel. Enfin, travailler sur des séries de crânes et l'utilisation des statistiques ont un sens au sein de chaque site mais aussi pour comparer les sites entre eux afin d'étudier l'évolution des pratiques au cours du temps ou dans l'espace.

Avatar ultime de ce lien métaphysique si particulier entre l'humain et l'animal, le crâne apparaît donc comme la pièce de choix pour tout archéozoologue s'intéressant aux relations Homme-chien en Egypte ancienne.

- PARTIE EXPERIMENTALE -

Etude crânio-morphologique et métrique comparée d'une série de crânes de chiens égyptiens momifiés (El-Deir) et comparaison avec des chiens actuels et anciens (Kerma).



Photo C. Callou, c104, El-Deir

1. Présentation du contexte archéologique : les nécropoles d'El-Deir dans l'oasis de Kharga

Parmi les nécropoles de chiens présentes en Egypte, celles situées dans l'oasis du désert oriental ont fait l'objet d'une exploration systématique au cours des vingt dernières années. A Kharga, trois sites ont été explorés, datant essentiellement de l'époque romaine, avec quelques éléments les faisant remonter au premier siècle avant notre ère (CHARRON, 2002). Parmi ceux-ci, les nécropoles d'El-Deir sont l'objet principal de notre étude.

1.1. Localisation et organisation du site

El-Deir se situe à 30 km au Nord-Est de la ville moderne de Kharga (fig 41). Il s'agissait d'un lieu d'arrêt important sur la route commerciale Nord-Sud (s'étendant de la Vallée du Nil au Soudan et au Darfour) et sur l'axe Est-Ouest (de la vallée du Nil aux oasis du désert lybien) (HUCHET *et al.*, 2013). Après avoir été longtemps ignoré par les archéologues et largement pillé, le site a été exploré à l'occasion d'une fouille de sauvetage, par l'équipe Alpha-nécropolis à partir de 1998.

Le site d'El-Deir se compose en fait de cinq nécropoles (Sud, Nord, Nord-Est, Est – la plus vaste – et Ouest), d'une forteresse⁴⁷, et d'un atelier d'embaumeur entre les nécropoles Sud et Ouest (fig 41). Ces cimetières remontent à l'occupation perse (5^{ème} siècle BC) et peut-être même à une période antérieure, mais la plus importante période d'occupation date de l'époque ptolémaïque (332–30 BC) et au début de la période romaine (un petit cimetière chrétien atteste de la dernière phase d'occupation, à la fin du 4^{ème} ou du 5^{ème} siècle de notre ère, d'après les céramiques). Le site serait resté inoccupé pendant au moins 900 ans, à partir de 450 de notre ère. Originellement utilisées comme des cimetières humains, certaines tombes ont été réemployées pour y déposer des offrandes animales, quasi-exclusivement des chiens (DUNAND *et al.*, 2015b).

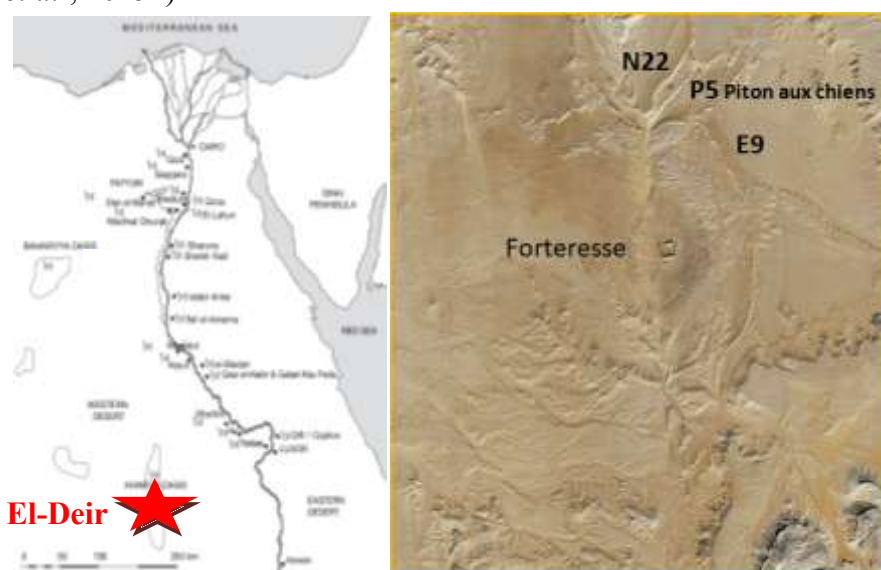


Figure 41 : Localisation du site d'El-Deir à partir de la carte des nécropoles de chiens (IKRAM, 2013) et vue satellitaire (google)

⁴⁷ La forteresse a le plus probablement été construite par l'armée romaine à la fin du III^{ème} siècle, et visait à contrôler et protéger les routes et l'oasis des tribus nomades.

1.2. La découverte de centaines de restes momifiés de chiens

Des centaines de restes de chiens momifiés, plus ou moins bien conservés, y ont été retrouvés dans certaines tombes. D'abord dans le cimetière Nord (N), en 2001: dans deux chambres funéraires de la tombe N18, quatre petits chiens momifiés ont été mis au jour, très bien bandelettés, suggérant des chiens de compagnie enterrés avec leurs maîtres, et dans la tombe N22, des restes squelettiques d'au moins 40 chiens. Puis, en janvier 2002, un autre dépôt, plus imposant, a été découvert dans le cimetière Est (E) : plus de 250 chiens, certains bien momifiés et préservés, mais la majorité à l'état de squelette, dans les tombes E4 et surtout la tombe E9. Une grande quantité de chiens a aussi été mise au jour au niveau de la butte située entre les ridges Nord et Est, devenue « piton aux chiens » (P). De nombreux restes jonchent le sol du piton, et proviennent sûrement de la tombe P5, où 78 momies complètes de chiens ont été retrouvées, ainsi que les restes squelettiques ou momifiés d'environ 20 autres canidés. Deux petites momies de chiens (P0.01 et P0.02) ont été trouvées près de la tombe P4. Du fait de pillages survenus avant et entre les saisons de fouille et de l'intervention du service des antiquités qui souhaitaient remettre de l'ordre, des erreurs d'appartenance ont parfois été constatées (DUNAND *et al.*, 2015b).

S'agissant d'anciennes tombes humaines, les restes de chiens ont été retrouvés mêlés avec des restes humains : le caveau 1 de la tombe E9 a révélé des restes humains momifiés de 4 adultes et de 4 enfants de 1 à 10 ans, la tombe P5 a livré les restes d'une dizaine de momies humaines. Le matériel funéraire découvert (sarcophages de calcaire blanc) indique que ces tombes ont été aménagées à l'époque ptolémaïque, puis réutilisées pour y déposer des momies de canidés, après un laps de temps relativement court, sans qu'il soit possible d'en préciser le temps réel (DUNAND *et al.*, 2012 et 2015b).

Devant l'étendue des restes trouvés, l'hypothèse la plus probable est qu'il pourrait s'agir d'un dépôt d'offrandes faites à un dieu sous forme canine, Anubis ou Oupouaout afin que les voyageurs obtiennent protection lors de leur traversée dans le désert. Oupouaout figure d'ailleurs sur une enseigne de la tombe N7 (fig 42). Il devait exister dans la région un temple dédié au culte de ce dieu, mais celui-ci n'a pour l'heure toujours pas été découvert (DUNAND *et al.*, 2015a).



Figure 42 : Oupouaout sur une enseigne (tombe N7). Photo R. Lichtenberg sur <http://www.chirdent.net/alpha-necropolis/articles.php?zone=deir&cmd=lire&id=1>

Cette hypothèse est confortée par la découverte de nombreux canidés momifiés dans des tombes de Dabashiya situées à treize kilomètres d'El-Deir. Il est possible que les nécropoles de Dabashiya et d'El-Deir aient fonctionné en parallèle, partageant un même temple, voire que cette connexion ait été plus étendue dans la Vallée du Nil, puisqu'une inscription invoquant Anubis (*inpw dw*) a été retrouvée le long de Darb Ain Amur, la route connectant Kharga à Dakhla, bien qu'aucun cimetière canin n'ait été découvert pour le moment à Dakhla (IKRAM, 2014).

1.3. Etudes déjà menées sur les chiens momifiés d'El-Deir

Les restes retrouvés ont fait l'objet d'une étude en plusieurs étapes. Les restes momifiés ont été radiographiés sur place par R. Lichtenberg, les restes squelettiques isolés ont été classés, mesurés et pris en photo, les pathologies, caractères épigénétiques et qualitatifs enregistrés par C. Callou, en vue d'une étude différée, du fait de la courte durée des missions et des conditions de terrain particulières. La législation actuelle égyptienne interdit de sortir du territoire des restes archéologiques (article 13 de la loi n°117 de 1983 portant promulgation de la loi sur la protection des antiquités). Ceux-ci sont par ailleurs considérés différemment en fonction de leur nature : les objets façonnés (perles, oushebti, mais aussi momies bien conservées) sont conservés dans des dépôts, où ils peuvent être ré-étudiés *a posteriori* ; les restes squelettiques, fragments de momies sans forme sont étudiés sur le site même puis ré-inhumés à la fin de l'étude.

Le site aurait abrité au moins 413 chiens (dénombrement à partir des combinaisons squelettiques, CALLOU, *sous presse*) auxquels s'ajoutent 82 momies bien bandelettées et des fragments radiographiés. Plus de 500 chiens ont donc été présents sur le site.

Ceux-ci sont de tout âge, sans qu'il soit possible de dire si une classe d'âge a été sélectionnée préférentiellement⁴⁸.

⁴⁸ Chiots de 1 ou 2 mois : 25% ; jeunes adultes de 6 à 15 mois : 36% ; chiens de plus de 4 ans : 16.5% (Dunand et al. 2015a).

Les calculs d'indices sur 141 humeri (DUNAND *et al.*, 2015a) montrent que les chiens d'El-Deir ont une morphologie assez homogène : plutôt de taille moyenne (40 - 60cm au garrot), plutôt robustes que sveltes. La combinaison des mesures de la taille et de la proportion de la diaphyse n'ont pas permis de distinguer mâles et femelles, sûrement à cause de la présence de plusieurs morphotypes. Une étude de morphométrie classique menée par C. Callou sur une partie des crânes a révélé l'existence de cinq groupes, liés à des morphotypes différents (salukis et greyhounds, mastiffs, chiens communs type parias), et peut-être à des sexes différents, le paramètre n'ayant pas pu être évalué (DUNAND *et al.*, 2015a ; fig 43).

La cause de la mort n'a pas pu être identifiée pour l'instant, seul un chien a montré des signes de trauma suggérant une mise à mort volontaire. Les momies entières sont en cours d'étude afin de rechercher d'éventuelles traces de strangulation (DUNAND *et al.*, 2015a). Une autre momie d'un chiot âgé de 4 ou 5 mois, découverte dans la tombe P5, présentait une infestation par de nombreuses tiques, toujours attachées à sa fourrure, avec une grande concentration dans l'oreille droite. Elle était également fortement parasitée par la mouche *Hippobosca longipennis* (HUCHET *et al.*, 2013). De nombreuses pupes de diptères Sarcophagidae et Calliphoridae (sarco-saprophages, mangeuses de chair), agents potentiels de myiase traumatique, se seraient installés dans les zones de morsure par les tiques. Toutes ces espèces sont des vecteurs potentiels de différents pathogènes responsables de maladies (Babésiose, Leishmaniose Ehrlichiose) qui pourraient être responsables d'une mort prématurée de ce chiot et peut-être d'autres individus. Ces agents montrant une activité accrue pendant la saison chaude, la mort de l'animal a pu survenir à cette période.

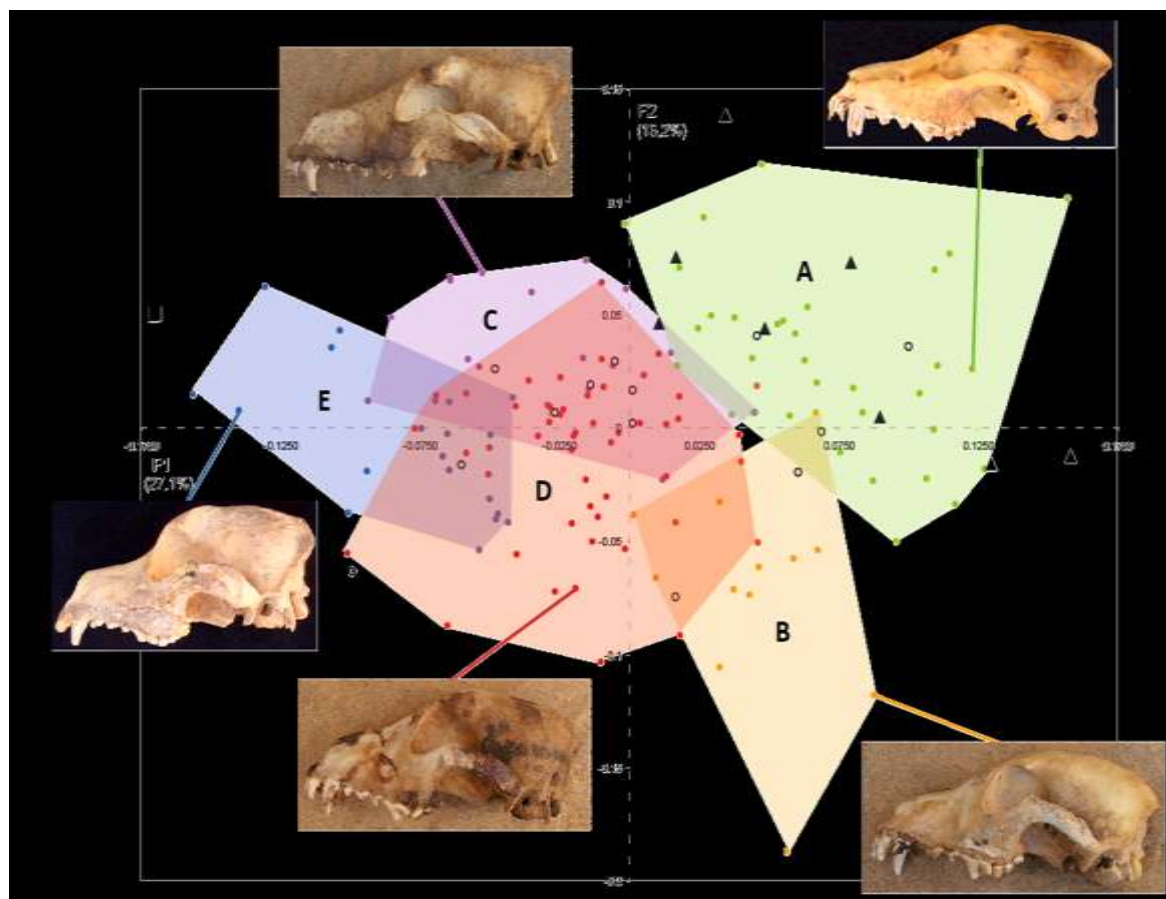


Figure 43 : Distribution des différents crânes de chiens à El-Deir
(C. Callou in DUNAND *et al.*, 2015b)

2. Matériel et Méthodes

2.1. Le matériel étudié : collection d'El-Deir et constitution de la collection de comparaison

2.1.1. La série de chiens d'El-Deir

L'objet principal de l'étude est le crâne d'une centaine de chiens provenant des tombes N22, E9 et P5 (voir plus loin, tab VIII et IX pour les effectifs). Tous les calvaria appartiennent à des jeunes adultes ou des adultes ; les juvéniles (dont la denture n'est pas complète) sont exclus de l'étude.

2.1.2. Le matériel de comparaison

Afin de comparer ce matériel avec des spécimens connus, que ce soit par leur sexe ou leur morphotype, une collection de référence a été constituée.

Celle-ci inclue une centaine de chiens conservés au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris (Laboratoire d'Anatomie Comparée). Il s'agit de chiens datant du XX^{ème} siècle rassemblés par le Docteur Vétérinaire Francis Petter, dont les races et les sexes ont été inventoriés dans la plupart des cas.

La variabilité des morphotypes s'étant considérablement accrue ces derniers millénaires (DRAKE, 2010), et notre mémoire de Master 1 (BRASSARD, 2016) ayant souligné la nécessité d'utiliser une collection de référence adaptée en termes géographiques et chronologiques, des spécimens plus « proches » géographiquement et culturellement ont été ajoutés au matériel de comparaison.

Ainsi, les crânes des chiens du site archéologique de Kerma ont été ajoutés à l'ensemble. Kerma était la capitale du Royaume de Koush, (2500BC -1500 BC), située au nord du Soudan actuel. La nécropole est un vaste ensemble situé sur la rive droite du Nil, au sud de la troisième cataracte. Les animaux ont joué un rôle important dans les rituels funéraires et une très grande quantité de restes squelettiques ont été découverts (BONNET *et al.*, 1989). Un petit nombre de chiens (22), majoritairement adultes (21) datant de l'Ancien (2050-1750 BC) et du Moyen Kerma (1700-1500BC) a été trouvé. Il devait s'agir soit d'animaux de troupeau (tombe 238, fig 44 : chiens placés à la tête d'un petit troupeau de chèvres, déposés dans une position de marche, sur le flanc), soit d'animaux de compagnie (tombe 67, fig 44 : un chien mâle déposé sur son flanc droit, la tête à l'Est, aux pieds d'une femme adulte ; un chien roulé en boule aux pieds du lit d'un homme adulte a été trouvé dans une autre tombe). Les causes de la mort n'ont pu être mises en évidence que pour le chien de la tombe 67, étranglé avec un collier ou une chaîne en cuir, et pour celui de la tombe 133, les traces de découpe sur l'atlas suggérant une décapitation (CHAIX, 1999). Du fait de conditions météorologiques très favorables, les restes sont dans un état de conservation exceptionnel. L'identification du sexe des individus les plus complets a été possible grâce à la découverte de bacula (fig 45), considérant que les individus ayant livré cet os étaient des mâles, les autres étant notées comme des femelles (si l'état de conservation semblait indiquer une absence naturelle de l'os), ou comme des individus de sexe inconnu si l'absence de l'os pénien est plus suspecte

compte-tenu de l'état de conservation du squelette (L. CHAIX, comm. pers.). Les résultats de l'étude révèlent que la population était, qu'il s'agissait de chiens de type parias, dont le crâne serait semblable à celui de chiens actuels du Nord du Soudan (CHAIX, 1999).

Quelques chiens actuels du Soudan (conservés au Muséum de Genève) ont aussi été ajoutés au matériel de comparaison.

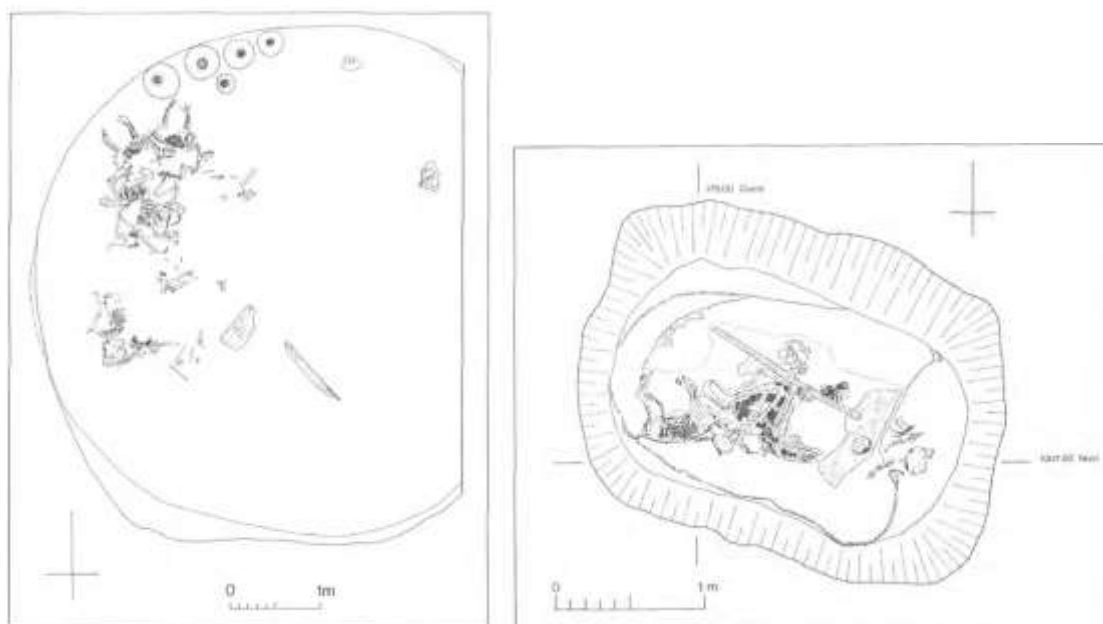


Figure 44 : Site de Kerma. Tombe 238 (gauche), dépôt de chiens avec un ensemble de caprins (gauche) et tombe 67(droite), un chien est enterré avec une femme adulte (CHAIX, 1999)

Table 1 List of the dogs from the Eastern Cemetery of Kerma.

No.	Year	Sex	Age	C14-Date
25 A	1981	?	adult > 4 ans	
67	1982	?	adult	3700 ± 60 BP
83	1983	♂	adult	
89/1	1984	♂	adult > 10 years	3295 ± 60 BP
121	1987	?	adult	
125	1987	♂	adult > 4 years	2975 ± 65 BP
133/4	1988	♂	adult > 2 years	3465 ± 50 BP
151/1	1989	♀	adult > 10 years	2825 ± 115 BP
199/1	1996	♂	adult > 2 years	
205/1	1996	?	adult	3720± 30 BP
205/2	1996	♂	adult	3720± 30 BP
212/1	1996	♀	adult	3053 ± 59 BP
212/2	1996	♂	adult	3053 ± 59 BP
221A	1996	♂	adult > 5 years	
221B	1996	♂	adult > 5 years	
223/1	1997	♀	adult	
233A	1997	?	adult	
233B	1997	?	adult	
238/1	1998	♂	adult	
238/2	1998	♂	adult	
249/1	1998	?	juvenile 8-9 months	
249/2	1998	?	adult	

Figure 45 : Liste des restes de chiens trouvés à Kerma (CHAIX, 1999)

La liste des chiens utilisés figure en annexe 2.

Enfin, les résultats obtenus sur les chiens d'El-Deir ont été mis en parallèles avec ceux de l'étude menée par Mary HARTLEY (2017) sur 119 crânes de chiens momifiés de Saqqara.

2.2. Les moyens d'étude et acquisition des données

La réglementation entourant la protection des antiquités égyptiennes n'a pas permis la sortie du matériel osseux du territoire, ni même du site où ils ont été réinhumés après étude. Le matériel disponible concernant les chiens d'El-Deir se compose de mesures, d'observations et de photographies prises par C. Callou lors de ses missions sur le terrain. Partant de cette contrainte matérielle, il a été choisi de systématiser à l'ensemble des individus actuels et anciens, de manière à pouvoir comparer les observations ; le travail ne portera en conséquence que sur des mesures faites au pied à coulisse⁴⁹ ou sur des photographies des faces latérales, dorsales et ventrales.

2.2.1. Observation de caractères morphologiques qualitatifs

2.2.1.1. Détermination de l'âge à partir des sutures crâniennes

Seuls les chiens avec une denture définitive complète ont été retenus dans l'étude ; ils ont donc tous au moins 6-7 mois. Les différents os du crâne se soudent à des âges assez bien déterminés dans la littérature, en particulier la suture sphéno-basilaire (8-10 mois), la suture entre basisphénoïde et présphénoïde (1-2 ans), la suture interpariétale (2-3 ans) et la suture interfrontale (3-4 ans) (BARONE, 2010 ; fig 46). En regardant l'état de ces soudures, nous donnerons une approximation de l'âge des individus d'El-Deir et de Kerma.



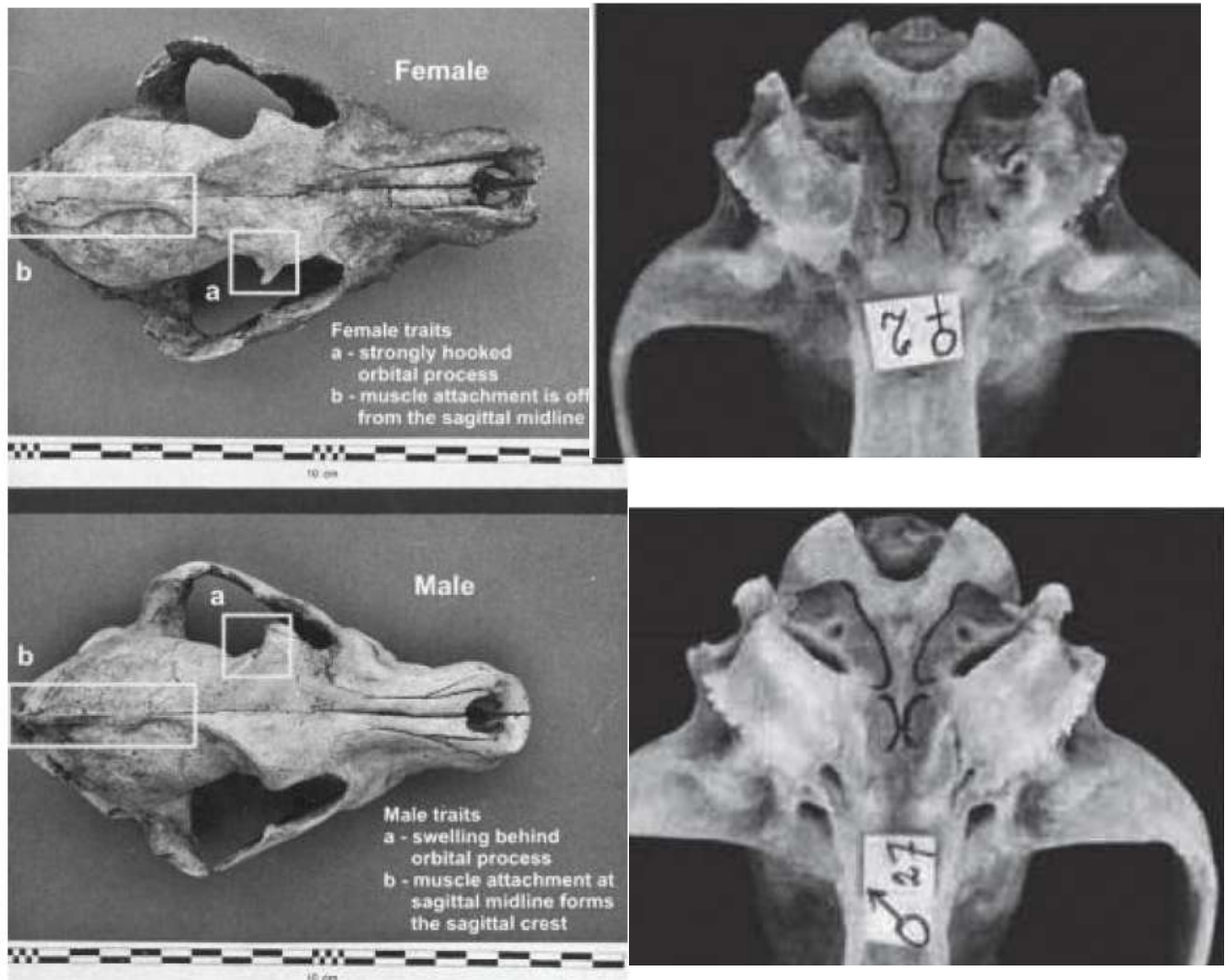
Figure 46 : Sutures utilisées pour la détermination de l'âge (âges donnés par BARONE, 2010) localisées sur le spécimen E9-c32 (photo C. Callou)

⁴⁹ Un pied à coulisse mécanique, et non électronique, a été utilisé sur le terrain. La chaleur très élevée dans cette zone désertique et la poussière de sable, fragilisant les composants électroniques et faussant les résultats (C. CALLOU, comm. pers.)

2.2.1.2. Détermination du sexe à partir de caractères qualitatifs signalés dans la littérature

Parmi les critères qualitatifs évoqués dans la bibliographie pour distinguer mâles et femelles, trois sont évalués sur l'ensemble des spécimens de sexe connu pris en photo (fig 47 ; annexe 3). D'autres critères existent, comme la taille des canines, plus importante chez les mâles que chez les femelles (LORBER *et al.*, 1979), mais l'échantillon archéologique disponible ne nous permet pas de disposer de canines suffisamment bien conservées pour étudier ce phénomène, que l'on avait pourtant bien constaté sur des spécimens actuels (BRASSARD, 2016). De même, les reliefs du basioccipital seraient plus prononcés chez les mâles que les femelles (THE et TROUTH, 1976), ce qui n'a pas été observé en pratique sur les spécimens actuels (BRASSARD, 2016). Nous avons donc retenu :

- La crête sagittale, plus prononcée et mieux définie chez le mâle que chez la femelle du fait de l'attachement des muscles sur la ligne sagittale. Ce critère est visible en vue dorsale (CROCKFORD, 2009) ;
- Le processus orbitaire, bien crocheté chez les femelles alors que l'os pariétal forme un bombement derrière ce processus chez le mâle (CROCKFORD, 2009) ;
- La région basioccipitale qui présenterait aussi un dimorphisme sexuel (THE et TRUTH, 1976 ; TROUTH *et al.*, 1977). Les attachements des muscles *longicapitis* et *rectus capitis ventralis* majeurs et mineurs délimitent une zone d'aspect triangulaire autour d'une proéminence, le tubercule pharyngien, la base se situant en face des condyles occipitaux et l'apex vers la région sphéno-basilaire. Pour le type mâle, les deux côtés du triangle se rencontrent pratiquement sur la ligne médiane, formant un triangle très aigu et étroit ; le tubercule pharyngien et la crête médiale sont proéminents. Pour le type femelle, les deux côtés du triangle ne se rencontrent jamais sur la ligne médiane et sont toujours séparés d'au moins 3mm, ce qui donne l'apparence d'un triangle tronqué et large, la crête médiane et le tubercule pharyngiens sont moins prononcés. Il existe un type mixte, intermédiaire des deux précédents.



*Figure 47 : Caractères qualitatifs utilisés pour la détermination du sexe :
 A : Aspect du processus orbitaire et de la crête sagittale (CROCKFORD, 2009)
 B : Aspect du basioccipital (THE et TROUTH, 1976)*

2.2.1.3. Particularités anatomiques et pathologies

Les particularités et anomalies dentaires, ainsi que les pathologies ont été enregistrées sur l'ensemble des spécimens étudiés (annexe 4), car elles sont susceptibles de livrer des informations sur les conditions de vie ou de mise à mort des individus.

2.2.2. Morphométrie : acquisition des données

Morphométrie classique et géométrique seront toutes deux employées sur l'ensemble des spécimens étudiés et les résultats des deux méthodes seront comparés.

2.2.2.1. Acquisition des mesures linéaires en morphométrie classique

23 mesures standardisées (tab VII ; annexe 5) ont été prises sur l'ensemble des spécimens.

*Tableau VII : Liste des mesures retenues sur l'ensemble des spécimens
(von den DRIESCH, 1976)*

Mesure 3	Longueur basale de la tête : Prosthion - Basion
Mesure 7	Longueur supérieure du neurocrâne : centre du frontal - Acrocranion
Mesure 8	Longueur du splanchnocrâne : Prosthion - Nasion
Mesure 9	Longueur faciale : Prosthion - Centre du frontal
Mesure 13	Longueur médiane du palais : Prosthion - Staphylion
Mesure 14	Longueur de la partie horizontale du palais correspondant à la mesure 13a : Staphylion – Palatinoral
Mesure 15	Longueur du processus alvéolaire des dents jugales (mesurée le long des alvéoles sur la face buccale)
Mesure 16	Longueur du processus alvéolaire des molaires (mesurée le long des alvéoles sur la face buccale)
Mesure 17	Longueur du processus alvéolaire des prémolaires (mesurée le long des alvéoles sur la face buccale)
Mesure 23	Largeur mastoïdienne maximale : Otion - Otion
Mesure 24	Largeur prise dorsalement au pore acoustique externe
Mesure 25	Largeur maximale des condyles occipitaux
Mesure 26	Largeur maximale à la base des processus jugulaires
Mesure 29	Largeur maximale du neurocrâne : Euryon - Euryon
Mesure 31	Largeur minimale du crâne : largeur au niveau de la constriction post-orbitaire
Mesure 32	Largeur frontale : Ectorbital - Ectorbital
Mesure 33	Largeur minimale entre les orbites : Entorbital - Entorbital
Mesure 35	Largeur minimale du palais mesurée derrière les canines
Mesure 36	Largeur mesurée entre les bords vestibulaires des alvéoles des canines
Mesure 37	Hauteur maximale de l'intérieur de l'orbite
Mesure 38	Hauteur du crâne, une extrémité du pied à coulisse sur la base du crâne (sur le basioccipital) et l'autre dorsalement sur le point le plus haut de la crête sagittale
Mesure 39	Hauteur du crâne sans la crête sagittale : pied à coulisse placé de la même façon que pour la mesure 38 mais l'extrémité supérieure est placée à côté de la crête sagittale externe, sur le point le plus haut de la boîte crânienne
Mesure 40	Hauteur du triangle occipital : Basion - Inion

Le tableau VIII indique l'effectif des individus participant à l'étude. Les identifications de tous ces individus sont en annexe 2.

Tableau VIII : Tableau des effectifs des individus participant à la morphométrie classique

PROVENANCE	EFFECTIFS
El- Deir	135 (62 de la tombe E9, 48 de la tombe P5 et 28 de la tombe N22)
Kerma	10 (4 mâles, 2 femelles ?, un possible mâle, 3 de sexe inconnu)
Soudan actuel	6 (5 mâles, 1 femelle possible)
Francis Petter	87 (56 mâles, 36 femelles, une possible femelle, 7 de sexe inconnu)

2.2.2.2. Acquisition des landmarks en morphométrie géométrique

Les individus étudiés sont quantifiés dans le tableau IX et détaillés en annexe 2.

Tableau IX : Tableau des effectifs des individus participant à la morphométrie géométrique et à l'étude des caractères qualitatifs

PROVENANCE	EFFECTIFS
El- Deir	139 (68 de la tombe E9, 43 de la tombe P5 et 28 de la tombe N22)
Kerma	9 (4 mâles, 2 femelles ?, 1 mâle possible, 2 de sexe inconnu)
Soudan actuel	5 (4 mâles, 1 femelle possible)
Francis Petter	100 (56 mâles, 36 femelles, 1 femelle possible, 7 de sexe inconnu)

Pour chaque individu, 3 photos ont été retenues : une de la face dorsale, une de la face ventrale et une de la face latérale (droite⁵⁰ quand cela a été possible). L'échelle est faite pour chaque photo en utilisant des mesures prises sur les crânes (mesure 3 pour les vues ventrale et latérale, mesure 33 pour la vue dorsale) A l'aide du logiciel TPSDig2, 90 landmarks ont été apposés sur chaque spécimen (fig 48), 16 sur les vues dorsales, 38 sur les vues ventrales et 36 sur les vues latérales. Les points-repères choisis sont situés à des endroits facilement discernables, au niveau de la jonction de plusieurs os ou à des maximums de courbure. Sur les vues dorsales et ventrales, seul un côté (le côté gauche de préférence) a été étudié, les asymétries étant peu susceptibles d'apporter des informations utiles à la problématique. Les landmarks choisis sont en partie inspirés des articles de DRAKE et KLINGENBERG (2008) et SCHMITT et WALLACE (2014). Une attention particulière a été accordée au placement des spécimens et de l'appareil photo : celui-ci est placé sur un pied fixe, le plus orthogonal possible au plan principal du crâne suivant la vue étudiée.

⁵⁰ La face latérale droite a été retenue car c'est la face dont nous disposions pour les chiens d'El-Deir.



Figure 48: Localisations des landmarks sur les 3 faces sur le spécimen 151.1 de Kerma (photos personnelles)

Puisque les photos d'El-Deir n'ont pas été prises dans les mêmes conditions, une étude de répétabilité a été menée. Celle-ci a plusieurs objectifs. D'abord, il s'agira de voir si la définition des landmarks est correcte et bien intégrée, donc de voir si le placement des landmarks par l'opérateur est répétable et donc fiable. Ensuite, pour la face latérale, il faudra voir si poser les landmarks indifféremment sur le côté gauche ou le côté droit d'un individu n'engendre pas une erreur trop importante. Enfin, nous étudierons aussi les effets du changement de photographe (simulé par l'effet de la prise de photo) : le mélange des photos faites par plusieurs opérateurs n'entraîne-t-il pas de biais trop important pour atteindre les objectifs fixés dans ce travail ? Pour cela, nous avons été volontairement peu vigilants sur le positionnement des crânes par rapport à l'appareil photo : les crânes sont tantôt bien placés, de telle façon que leur plan sagittal soit parallèle à la lentille de l'appareil, et tantôt moins bien, le crâne tournant légèrement vers la gauche ou la droite (vue latérale), ou penchant plus ou moins au niveau de l'avant du crâne (vue ventrale). Pour la vue dorsale le placement du crâne est plus aisé, le positionnement de l'appareil photo est le seul paramètre de variabilité, donc afin d'évaluer ce paramètre, il n'a pas été utilisé de niveau à bulle ; l'estimation a été faite au « juger », comme cela a été fait pour les fouilles d'El-Deir.

Pour ce test de répétabilité, pour chaque vue (dorsale, ventrale et latérale), 4 spécimens de Kerma (INDIVIDU : K151.1, K212.1, K212.2 et KT83) ont été pris en photo 4 ou 5 fois (PHOTO) et pour chaque photo, la pose des landmarks (SESSION) a été répétée 4 ou 5 fois. Pour la vue latérale, les spécimens K151.1, K212.1 et KT83 ont été photographiés chacun sur leur face latérale gauche et leur face latérale droite (donc le nombre de photos est doublé) et le nombre de sessions pour chaque photo a été diminué à 3.

De façon à quantifier la précision dans la pose des landmarks, nous calculerons le taux de répétabilité. L'erreur de mesure est donnée par ⁵¹ :

$$\begin{aligned} \% \text{Erreur} &= \frac{\text{variance intragroupe}}{\text{variance intragroupe} + \text{variance intergroupe}} * 100 \\ &= \frac{\text{MS (IND: PHOTO: SESSION)}}{\text{MS (IND: PHOTO: SESSION)} + \frac{\text{MS(IND)} - \text{MS (IND: PHOTO: SESSION)}}{\text{Nombre de répétitions}}} * 100 \end{aligned}$$

MS étant l'abréviation de Mean Squares, ou carrés moyens, qui sont une estimation de la variance de la population (somme des carrés des variances divisée par les degrés de liberté).

Nous utiliserons sur R la fonction `procD.lm()` du package `geomorph` sur les coordonnées procrustes⁵² pour obtenir les valeurs des MS dont nous déduirons les pourcentages de répétabilité. La variance inexplicée par les paramètres donnés dans l'ANOVA procruste est l'erreur de mesure.

⁵¹ Adapté de CLAUDE, 2008 (p. 65-66) et de <https://github.com/geomorphR/geomorph/wiki/Examining-replicate-error>. MS(IND:PHOTO:REP) devient MS(IND:COTE:PHOTO:REP) dans le cas de la face latérale, puisque chaque face a été photographiée suivant son côté droit ou gauche.

⁵² Se reporter au paragraphe 3.1. pour l'explication du terme « procruste ».

Par exemple, la ligne de commande « `procD.lm(gpa$coords ~ IND)` » permettra le calcul du MS(IND), ce qui donnera une idée de la répétabilité globale (elle contient les erreurs liées à la prise de photo, éventuellement à l'effet de latéralisation, et à la pose des landmarks). La fonction `procD.lm` réalise une nested ANOVA⁵³, c'est-à-dire que chaque effet est ajusté par tous les autres effets qui apparaissent plus haut dans la hiérarchie (fig 49 et tab X). Cette approche est particulièrement adaptée dans le cas d'échantillons non équilibrés, comme c'est ici le cas. Ainsi, MS(IND) peut être changé en MS(IND:PHOTO)⁵⁴ pour approcher l'effet de la session. En effet, le paramètre PHOTO est alors fixé, et la variance intra-groupe correspond à la variance entre les sessions. De la même façon, MS(IND) peut être changé en MS(IND :SESSION)⁵⁵ pour approcher l'effet de la photo. Les valeurs calculées tiennent compte de toutes les prises de photos et toutes les sessions, pour plus de robustesse.

De plus, nous calculerons une MANCOVA sur les scores de l'ACP⁵⁶ obtenue à partir des coordonnées procrustes afin de voir si la latéralisation, la pose des landmarks et la prise de photo ont une influence sur les conformations obtenues. Un script type est le suivant :

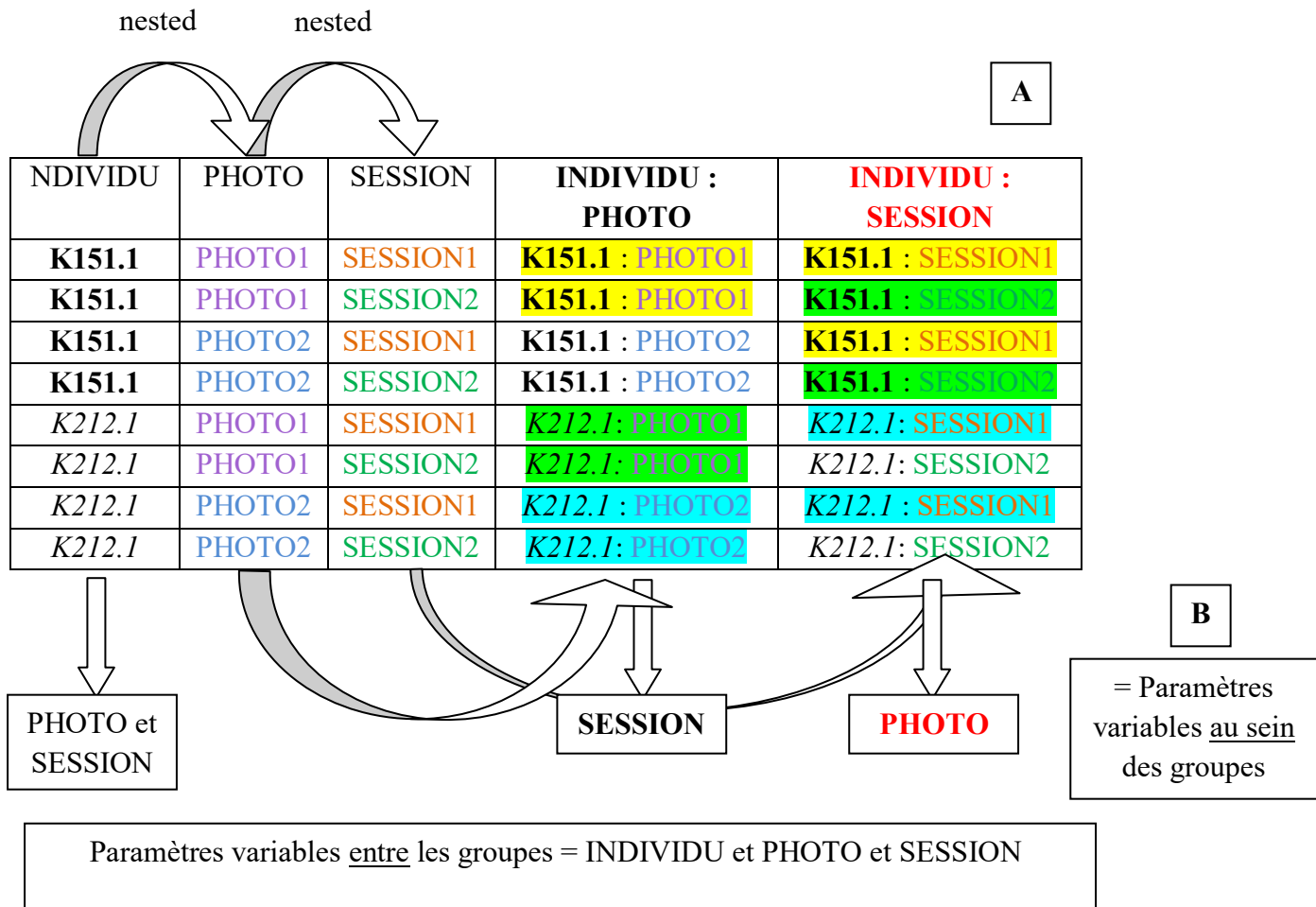
```
acp<-prcomp(two.d.array(gpa$coords))$x
summary(manova(acp[,1:32]~(ind$INDIVIDU+ind$INDIVIDU/ind$PHOTO+ind$INDIVIDU/ind$PHOTO/ind$SESSION)))
```

⁵³ La nested ANOVA est de mise quand les variables nominales sont hiérarchisées, c'est-à-dire que toutes les valeurs de la deuxième variable se trouvent en combinaison avec chaque valeur de la première variable.

⁵⁴ Ou MS(IND :COTE :PHOTO) dans le cas de la vue latérale.

⁵⁵ Ou MS(IND :COTE :SESSION) pour la vue latérale.

⁵⁶ L'ACP permettra de ne récupérer que les nouvelles variables non nulles et d'ainsi s'affranchir du problème lié à la perte des 4 degrés de liberté lors de la GPA et de la possible variance nulle de certaines variables de départ.



```

# Erreur intra photo : entre chaque session
rep.er <- procD.lm(gpa$coords ~ ind$INDIVIDU:ind$PHOTO)
a <- mean(table(ind$INDIVIDU:ind$PHOTO))
AOV <- rep.er$aov.table
((AOV$MS[1] - AOV$MS[2])/a) / (AOV$MS[2] + ((AOV$MS[1] - AOV$MS[2])/a)) #Taux répétabilité
AOV$MS[2]/(AOV$MS[2]+((AOV$MS[1]-AOV$MS[2])/a))*100 #Taux erreur
  
```

C

Figure 49 : Exemple de tableau (A) montrant l'organisation des données qualitatives pour le test de répétabilité de la face dorsale ou ventrale et le raisonnement en découlant pour le calcul des taux de répétabilité. Pour la face latérale, le principe est le même en ajoutant avant la colonne PHOTO une colonne COTE. Dans les colonnes INDIVIDU : PHOTO et INDIVIDU : SESSION, les individus appartenant à un même groupe sont surlignés d'une même couleur. Ces groupes sont ceux considérés dans les différentes nested ANOVA(B) exécutées par procD.lm(), permettant d'obtenir les variances intra et intergroupes. Un script type, permettant de quantifier l'effet de la pose des landmarks, figure en (C).

Tableau X : Obtention des taux de répétabilité et taux d'erreur pour le test de répétabilité.

	Erreurs contenues	Code R pour obtenir le MS	Nombre de répétitions
REPETABILITE globale	Prise de photo Latéralisation Pose des landmarks	procD.lm(gpa\$coords ~ IND)	Mean(table(IND))
REPETABILITE landmarks	Pose des landmarks	procD.lm(gpa\$coords ~ IND:PHOTO)	Mean(table(IND:PHOTO))
REPETABILITE photo	Prise de photo	procD.lm(gpa\$coords ~ IND:SESSION)	Mean(table(IND:SESSION))

3. Le traitement des données

Seront détaillées dans ce paragraphe les méthodes employées dans l'analyse des données en morphométrie. Tout le traitement des données se fera en utilisant le logiciel R.

3.1. Récupération des conformations et de la taille

La taille des individus est une variable très fortement liée à la variabilité interindividuelle. Afin d'étudier les changements de proportions entre les individus, nous chercherons à nous affranchir au maximum de l'effet de cette taille. Or, une conformation est un élément multivarié, indépendant de toute information de localisation, de rotation ou d'échelle (KENDALL, 1977), qui forme une seule et même unité, traduisant des distances relatives entre points repères. De par cette définition, la conformation est l'outil idéal pour mener une analyse quantitative de la morphologie. Or, d'après l'équation de Needham : $\boxed{\text{FORME} = \text{TAILLE} + \text{CONFORMATION}}$ (CUCCHI *et al.*, 2015).

La taille est considérée comme la moyenne géométrique de l'ensemble des mesures faites sur un individu.

En morphométrie traditionnelle, il n'y a pas de définition standard de la taille. Toutefois, la méthode du double-centrage ou log-shape ratio (MOSIMANN, 1970) permet d'approcher les conformations en calculant la taille isométrique (la moyenne de l'ensemble des variables). Selon cette méthode, pour chaque individu k , le log de la taille isométrique est retranché au logarithme décimal de chacune des mesures originelles, la mesure i réduite par la taille de chaque individu k étant donnée par la valeur brute de la mesure i divisée par la taille (MOSIMANN, 1970) :

$$\frac{X_{\text{ind}k.\text{mes}i}}{\text{taille isométrique} = \prod_{i=1}^{23} X_{\text{ind}k.\text{mes}i}} \Rightarrow \log(X_{\text{ind}1.\text{mes}1}) - \sum_{i=1}^{23} \log(X_{\text{ind}1.\text{mes}i})$$

Nous calculons donc à partir des données brutes la matrice des Conformations =

$$\begin{pmatrix} \log(X_{\text{ind}1.\text{mes}1}) - \sum_{i=1}^{23} \log(X_{\text{ind}1.\text{mes}i}) & \dots & \log(X_{\text{ind}1.\text{mes}23}) - \sum_{i=1}^{23} \log(X_{\text{ind}1.\text{mes}i}) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \log(X_{\text{ind}n.\text{mes}1}) - \sum_{i=1}^{23} \log(X_{\text{ind}n.\text{mes}i}) & \dots & \log(X_{\text{ind}n.\text{mes}23}) - \sum_{i=1}^{23} \log(X_{\text{ind}n.\text{mes}i}) \end{pmatrix}$$

En morphométrie géométrique, tous les spécimens sont placés dans l'espace morphologique par superposition Procruste (Fig 50A). Les effets de position, de taille et d'orientation sont supprimés par translation, normalisation par la taille centroïde (qui correspond à la racine carrée de la somme des carrés des distances entre le centre de gravité et chacun des points, Fig 50B) et rotation afin de minimiser les distances entre points homologues deux à deux. Les relations entre les points ne sont pas modifiées, et donc les changements de proportions entre individus sont conservés. Les conformations correspondront aux coordonnées procrustes qui résultent de cette analyse procruste généralisée et sont obtenus via la fonction `gpagen()`. Les faces dorsales, ventrales, et latérales font l'objet d'une superposition pour chaque face puis les conformations obtenues pour chaque face sont concaténées, de manière à obtenir une matrice avec les individus et leurs conformations suivant leurs 3 faces (caractérisée par les 90 landmarks mis à la suite).

La matrice ainsi obtenue, à 3 dimensions est transformée en matrice à deux dimensions par la fonction `two.d.array()` pour le traitement statistique (fig 51).

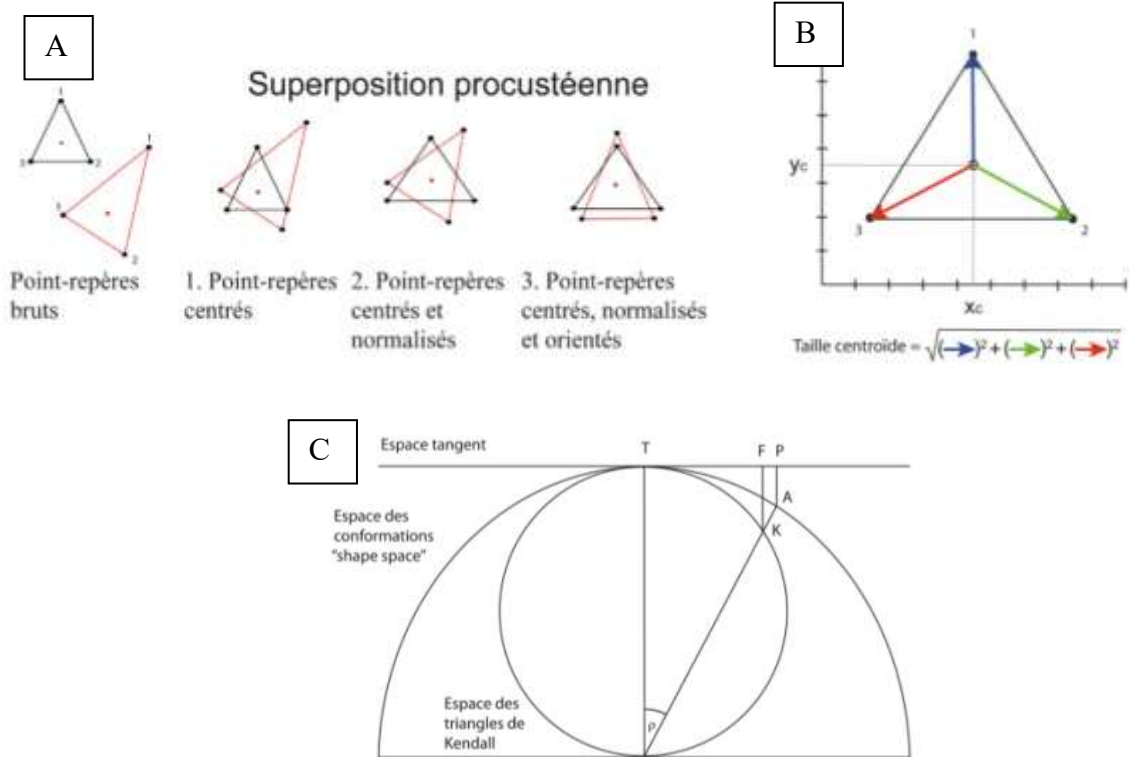


Figure 50 : L'obtention des conformations en morphométrie géométrique (figures tirées de CUCCHI et al., 2015) :

- A : Les étapes de la superposition procruste ;
- B : Définition de la taille centroïde dans le cas d'un triangle équilatéral ;
- C : Relations entre l'espace des conformations après la superposition Procruste (« shape space ») et son espace tangent : le point P est la projection orthogonale de A sur l'espace tangent au space shape.

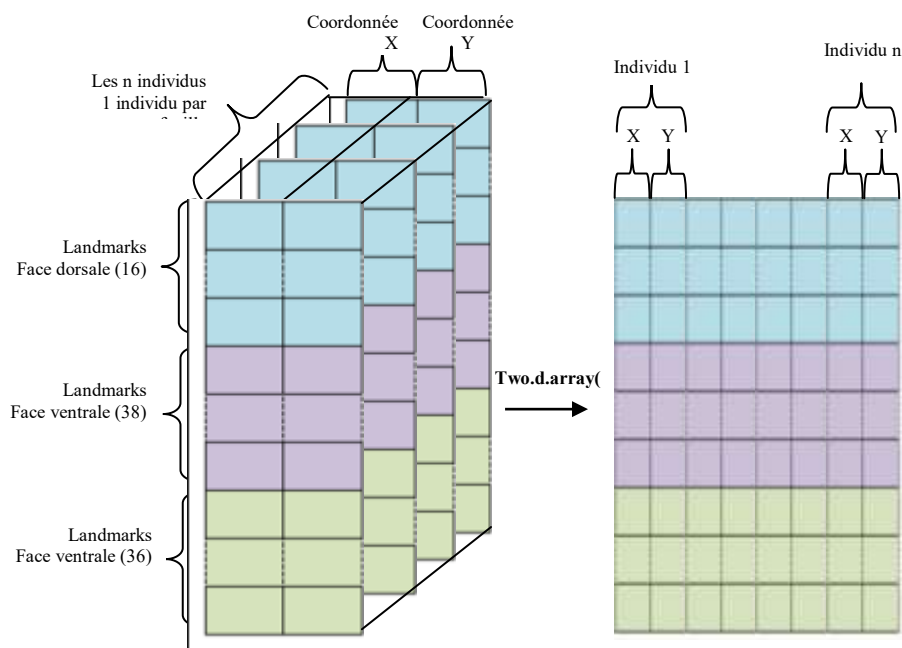


Figure 51 : Structure de la matrice des conformations en morphométrie géométrique et transformation en matrice à deux dimensions pour le traitement statistique.

L'ensemble des conformations possibles constitue un espace qualifié de « shape-space ». ⁵⁷ Cet espace est dit « riemannien », c'est-à-dire qu'il n'est pas linéaire mais courbe. Or, les outils statistiques impliquent de travailler dans un espace euclidien. Les conformations doivent donc être projetées dans l'espace euclidien tangent au shape-space, comme si une mappemonde était projetée sur un planisphère (Fig 50C). Il sera nécessaire de vérifier que les distances Procrustes (les distances dans le shape-space) sont parfaitement corrélées aux distances euclidiennes sur cet espace tangent. Cela a été vérifié fait grâce à TPSsmall : pour chacune des vues la pente avoisine 1, l'ordonnée à l'origine est nulle est la corrélation est supérieure à 0.99.

La morphométrie géométrique permet de visualiser graphiquement les conformations des individus. Pour cela, la méthode des plaques minces (thin plate splines) permet d'interpréter de manière globale les différences entre une conformation de départ (généralement le consensus) et un objet cible grâce à la visualisation des déformations d'une grille à mailles carrées (CUCCHI *et al.*, 2015). Il est aussi possible de visualiser les déplacements entre les deux conformations par des vecteurs. Les deux visualisations seront proposées en parallèle à chaque fois, pour faciliter la compréhension.

Les tailles isométriques seront comparées entre mâles et femelles et entre provenances par des MANOVAs et tests post-hoc (test TuKeyHSD).

3.2. Allométries

Pour les deux types de morphométrie, les proportions des différentes mesures au sein de chaque crâne sont toujours contenues dans les conformations obtenues après normalisation par la taille (isométrique ou centroïde) des données brutes. Cependant, il persiste dans ces conformations de possibles allométries, c'est-à dire qu'une partie de la conformation peut s'expliquer par la croissance différentielle du crâne : en fonction de sa taille, toutes les parties du crâne n'évoluent pas forcément de la même façon, ce qui peut entraîner des différences de proportions entre individus qui sont en fait une conséquence directe de la taille de ces individus. Ces allométries seront étudiées afin de voir si elles existent et le cas échéant si elles jouent un rôle important dans les conformations obtenues.

Sur R, nous procédons de la même façon pour les données de morphométrie classique que pour celles de morphométrie géométrique. Tout d'abord une MANOVA est réalisée pour voir si le rôle joué par la taille isométrique dans les conformations est significatif. Pour cela, nous utiliserons `summary(manova())` sur les scores de l'ACP en fonction de la taille isométrique (tous les individus étant cette fois actifs dans le calcul des axes). La p-value nous indique s'il existe des allométries significatives (au seuil de 5%) ou non.

L'allométrie étant la relation statistique entre la taille et la conformation, elle est estimée en calculant la régression multivariée (fonction `lm()`) des conformations (log-shape ratios en morphométrie classique ou coordonnées procrustes en morphométrie géométrique) par le log de la taille (isométrique en morphométrie classique et centroïde en morphométrie géométrique). Les allométries seront représentées en utilisant la méthode PredLine : la

⁵⁷ Le shape-space est un espace à N dimensions, où N est le nombre de variables utilisées pour décrire les conformations moins le nombre de dimensions comportant la taille des conformations, la position et la rotation.

première composante principale de l'ACP réalisée sur les valeurs prédites par la régression des conformations sur la taille est représentée en fonction de la taille. Le même résultat peut-être obtenu avec la fonction `procD.allometry()`. Cette fonction permet aussi de tester les allométries de groupes, et donc de voir si les allométries sont les mêmes en fonction de la provenance ou du sexe, en comparant les pentes des droites de régression.

Pour quantifier l'importance de ces éventuelles allométries, la technique proposée par Julien Claude (2008, pp. 269-270) sera utilisée : il s'agira de calculer le rapport entre la variance expliquée par le modèle et la variance totale. Si ce ratio est élevé, le modèle ajusté est très adapté, ce qui signifie qu'il y a des allométries fortes dans le jeu de données. Nous pourrions, en fonction du résultat, choisir de les ignorer ou non.

En morphométrie géométrique, l'étude des allométries sera faite face par face.

3.3. Ordination et visualisation des conformations : l'ACP

Les conformations obtenues sont soumises à une analyse en composantes principales (ACP). L'ACP est une méthode de description dimensionnelle multivariée : elle calcule de nouvelles composantes, orthogonales donc décorrélées, à partir des variables de départ (mesures linéaires ou coordonnées, souvent corrélées, et donc induisant une redondance dans l'information), de manière à maximiser la variance sur les premières composantes, qui sont donc les plus explicatives (CLAUDE, 2008).

L'ACP est calculée via la fonction `PCA()` du package `FactomineR`. Les seuls individus participant au calcul des axes sont les chiens d'El-Deir ; tous les autres sont projetés en tant qu'individus illustratifs. De cette manière, l'étude de la variabilité est centrée sur l'échantillon qui fait l'objet premier de l'étude, à savoir les chiens d'El-Deir. Les paramètres par défaut sont utilisés, c'est-à-dire que les données ne sont pas réduites⁵⁸.

3.4. Classification non supervisée : clustering hiérarchique

Afin d'attester objectivement de l'existence de groupes chez les chiens d'El-Deir, une classification ascendante hiérarchique (CAH) est réalisée à partir des conformations. Nous utilisons d'abord la fonction `dist.quant()` pour calculer la matrice des distances à partir des conformations, en choisissant la distance canonique⁵⁹. Puis nous procédons à la CAH. La CAH fonctionne de façon à ce que les individus regroupés au sein d'une même classe soient le plus semblables possibles tout en faisant en sorte que les classes soient les plus dissemblables possibles⁶⁰. La mesure de la qualité de la classification se fait grâce à la corrélation coophénétique (corrélation entre les distances réelles et les distances sur l'arbre). La CAH est réalisée grâce à la fonction `hclust()` du package `ade4`, en choisissant la méthode de Ward. Avec cette méthode, les classes dont l'agrégation fait perdre le moins d'inertie

⁵⁸ L'importance des variables est alors fonction de leur écart-type. Une attention particulière a donc été accordée aux valeurs extrêmes pouvant augmenter artificiellement cet écart-type.

⁵⁹ La distance de Mahalanobis est à utiliser plutôt sur des mesures traditionnelles non centrées car elle permet de réduire l'effet taille. De plus, la métrique canonique sur les logarithmes doublement centrée est plus robuste (<https://pbil.univ-lyon1.fr/R/pdf/stage7.pdf>).

⁶⁰ <http://larmarange.github.io/analyse-R/classification-ascendante-hierarchique.html>

interclasse sont regroupées, à chaque itération. L'optimisation se fait donc pas-a-pas, et ne dépend pas d'un choix initial arbitraire⁶¹. Nous récupérons le dendrogramme obtenu. Sachant que la hauteur d'une branche est proportionnelle à la distance entre les deux objets regroupés (et dans le cas de la méthode de Ward à la perte d'inertie interclasses), nous déciderons de retenir la partition qui semble la meilleure, c'est-à-dire celle qui maximise l'inertie interclasse tout en permettant une description de l'échantillon qui ait du « sens ». Pour cela, nous utilisons la fonction `best.cutree()` dans le package `JLutils` proposée par Joseph Larmarange pour visualiser la perte d'inertie à chaque classe et ainsi trouver la partition ayant la plus perte relative d'inertie la plus faible possible⁶².

Un deuxième clustering est réalisé à partir cette fois des chiens d'El-Deir mais aussi ceux de Kerma et du Soudan actuel afin de mieux comprendre les groupes préalablement obtenus et de comparer les vestiges de ces différentes provenances et époques.

Les partitions obtenues sur les deux premiers axes de l'ACP sont représentées, et les chiens de Kerma, du Soudan actuel et du MNHN sont projetés comme individus illustratifs.

3.5. Classification supervisée : discrimination des sexes et prédiction

Afin de tenter de sexer les chiens d'El-Deir, différentes techniques d'apprentissage supervisé ont été testées : des règles sont établies à partir d'une base de données d'apprentissage contenant des cas dont le sexe est certifié. Avant de présenter les principes de leur fonctionnement et les fonctions employées sur R, les différences entre sexes ont été explorées et les données ont été organisées de manière à donner les résultats les plus favorables et fiables possibles.

3.5.1. Analyse et organisation des données en amont des tests

➤ MANOVA sur les conformations

A partir des individus actuels et anciens (Kerma) de sexe connu (les femelles supposées de Kerma sont exclues), nous procédons à une MANOVA (avec le test de Hotelling) afin de voir s'il existe des différences de conformation entre mâles et femelles. Voir Tableau 2 et Tableau 3 pour le nombre d'individus concernés. La MANOVA est calculée sur les scores de l'ACP (calculée à partir de l'ensemble des conformations, tous les individus participent à la construction des axes) plutôt que sur les données brutes, car les nouvelles variables sont décorrélatées et il devient possible de supprimer les composantes nulles.

➤ Sélection des variables « discriminantes »

Les méthodes ne sont pas appliquées sur l'ensemble des variables de conformations⁶³ mais sur les variables pour lesquelles les moyennes des mâles et femelles sont significativement différentes. Nous avons donc cherché ces variables « discriminantes » grâce

⁶¹ <http://www.jybaudot.fr/Analdonnees/agregcah.html>

⁶² <http://joseph.larmarange.net/?Ou-couper-un-dendrogramme>

⁶³ Cela a fait l'objet d'une première tentative, infructueuse.

à des ANOVAs multiples à un facteur dans la matrice des conformations. Nous vérifions après coup les conditions de l'ANOVA : normalité des résidus (fonction `shapiro.test()`) et homoscédasticité (égalité des variances, fonction `bartlett.test()`) des résidus. Les variables renvoyant une p-value inférieure à 0.05 sont regroupées dans un nouveau dataframe et sont soumises aux différentes méthodes supervisées. Les conditions préalables à bon nombres d'analyses discriminantes sont vérifiées en parallèle :

- La normalité multivariée des données pour chacun des sexes : test de Mardia⁶⁴ (fonction `MardiaTest()`)
- L'homogénéité des matrices de covariance : test M de Box (`boxM()`)
- L'absence de corrélation entre moyennes et variance pour chacun des sexes : test de corrélation (`cor.test()`)

➤ Partition des spécimens pour le calcul, le test et l'application de chaque méthode

L'ensemble des observations est scindé en 3 échantillons (fig 52) :

- Le premier, l'échantillon d'entraînement, sert à la construction du modèle. Il a pour objectif d'établir des règles permettant de discriminer les sexes. Il contient 2/3 des femelles connues⁶⁵ et le même nombre de mâles connus de la collection du MNHN, tirés aléatoirement (fonction `set.seed()`). Les individus choisis pour l'entraînement sont indiqués en annexe 6.
- Le deuxième échantillon sert à tester le modèle par validation croisée. Il contient tous les chiens de sexe connu et n'ayant pas participé à la construction du modèle.
- Le troisième échantillon est l'échantillon sur lequel la méthode est appliquée. Il contient les chiens d'El-Deir.

Chacune des méthodes est « entraînée » sur le premier échantillon, puis testée sur le deuxième afin de connaître l'efficacité de la méthode, et enfin appliquée sur les chiens d'El-Deir.



Figure 52 : division de l'ensemble des individus en 3 échantillons pour les analyses discriminantes

⁶⁴ Le test de Mardia permet d'évaluer la normalité multivariée, grâce au test de Skewness qui s'attache à la symétrie de la distribution et au test de Kurtosis.

⁶⁵ Disposant de moins de femelles que de mâles, elles sont donc le facteur limitant. Le modèle est calculé à partir d'un échantillon équilibré de mâles et de femelles. Les femelles supposées de Kerma sont exclues afin d'éviter tout biais lié à une possible erreur d'identification du sexe chez ces individus.

3.5.2. Les différentes méthodes de classification supervisée utilisées

Les techniques d'apprentissage supervisé sont classiquement divisées en deux catégories : les techniques génératives et les techniques discriminatives. La différence entre les deux approches consiste en la modélisation (approche générative) ou non (approche discriminative) des données avant l'établissement de la règle de décision (BOUYEYRON, 2006). Six méthodes, caractérisées par des principes de fonctionnement différents (tab XI), ont été choisies.

Tableau XI : Méthodes de classification supervisée utilisées et leurs caractéristiques.

	Génératif ou Discriminatif	Paramétrique ou Non Paramétrique
Modèles de mélanges gaussiens pour la classification supervisée (GMM)	Génératif	Paramétrique
LDA	Génératif	Paramétrique
QDA	Génératif	Paramétrique
PLS-DA	Discriminatif	Paramétrique
Réseaux de neurones (NN)	Discriminatif	Paramétrique
Méthode des proches voisins (kNN)	Génératif	Non

3.5.2.1. Approches génératives probabilistes et paramétriques : GMM, LDA et QDA

Pour ces trois méthodes, l'individu est associé au groupe pour lequel sa probabilité d'appartenance *a posteriori* est la plus forte c'est-à-dire que la classification suit la règle de décision de Bayes, qui maximise la vraisemblance (critère BIC) (BIERNACKI, 2009).

Le modèle de mélanges gaussiens pour la classification supervisée (GMM) est basé sur le principe de l'analyse des mélanges : l'apprentissage se fait en considérant qu'il existe une composante gaussienne pour chaque sexe dont la variance, la moyenne et l'amplitude sont déterminés. Nous utilisons la fonction `MclustDA()` du package `mclust`.

L'analyse quadratique discriminante (QDA) calcule à partir de la matrice de covariance un nouveau repère, en cherchant la séparation quadratiques entre mâles et femelles, correspondant à la combinaison linéaire des variables de départ qui a le plus grand coefficient de corrélation multiple avec la variable de classe. Chaque sexe est synthétisé par son barycentre et la droite est équidistante de ces deux barycentres. Dans ce nouveau repère, les points des deux sexes doivent être aussi distants les uns des autres que possibles (maximisation de la variance intergroupes), et aussi proches que possible les uns des autres au sein d'un même sexe (minimisation de la variance intra-groupe). Cependant, lorsque les échantillons sont de petite taille, les fonctions obtenues sont très peu robustes et il vaut mieux choisir une règle linéaire. Nous utilisons la fonction `qda()` du package `MASS`.

L'analyse linéaire discriminante est une régularisation de la QDA puisqu'elle fait l'hypothèse supplémentaire que les matrices de covariances sont égales pour chaque sexe. La LDA est une méthode de référence, car elle est relativement robuste aux fluctuations sur les hypothèses de normalité des classes et d'égalité des matrices de variance (BOUYEYRON, 2006). Nous utilisons la fonction `lda()` du package `MASS`.

3.5.2.2. Approches discriminatives : réseaux de neurones, PLS-DA et kNN

➤ Les réseaux de neurones

Les réseaux de neurones artificiels s'inspirent de la représentation que l'on se fait du fonctionnement du cerveau (fig 53). Un réseau de neurones artificiel est constitué de couches, chacune comportant plusieurs neurones. Chacun de ces neurones est une unité de calcul autonome qui est reliée à tout ou partie des autres neurones de la même couche ou des couches précédentes. Les neurones de la couche d'entrée reçoivent les informations censées expliquer le phénomène à analyser (l'effet du sexe) et adressent aux neurones de la couche suivante un potentiel d'activation qui est transformé par une fonction pour déterminer l'impulsion aux neurones de la couche suivante. L'algorithme d'apprentissage ajuste les poids synaptiques (les poids des relations entre les différents neurones) en minimisant le coût.

Nous utiliserons le package `nnet` avec la fonction `nnet()`. Les paramètres de la fonction sont ajustés en utilisant la fonction `tune.nnet()` du package `e1071` et en respectant le principe de parcimonie : à performances équivalentes, le modèle le plus simple sera toujours préféré.

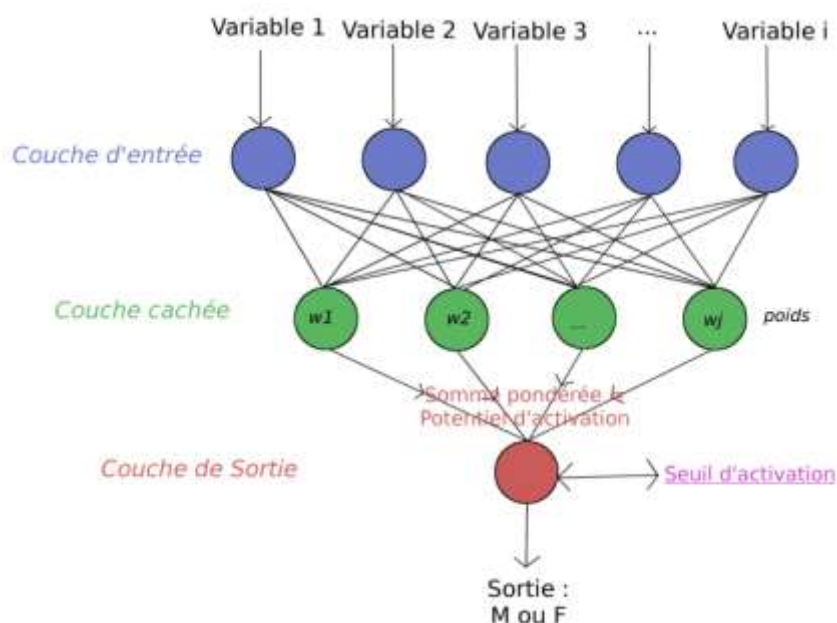


Figure 53 : Architecture type d'un réseau de neurone et fonctionnement

➤ La méthode des k plus proches voisins (kNN)

Cette méthode non paramétrique consiste à comparer chaque observation à ses plus proches voisins ; la classe de l'individu correspond alors au sexe majoritaire parmi ses k plus proches voisins. Le paramètre k est déterminé par validation croisée, de façon à minimiser l'erreur de classification. Il faut faire un compromis entre variabilité ou bruit associé à une faible valeur de k (risque de sur-apprentissage : la classification se fera en suivant les caractéristiques locales des variables) et un sur-lissage associé à une forte valeur de k (gommage des détails : risque de choisir la classe la plus fréquente dans l'échantillon, indépendamment de l'observation) (MATHIEU-DUPAS, 2010).

Nous utiliserons la fonction `knn()` du package `class`.

➤ Analyse discriminante partial-least square (PLS-DA)

L'analyse discriminante PLS utilise les propriétés de la PLS, une technique de régression qui vise à prédire les valeurs prises par la variable « SEXE » à partir de la série des variables discriminantes. L'analyse discriminante PLS est une alternative intéressante à l'analyse discriminante linéaire classique car elle sait gérer les données manquantes, fréquentes en archéozoologie, s'adapte très bien en cas de multicolinéarité entre les variables explicatives et est adaptée aux tableaux de données avec un grand nombre de variable et un faible nombre d'individus⁶⁶.

Nous utiliserons la fonction `plsda()` du package `caret`.

3.5.3. Mesure de la performance des tests à partir de l'échantillon test

L'efficacité de chaque méthode est évaluée sur l'échantillon test par validation croisée et en calculant plusieurs éléments, certains s'inspirant de définitions d'épidémiologie⁶⁷ (fig 54) :

- Le taux d'erreur de classification :

$$\text{taux d'erreur} = \frac{\sum \text{Mâles bien identifiés} + \sum \text{Femelles bien identifiés}}{\sum \text{Mâles et femelles connus}}$$

- La sensibilité de la méthode Se , que l'on définit ici comme l'aptitude du test à prédire le sexe femelle chez un individu qui est vraiment du sexe femelle. Autrement dit, c'est la probabilité conditionnelle que le test prédise une femelle pour un individu vraiment femelle.
- La spécificité de la méthode Sp , que l'on définit ici comme l'aptitude du test à prédire le sexe mâle chez un individu qui est vraiment du sexe masculin. Autrement dit, c'est la probabilité conditionnelle que le test prédise un mâle pour un individu vraiment mâle.
- La précision de la méthode du diagnostic est donné par l'index de Youden :
 $Y = Se + Sp - 1$

3.5.4. Application sur les chiens d'El-Deir et estimation de la proportion des femelles

Une fois les méthodes de diagnostic calculées sur l'échantillon d'entraînement et leur efficacité mesurée sur l'échantillon test, ces mêmes méthodes seront appliquées sur les chiens d'El-Deir. Nous calculerons la prévalence apparente Pa , que l'on définit ici comme la proportion de femelles prédites dans cette population d'El-Deir. En faisant l'hypothèse que l'échantillon test est représentatif des chiens d'El-Deir, c'est-à-dire que les chiens d'El-Deir répondent de la même façon aux méthodes diagnostiques que les chiens de l'échantillon test, et donc que la sensibilité (Se) et la spécificité (Sp) des tests seront les mêmes une fois les tests appliqués aux chiens d'El-Deir, nous pouvons estimer la prévalence réelle Pr , c'est-à-dire la proportion réelle des femelles dans la population d'El-Deir. En effet, sensibilité et spécificité sont des paramètres intrinsèques au test et ne varient pas avec la prévalence. La figure 55 illustre le raisonnement utilisé.

⁶⁶ <https://www.xlstat.com/fr/solutions/fonctionnalites/pls-discriminant-analysis>

⁶⁷ Pour les grands principes, se référer à : <http://www.dmipfmv.ulg.ac.be/epidemiovet/Teaching/3BAC/TD1-2009.pdf>, un cours d'épidémiologie vétérinaire.

Nous utiliserons le même raisonnement (calcul des paramètres de performance et de la prévalence réelle) pour l'évaluation des caractères qualitatifs de diagnose du sexe.

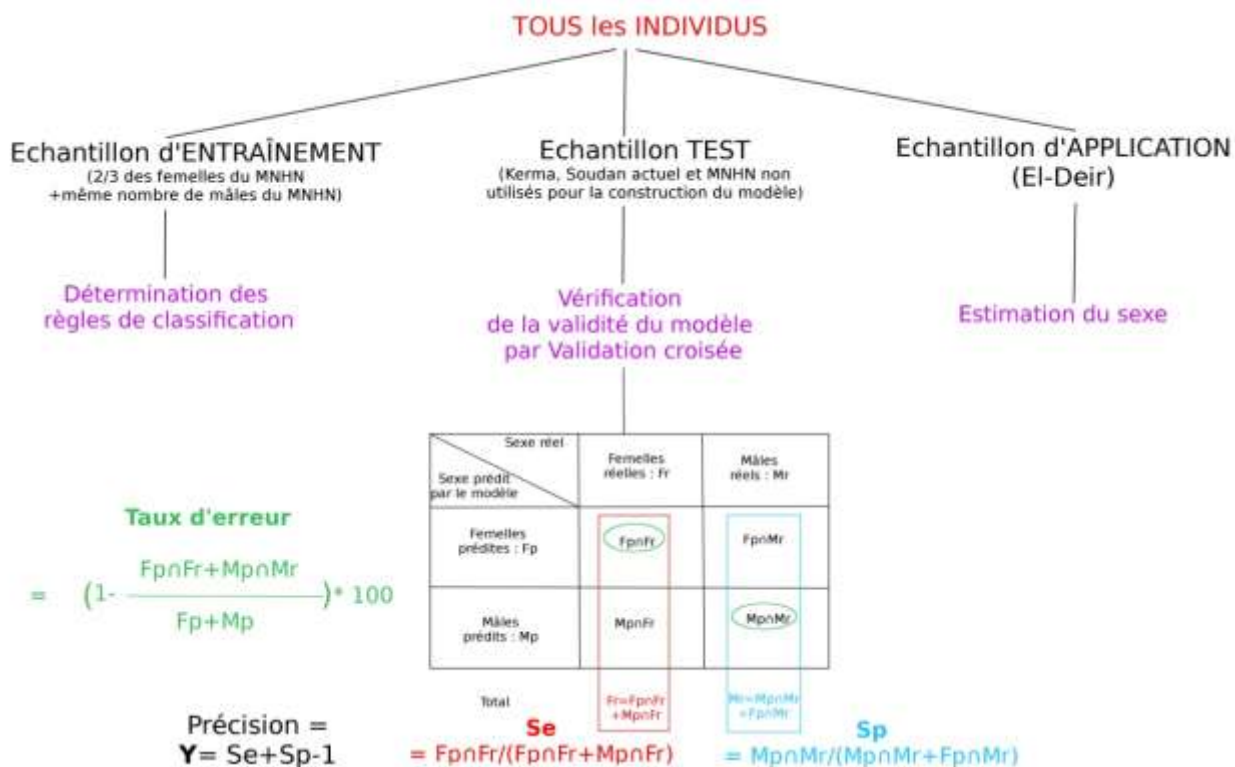


Figure 54 : Mesure de la performance des méthodes supervisées de détermination du sexe sur l'échantillon test

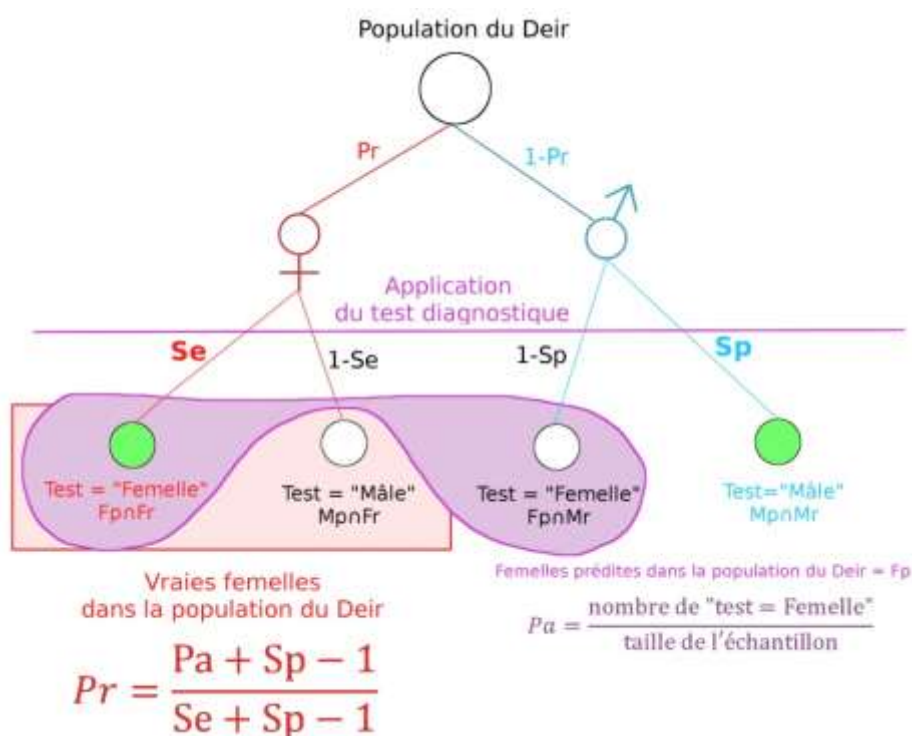


Figure 55 : Illustration du principe de l'estimation de la prévalence réelle (Pr) à partir de la prévalence apparente (Pa) obtenue lors des tests diagnostiques, de la sensibilité (Se) et de la spécificité (Sp) de ce test, établie sur l'échantillon test.

4. Résultats

4.1. Etude de caractères morphologiques qualitatifs

4.1.1. Age des chiens d'El-Deir utilisés dans l'étude

Les âges établis à partir des sutures crâniennes (tab XII ; annexe 2) révèlent que la majorité des spécimens d'El-Deir étudiés dans ce mémoire sont des jeunes de moins de 2 ans. Ce nombre est sous-estimé puisque les individus avec une denture incomplète (donc de moins de 6- 7 mois) n'ont pas été étudiés. Très peu de spécimens ont plus de 4 ans (seulement 1%). Ces résultats sont compatibles avec ceux trouvés par C. Callou (DUNAND *et al.*, 2015b), qui annonçait 36% de chiens de 6-15mois et 25% de chiots de 1-2mois, mais un pourcentage plus élevé de chiens de plus de 4 ans (16.5%). Ceci est dû au fait que les âges ont été évalués à partir des usures dentaires et non de l'état des sutures crâniennes.

Tableau XII : Ages des individus d'El-Deir sélectionnés pour l'étude à partir de l'état des sutures crâniennes.

	Jeunes adultes N=72		Adultes N=67		
	6-7 à 8-10mois	≤ 1-2 ans	2 à 3 ans	3 à 4 ans	> 4 ans
Tombe E9	7	24	23	12	2
Tombe N22	1	13	12	2	0
Tombe P5	7	20	14	2	0
Totaux	15	57	49	16	2
Fréquence N=139	51.8%		46.8%		1.4%

4.1.2. Identification du sexe à partir de caractères qualitatifs

Les résultats sont donnés en annexe 3. La figure 56 illustre les résultats obtenus.

Les critères basés sur l'aspect du processus orbitaire et du basioccipital ne se sont pas révélés concluants pour l'estimation du sexe, les tests du Chi-2 renvoyant des p-values respectivement proche de 1 et de 0.1187. Cependant, les mâles ont tendance à avoir une insertion musculaire sur la crête sagittale significativement différente des femelles (p-value=0.02489). C'est le caractère qualitatif qui donne les meilleures performances (Fig 31). Toutefois la sensibilité est médiocre (c'est-à-dire la probabilité qu'une femelle soit correctement identifiée grâce au caractère qualitatif : 1 femelle sur 2 est identifiée comme un mâle), ce qui diminue l'efficacité du critère (index de Youden de 0.3). Pour les deux autres caractères, les résultats sont encore moins bons (index de Youden < 0.2). En cumulant les critères, les résultats sont moins bons qu'en utilisant seulement le critère sur la crête sagittale.

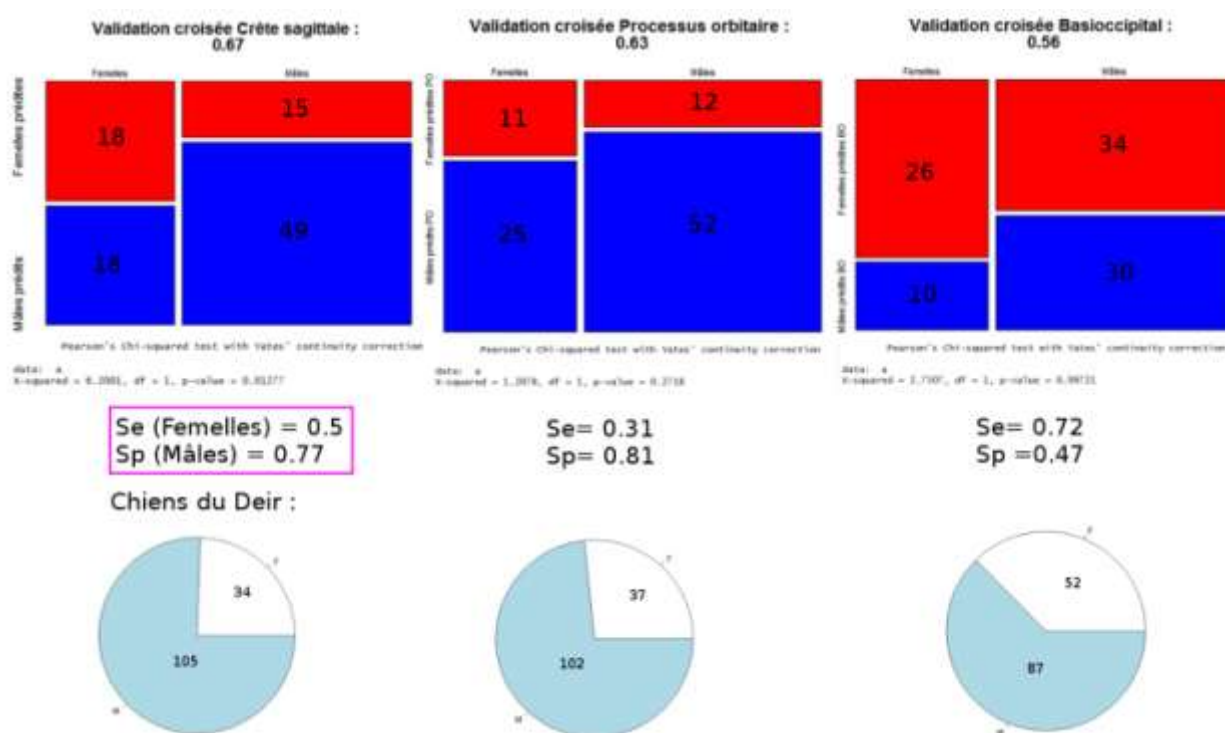


Figure 56 : Critères morphologiques d'évaluation du sexe : Résultats obtenus sur les spécimens de sexe connu et application aux chiens d'El-Deir

Se = Sensibilité (probabilité conditionnelle d'identifier une femelle alors que l'individu est effectivement une femelle) et Sp = Spécificité (probabilité conditionnelle d'identifier un mâle alors que l'individu est effectivement un mâle).

En regardant les résultats plus précisément, il apparaît qu'en fonction de la race, les critères semblent donner des résultats assez aléatoires. Par exemple chez le berger allemand : sur 4 mâles et 3 femelles, 3 mâles et 0 femelle sont correctement identifiés pour le critère sur le processus orbitaire, 4 mâles et 0 femelle sont correctement identifiés pour le critère sur la crête sagittale et enfin 1 seul mâle est correctement identifié pour le critère sur le basioccipital, sinon tous les individus correspondent à la description de femelles.

En prenant cette fois les teckels, sur 3 mâles et 5 femelles, 1 femelle et 1 mâle sont bien identifiés grâce au critère sur le processus orbitaire, 1 femelle et 2 mâles sont bien identifiés grâce au critère sur le basioccipital, et tous les individus sont identifiés comme étant

des femelles d'après le critère sur la crête sagittale. Aucun critère ne paraît ainsi satisfaisant à l'échelle individuelle pour aucune de ces deux races, bien que l'effectif soit faible pour conclure définitivement. Nous constatons le même phénomène en considérant les résultats dans chaque race. Il convient donc d'être très prudent lors de l'utilisation de ces caractères qualitatifs. Les résultats sont peu fiables, en tout cas sur des chiens actuels et de races variées. En considérant seulement les chiens de Kerma et du Soudan actuel (14 individus, dont 8 mâles certains), les résultats ne sont pas francs pour le basioccipital : des mâles sont parfois identifiés comme des femelles, par exemple les spécimens 133/4, 212/2 de Kerma et le spécimen S3602.52 du Soudan actuel, leur basioccipital correspondant parfaitement à la description faite par THE et TRUTH pour le type femelle (fig 57). Pour les deux autres critères, tous les individus correspondent à la description du mâle. Etant dans l'impossibilité de calculer les sensibilités et spécificités de chaque critère sur la population des chiens de Kerma ou du Soudan actuel, plus proches morphologiquement que les chiens actuels du MNHN et peut-être mieux à même d'exprimer un dimorphisme sexuel, puisque l'effectif est trop faible et le sexe des femelles trop incertain, l'interprétation de ces critères sur les chiens d'El-Deir sera faite avec une grande prudence.

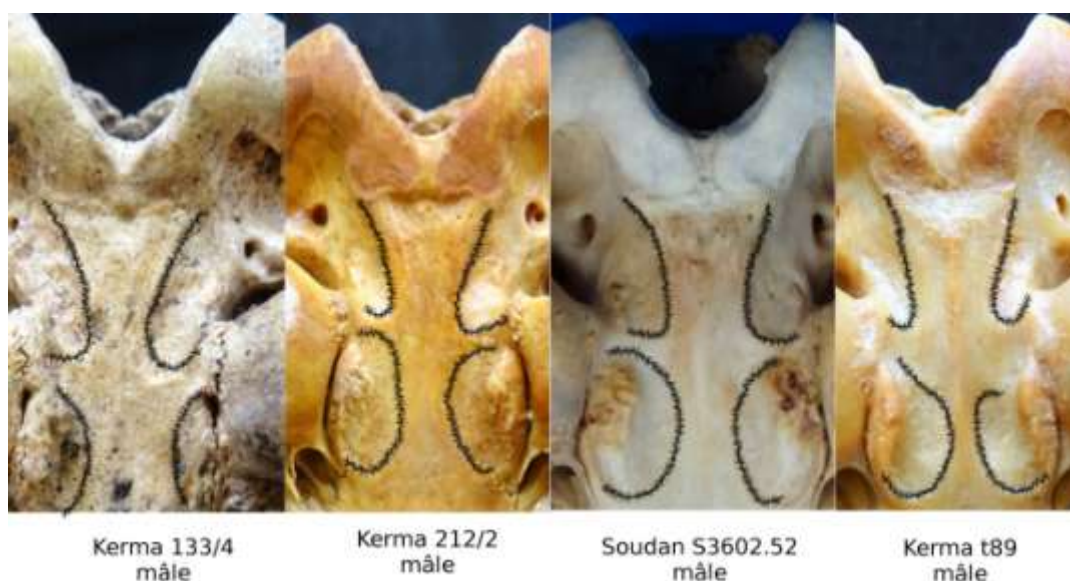


Figure 57 : Région basioccipitale de 2 mâles de Kerma et d'un du Soudan actuel, présentant une morphotypologie femelle d'après les critères de THE and TRUTH (1976). Comparaisons avec un mâle de Kerma présentant la morphologie typique du mâle selon les mêmes auteurs.

Pour les chiens d'El-Deir, le pourcentage des femelles est estimé à 24.5% (crête sagittale), 26.6% (processus orbitaire) ou 37.4% (basioccipital). En émettant l'hypothèse que la population d'El-Deir se comporte de la même façon que les chiens actuels quand elle est soumise au test de la crête sagittale, la prévalence apparente de 24.5% passerait à 5.4% en tenant compte d'une sensibilité de 0.5 et d'une spécificité de 0.77. Si nous procédons de même avec les deux autres critères la prévalence apparente est inférieure à 37.4% mais la prévalence réelle obtenue n'a pas de sens, sûrement parce que la population d'El-Deir ne répond pas comme l'échantillon test à ces critères en termes de sensibilité et de spécificité. Ainsi, la confiance à accorder à ces estimations est incertaine.

4.1.3. Particularités anatomiques et pathologies

Les principales anomalies dentaires sont quantifiées dans le tableau XIII (se reporter à l'annexe 4 pour le recensement de toutes les anomalies).

Tableau XIII : Particularités dentaires relevées chez les chiens étudiés. NR=Non Reporté

	El-Deir	Kerma	Soudan actuel	MNHN	Saqqara (Hartley 2017)
Dent surnuméraire	2/134	1/10	0	5/102	2 cas /116 (page 163)
Au moins une dent absente	38/134 =28.4%	1/10	0	11/102 =10.8%	49% (58/116) (page 157)
Maladie parodontale	22/134 =15.8%	1/10	0	4/102	37/118 =31.4% (page 153)
Forme particulière des P3	6/134	1/10	0	2/102	NR
Perforations palatines	31/134		0	2/102	40/116
Canines avancées	9/134	0	0		NR
Rotation P1	1/134	0	0		NR
Rotation P2	1/134	0	0		NR
Rotation P3	6/134	0	0	5/102	NR

4.1.3.1. Anomalies dentaires

➤ Anomalies numériques

Le chien porte classiquement sur l'arcade maxillaire 3 incisives, 1 canine, 4 prémolaires (la dernière est la carnassière) et 2 molaires de chaque côté.

○ Anomalies par excès : hyper/polyodontie⁶⁸

Deux chiens d'El-Deir présentent une dent surnuméraire en amont de P1, et de même forme que la P1 (P5-c20 et P5-c24) (fig 58). Nous retrouvons le même phénomène chez un chien de Kerma (151/1 ; fig 58). Cette hyperdontie est unilatérale.

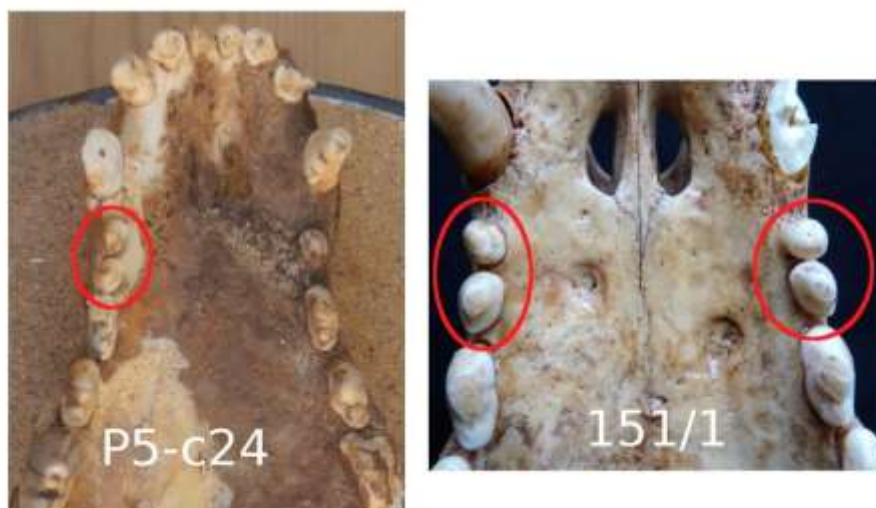


Figure 58 : Dédoublage des P1

⁶⁸ Ces termes sont synonymes.

Chez les chiens actuels, 3 cas sur les 5 sont bilatéraux. Cette anomalie est fréquente chez le chien : elle atteint selon les sources 10-12.1% (ARNALL, 1961) ; 7.6% (PAVLICA *et al.*, 2001) ; 8.6% (COLYER, 1990) et la P1 est la plus sujette à l'hyperdontie (ARNALL, 1961). Ceci peut s'associer à une absence sur l'arcade opposée. Il existe plusieurs origines possibles : la duplication d'une dent, ou un déterminisme génétique. Les dents surnuméraires résultent probablement d'une prolifération continue de la lame dentaire ou d'une anomalie au cours du développement (HASCOËT, 2015). La polyodontie aurait tendance à apparaître quand la taille des mâchoires le permet (PAVLICA *et al.*, 2001), qu'une place est disponible pour permettre son développement, ce qui est d'autant plus possible lorsqu'une dent est absente sur l'arcade opposée. De plus, ces dents empêchent des rapports occlusaux normaux et entraînent un encombrement dentaire favorable au développement de la maladie parodontale.

○ **Anomalies par défaut : hypo/oligodontie/agénésie**

L'oligodontie est fréquente chez le chien, elle atteint selon les sources une prévalence de 44-53% (ARNALL, 1961) ; 32.3% (PAVLICA *et al.*, 2001) ; 62% (BUTKOVIK *et al.*, 2001).

Pour 38 des chiens d'El-Deir, au moins une dent est manquante. Les dents les plus fréquemment absentes sont les prémolaires à l'exception de la carnassière (tab XIV). Ces résultats et cette fréquence sont compatibles avec ce qui est décrit dans la littérature. Le nombre moyen de dents perdues par individu est de 1.3 (contre 3.78 pour Saqqara (HARTLEY, 2017).

Tableau XIV : Dents absentes chez les chiens d'El-Deir.

Dent absente	I	C	P1	P2	P3	P4	M1	M2
Nombre d'individus	5	1	17	12	8	0	3	0

Il existe plusieurs origines possibles à cette anomalie. Pour les chiens d'El-Deir, ces absences semblent s'expliquer par l'existence d'une maladie parodontale : l'alvéole apparaît en voie de cicatrisation (preuve que la dent est tombée *ante mortem*), l'atteinte peut-être multiple mais est le plus souvent unilatérale pour chaque type de dent, des abcès sont parfois visibles, et les dents peuvent être cariées (fig 59). La prévalence atteint 15.8%. L'absence peut toutefois aussi être congénitale ou héréditaire, et illustrer des effets de morphotype, la perte de la P1 étant fréquente chez les races à museau court (COLYER, 1990).

Nous ne pouvons toutefois écarter la possibilité de traumatismes (bagarres entre chiens) et aussi d'infections (HILLSON, 1986) : une maladie virale (maladie de Carré, Parvovirose) ou parasitaire survenue pendant les premiers mois de vie. L'absence bilatérale de certaines dents, en particulier les premières prémolaires sans autre signe d'anomalie va dans le sens de ces agénésies vraies (fig 59) La période de développement de la dent a pu aussi occasionner un défaut de développement de la dent (HARVEY et EMILY, 1993 ; HILLSON, 1986).

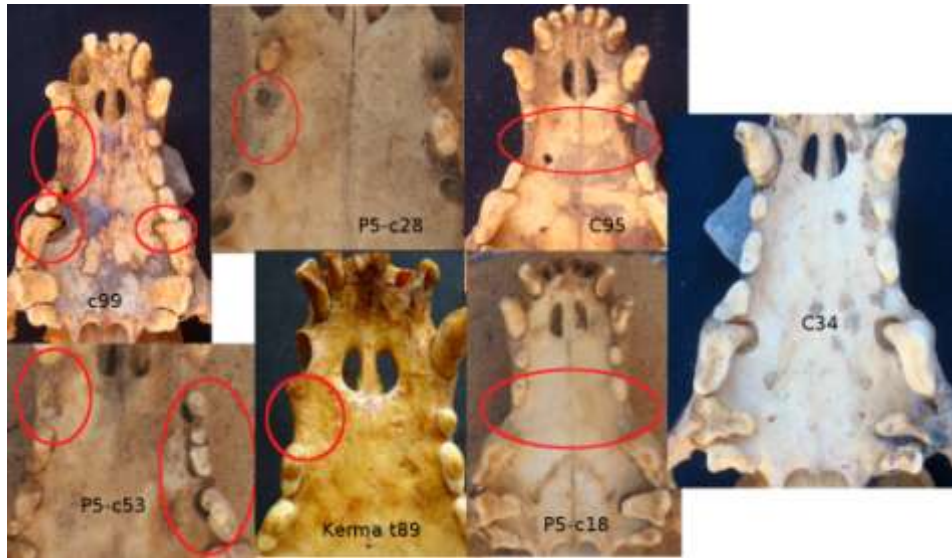


Figure 59 : Anomalies dentaires numériques par défaut :

C34, C99 et P5-c53: absence prémolaires à droite associées à des abcès des racines d'autres prémolaires en particulier les P4 (et réduction des M1 et M2 pour c34): maladie parodontale

Kerma t89 : absence de P1 droite

P5-c18 : absence bilatérale de P3 par manque de place ? (agénésie vraie ?)

C95 : absence bilatérale de P2

P5-c28 : absence de P2 à droite avec remaniement de l'alvéole en cours.

➤ Anomalies morphologiques

Cinq chiens ont des P3 avec une forme un peu particulière : le protocône est plus développé que chez les autres individus (fig 60). Cette particularité est retrouvée chez t83 à Kerma, un lévrier whippet et un caniche dans la collection du MNHN. Ceci est à rattacher à la grande variabilité dans la forme des dents chez le chien (COLYER, 1990).



Figure 60 : Proéminence du protocône chez un chien de Kerma, un chien d'El-Deir et un lévrier actuel

➤ Anomalies de structure : dysplasie amélaire

Chez de nombreux chiens, l'émail, blanc, laisse plus ou moins transparaître la dentine située dessous, donnant un aspect plus ou moins jaune ou marron en fonction de l'importance de la perte d'émail (fig 61). Nous avons dans un premier temps pensé qu'il pouvait s'agir d'une abrasion causée par le sable du désert. Cependant, dans les cas trouvés, la zone la plus atteinte est la partie distale des canines et des troisièmes incisives, et toutes les dents semblent touchées, même si plus faiblement que les canines. Cette observation exclue une origine génétique (*amelogenesis imperfecta*) (COLYER, 1990; NIEMIEC, 2011) : toutes les dents sont alors atteintes et sur toute leur surface. La cause traumatique (NIEMIEC, 2011) reste

possible (l'atteinte est alors unique). D'autres causes possibles sont liées à un problème nutritionnel sévère (carence en vitamine D (COLYER, 1990) : la majorité des dents est alors affectée mais seulement sur une partie de leur surface, formant un anneau circonférentiel), ou bien une infection sévère, survenue pendant le développement du bourgeon dentaire (avant 3-4 mois). Le virus responsable de la maladie de Carré (« distemper disease ») (NIEMIEC, 2011) est d'ailleurs bien connu pour altérer la production de l'émail (fig 62). La qualité des photos ne permet pas d'être extrêmement précis, mais il semble que l'aspect de l'émail des dents suive le schéma proposé par COLYER (1990) : l'attaque est plus ciblée sur la face distale des canines mais concerne aussi toutes les dents dans leur partie intermédiaire. Cette observation est très nette sur les spécimens c17 et c34 (fig 61). La région qui apparaît plus jaune et moins blanche (et donc où l'émail est moins présent) se serait mise en place à un moment où les conditions sanitaires ou nutritionnelles devaient être rudes. Les individus les plus jeunes (par exemple c32, fig 63) présentent d'ailleurs cette hypoplasie, sans signe de maladie parodontale, ce qui est en faveur de cette hypothèse.

Chez certains chiens d'El-Deir, la dysplasie amélaire s'accompagne de signes en faveur d'une maladie parodontale (c34, fig 61). En fait, l'expression de cette pathologie a certainement été favorisée par l'hypoplasie : les dents ayant une surface très rugueuse, l'accumulation de la plaque dentaire et du tartre est favorisée, augmentant ainsi le risque de maladie parodontale.

De plus, des réductions des molaires (en particulier chez c34, fig 61) sont aussi constatées, bien que plus rarement. Celles-ci confortent l'idée de conditions sanitaires ou alimentaires médiocres et peu propices à un bon développement.

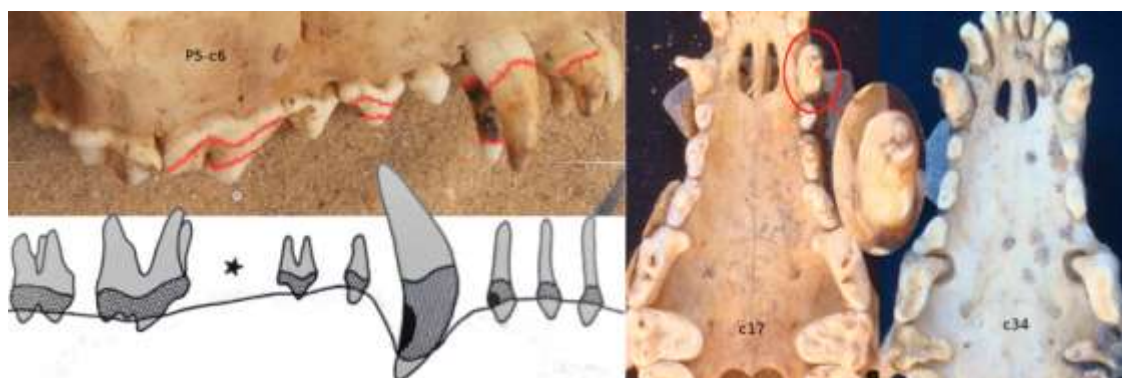


Figure 61 : Hypoplasie de l'émail chez les chiens d'El-Deir : pour C34 l'association à une maladie parodontale est franche. Le schéma est extrait de COLYER (1990, p. 448).



Figure 62 : Dents d'un chien atteint de maladie de Carré.



Figure 63 : P4 et M1 supérieures droites de E9-c32 âgé de 6 mois (photo C.Callou).

(http://www.fregis.com/infos_sante_pathologie_chien_detail.php?id=455)

➤ Anomalies de position / de l'éruption

○ Canines vers l'avant

Neuf chiens d'El-Deir présentent des canines qui s'orientent très mésialement (c6, c29, c51, n4, n20, p2, p15, p25, p55) (fig 64). Dans au moins 4 cas, la malposition est bilatérale, mais elle est aussi unilatérale dans certains cas. Les chiens touchés par l'anomalie ont un crâne petit et relativement globuleux. Cette malposition a plusieurs origines possibles :

- Une tumeur osseuse ou othématome poussant la canine à se développer vers l'avant, cependant le jeune âge des chiens n'est pas en faveur de cette hypothèse et aucune lésion de type tumorale n'a été trouvée ;
- La cause la plus fréquente de l'inclusion ou semi-inclusion de la canine est la persistance de la dent lactéale (NIEMIEC, 2011), mais dans aucun des cas la dent de lait ni son alvéole n'ont été observées ;
- Une « malchance » : si l'éruption de la canine inférieure a précédé l'éruption de la canine supérieure, alors celle-ci s'est engagée plus mésialement que distalement à la canine inférieure ;
- Une anomalie de développement de la mandibule qui apparaît très raccourcie par rapport à la normale peut occasionner un overjet⁶⁹ important des incisives et de la canine. Ce cas a été constaté par COLYER chez un chien errant (fig 64).

Notons toutefois que d'après la littérature la malposition de la canine est rare (COLYER, 1990). Or, ici, la fréquence de cette anomalie est élevée... Ce qui laisse suggérer un caractère génétique à cette anomalie : une reproduction peu contrôlée entre chiens confinés pourrait avoir engendré l'apparition de cette anomalie dans la population des chiens d'El-Deir.

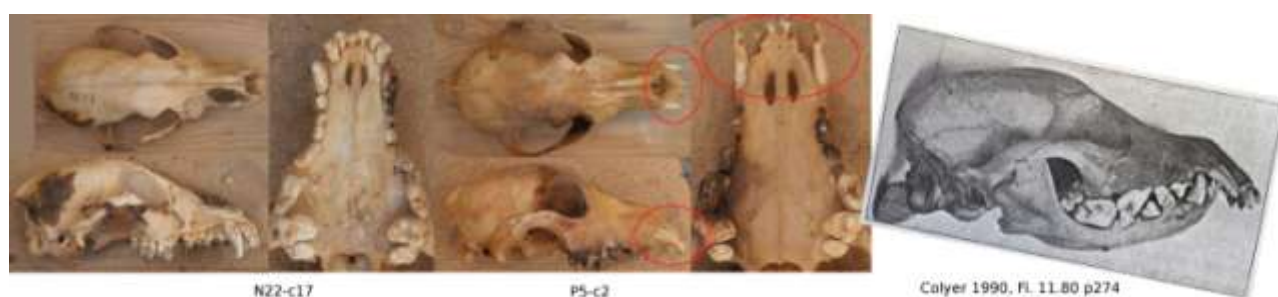


Figure 64 : Malposition de la canine chez certains chiens d'El-Deir. Implantation normale de la canine chez N22-c17 et malposition de la canine chez P5-c2. Une malposition similaire est observée sur un chien errant par COLYER (1990).

⁶⁹ L'overjet désigne une occlusion anormale avec surplomb antérieur horizontal, c'est-à-dire que les dents supérieures dépassent les dents inférieures en vue latérale lorsque la bouche est fermée.

○ Rotations dentaires

Huit chiens d'El-Deir présentent des rotations de leurs premières prémolaires (fig 65). La surface buccale de la dent se trouve alors en position plus mésiale qu'elle ne l'est usuellement. Comme indiqué dans la littérature (COLYER, 1990), la P3 est la dent la plus sujette à cette malposition. Le degré de rotation est variable mais peut-être très important comme chez le spécimen c104 (fig 65). La malposition peut-être unilatérale ou bilatérale. Ce phénomène est à relier à la sélection de morphotypes caractérisés par un raccourcissement de la face et donc des mâchoires. Les cas de rotations ne sont d'ailleurs pas observés sur des chiens à la face allongée. Une alimentation non conforme pourrait aussi être responsable.



Figure 65 : Rotations des prémolaires chez plusieurs spécimens d'El-Deir.

C7 : rotation bilatérale des P1

C44 : rotation bilatérale des P3 et rotation de P2 gauche

C104 : rotation de P3 droite

➤ Fractures dentaires

Quelques chiens d'El-Deir présentent des fractures des canines (fig 66). Celles-ci peuvent être dues à la mastication d'objets particulièrement durs, comme des cailloux ou des os, ce qui pourrait aussi contribuer, avec le sable, à expliquer l'abrasion dentaire importante constatée chez les individus étudiés.



Figure 66 : Possible fracture bilatérale des canines chez P5-c5

4.1.3.2. Anomalies autres que dentaires

➤ Perforations palatines

Un certains nombres d'individus présente des petites perforations circulaires sur le palais, souvent multiples (fig 67). Les bords sont remaniés, signe que la lésion est survenue avant la mort. La localisation et l'aspect de la lésion suggèrent une origine traumatique par un objet contendant. Il est possible que ces lésions résultent de morsures entre chiens survenues lors de combats. Un tel phénomène a aussi été retrouvé à Saqqara (HARTLEY, 2017).

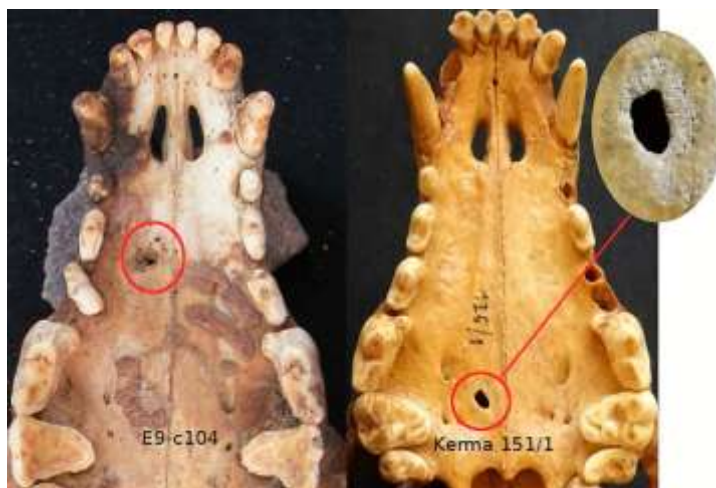


Figure 67 : Perforations circulaires sur le palais visibles sur un chien d'El-Deir (E9-c104) et sur un chien de Kerma (151/1)

➤ Dépression du frontal

Deux spécimens (E9-c10 et P5-c13) présentent une dépression unilatérale sur l'os frontal, soit médialement, soit caudalement au processus orbitaire (fig 68). Des cas similaires (7/119) ont été observés chez les chiens de Saqqara (HARTLEY, 2017 ; fig 68) et l'auteur a proposé qu'il puisse s'agir de lésions consécutives à des violences faites à l'aide d'un objet type bâton, la région étant une cible privilégiée des blessures infligées aux chiens en cas de détention « musclée », notamment lors de détention d'un grand nombre d'animaux. La fouille d'une tombe gréco-romaine d'un homme adulte avait permis de trouver un bâton en bois dont la taille et la forme était compatible avec celles des lésions trouvées à Saqqara. Au Deir aussi, la forme des lésions s'y prête plutôt bien.

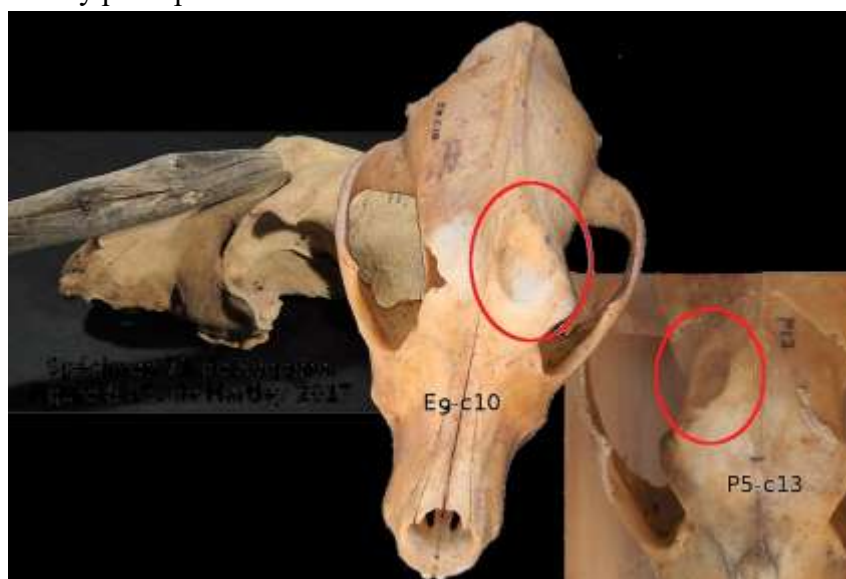


Figure 68 : Dépression sur l'os frontal observée chez deux chiens d'El-Deir. A gauche, un cas similaire à ceux de Deir observé par Mary HARTLEY (2017) avec un bâton de bois susceptible d'avoir occasionné la blessure.

4.2. Etude morphométrique

4.2.1. Résultats de l'étude de répétabilité

Les résultats de l'étude de répétabilité (tab XV et XVI, fig 69) montrent que la répétabilité lors du positionnement des landmarks est tout à fait satisfaisante (au moins 90%, pas de différence significative dans les conformations entre les sessions) mais que la répétabilité globale est nettement moins bonne, du fait d'une forte influence de la prise de photo. Celle-ci engendre une erreur d'environ 30% pour les vues latérales et dorsales et l'erreur est encore plus élevée (45%) pour la vue ventrale. Ceci s'explique par le fait que le positionnement du crâne est moins systématique sur cette face : le bombement du crâne occasionne une variation plus grande quand il est posé sur sa face dorsale. Cette différence liée à la prise de photos s'est révélée être significative à la MANCOVA⁷⁰ (p-value <10^e-8, tableau 10) pour toutes les faces. L'étirement des groupes qui en découle est d'ailleurs bien visible sur l'ACP (fig 69) : alors que les points d'une même photo sont tous très proches, les points de photos différentes d'un même individu sont plus ou moins distants en fonction des individus. Toutefois pour toutes les faces les individus restent globalement bien distincts les uns des autres si l'on regarde suivant les différentes composantes de l'ACP.

Tableau XV : Pourcentages de Répétabilité ou d'erreur liés au positionnement des landmarks, à la prise de photo et à la latéralisation.

	Vue dorsale	Vue ventrale	Vue latérale
Répétabilité globale	79.3	65.3	61.1
Répétabilité landmarks	93.7	94.8	90.9
Erreur prise de photo	28.6	45.7	29.2
Erreur latéralisation	/	/	63.2

Tableau XVI : Résultats des MANCOVA pour les tests de répétabilité : Pr(>F), p-values

	Vue dorsale	Vue ventrale	Vue latérale
INDIVIDU	< 2.2e-16 ***	< 2e-16 ***	< 2.2e-16 ***
INDIVIDU : COTE	/	/	< 2.2e-16 ***
INDIVIDU : PHOTO (ou INDIVIDU : COTE : PHOTO)	1.381e-08 ***	< 2e-16 ***	8.011e-08 ***
INDIVIDU : PHOTO : SESSION (ou INDIVIDU : COTE : PHOTO : SESSION)	0.9856	0.9086	0.05975

La superposition des conformations obtenues pour les différentes photos d'un même individu (fig 69) montre que les zones les plus affectées sont les régions s'éloignant du centre de l'objectif et au niveau de l'arcade zygomatique pour les vues dorsales et latérales. Nous pouvons avoir une impression d'aplatissement du crâne si la photo n'est pas strictement faite orthogonalement au plan sagittal du crâne. Ces différences s'expliquent par des différences dans le positionnement du crâne et/ou de l'appareil photo (la projection sur la photo n'est pas exactement la même) mais aussi par l'effet de la lentille de l'appareil photo, assez déformante pour de grands objets qui occupent une grande partie du cliché.

⁷⁰ Analyse de la Covariance multivariée.

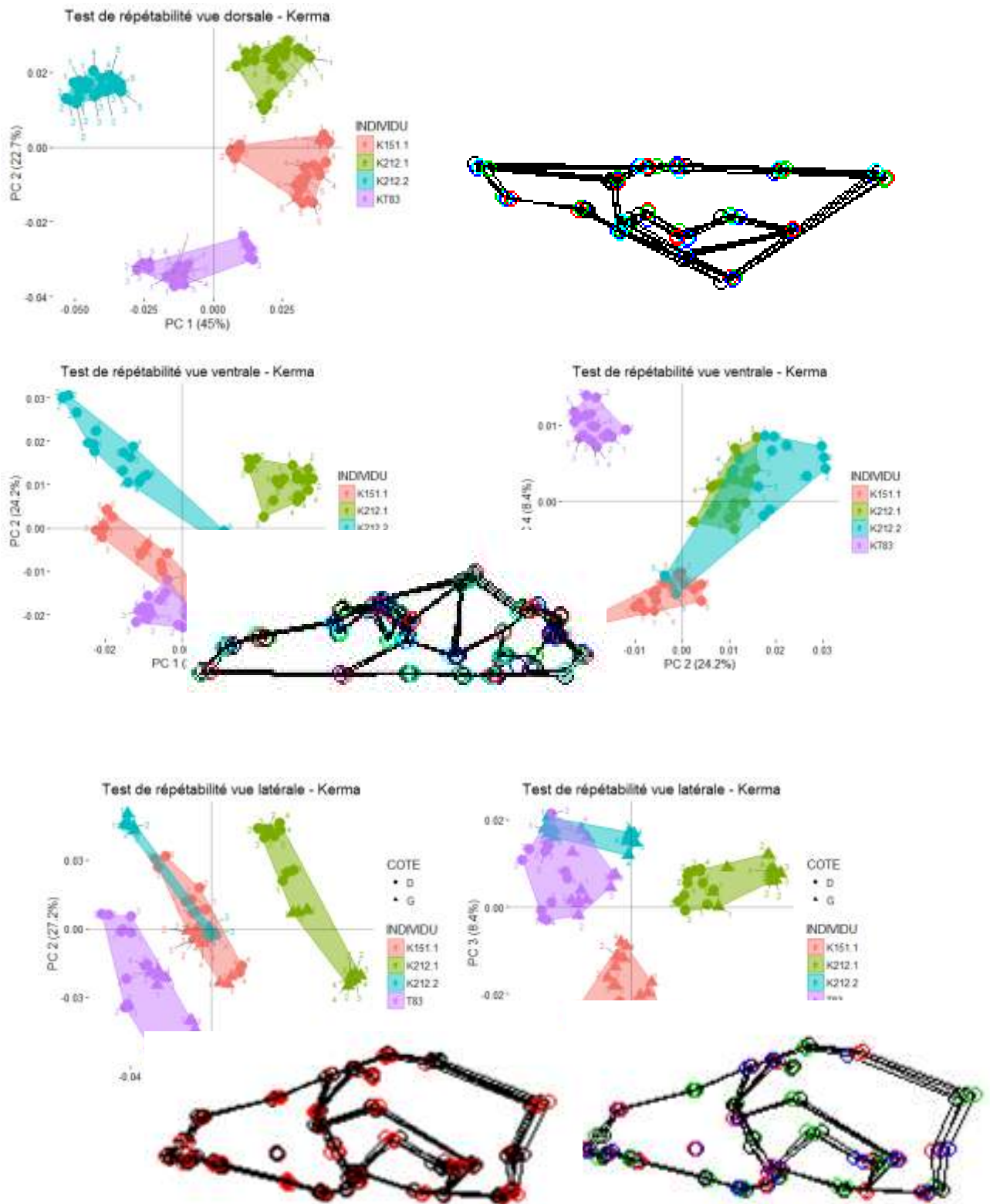


Figure 69 : Visualisation des ACP du test de répétabilité

et visualisation de l'effet de la prise de photo sur les conformations.

Sur les ACP, les labels de chaque point correspondent au numéro de la photo, de façon à visualiser l'effet de la prise de photo. Les différents points de la même couleur et de même numéro correspondent aux différentes sessions de prise de vue. Afin d'illustrer les effets de la prise de photo, nous avons superposé les conformations de l'individu K151.1 pour toutes les photos prise mais pour une session donnée (un seul exemplaire par photo es représenté). Pour la vue latérale, seul le côté droit a été utilisé, et entre les 2 ACP de la vue latérale, les côtés gauches et droits (une seule session mais toutes les photos) sont tous les deux représentés.

Afin de voir si statistiquement ces individus sont bien séparés, il a été réalisé une CAH sur les scores de l'ACP pour chaque face. Les résultats (fig 70) montrent que pour la vue dorsale tous les individus sont bien séparés. Le positionnement du crâne étant plus facile sur cette face, le seul paramètre ayant influé entre les photos étant le positionnement de l'appareil photo (avec ou sans niveau à bulle) nous pouvons en déduire que sur cette face les variations liées à l'appareil sont négligeables pour les finalités de notre étude. Pour les faces ventrale et surtout latérale, les confusions sont plus franches. Pour la face ventrale, les individus K151.1 et K212.2 conduisent à des erreurs d'attribution, de même que K212.1 conduit à des erreurs « d'attribution » pour la face latérale.

> #Vue dorsale					> #Vue ventrale					> #Vue latérale				
> table(realite,class.cah)					> table(realite,class.cah)					> table(realite,class.cah)				
	class.cah					class.cah					class.cah			
realite	1	2	3	4	realite	1	2	3	4	realite	1	2	3	4
K151.1	0	0	25	0	K151.1	0	0	16	4	K151.1	0	0	24	0
K212.1	0	25	0	0	K212.1	20	0	0	0	K212.1	0	15	0	9
K212.2	25	0	0	0	K212.2	0	16	0	4	K212.2	0	0	12	0
KT83	0	0	0	25	KT83	0	0	0	20	T83	24	0	0	0

Figure 70 : Résultats des classements obtenus par les CAH sur chacune des faces

En observant les photos des individus qui ont posé problème (fig 71), il en ressort que ce problème peut être assez bien résolu en procédant à une sélection des photos pour la morphométrie géométrique. Nous avons souligné ici l'importance d'utiliser un niveau à bulle et d'être le plus rigoureux et systématique possible dans la prise de photos. De plus, les individus de ce test de répétabilité sont morphologiquement très proches, plus que ne le seront probablement les chiens d'El-Deir entre eux et que ne le seront les chiens actuels. Pour les objectifs de l'étude (différencier des populations), la précision devrait alors être suffisante.



Figure 71 : Exemples de positionnement différents pour K212.1 en vue latérale et K212.2 en vue ventrale

A défaut de maîtriser les conditions de prises de photo pour les chiens d'El-Deir, seuls les photos où le crâne paraissait le plus « droit » et le plus correctement placé par rapport à l'appareil photo ont été retenues que l'analyse morphométrique. Il faudra garder à l'esprit l'existence de ce biais et rester prudents dans l'appréciation des résultats.

4.2.2. Taille isométrique

ANOVA et tests post-hoc (Tukey HSD) ne révèlent pas de différence significative entre les tailles isométriques des différentes provenances (fig 72) : les variances engendrent des recouvrements et les effectifs de certaines classes sont faibles. D'après la figure 73, les chiens d'El-Deir ont une taille plus variable que ceux de Kerma. Comme nous pouvions nous y attendre, la variabilité des chiens actuels est encore plus importante.

```

diff          lwr          upr          p adj
Kerma-El-Deir 0.04514966 -0.040968971 0.1312683 0.5279090
MNHN-El-Deir 0.08959884 0.053471997 0.1257257 0.0000000
Soudan actuel-El-Deir 0.09999665 -0.009637799 0.2096311 0.0878028
MNHN-Kerma 0.04444918 -0.041292564 0.1321909 0.5569385
Soudan actuel-Kerma 0.05484699 -0.080848171 0.1905422 0.7226133
Soudan actuel-MNHN 0.01039782 -0.100516148 0.1213118 0.9949700

> TukeyHSD(aov(taille_iso-SEXE*EPOQUE))
Tukey multiple comparisons of means
95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = taille_iso ~ SEXE * EPOQUE)

$SEXE
      diff          lwr          upr          p adj
M-F 0.07597813 0.01788418 0.1340721 0.0109162

$EPOQUE
      diff          lwr          upr          p adj
ANCIEN-ACTUEL -0.05359623 -0.1699922 0.06279971 0.3629586

$`SEXE:EPOQUE`
      diff          lwr          upr          p adj
M:ACTUEL-F:ACTUEL 0.079293622 0.0004043621 0.1581829 0.0483418
F:ANCIEN-F:ACTUEL -0.019411499 -0.2844878962 0.2456649 0.9974934
M:ANCIEN-F:ACTUEL 0.008498077 -0.1842201986 0.2012164 0.9994478
F:ANCIEN-M:ACTUEL -0.098705122 -0.3603511978 0.1629410 0.7574464
M:ANCIEN-M:ACTUEL -0.070795545 -0.2587676355 0.1171765 0.7583662
M:ANCIEN-F:ANCIEN 0.027909576 -0.2873292024 0.3431484 0.9955992

> summary(aov(taille_iso-SEXE*EPOQUE)) # par d'interaction NS mal:
ées pour le sexe des anciens et pas mn variances
SEXE      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
EPOQUE    1  0.0162  0.01619   0.836 0.3629
SEXE:EPOQUE 1  0.0033  0.00331   0.171 0.6802
Residuals 95  1.8406  0.01938
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
139 observations deleted due to missingness

```

Figure 72 : Résultats des ANOVAs et tests de Tukey pour l'exploration des allométries en morphométrie classique

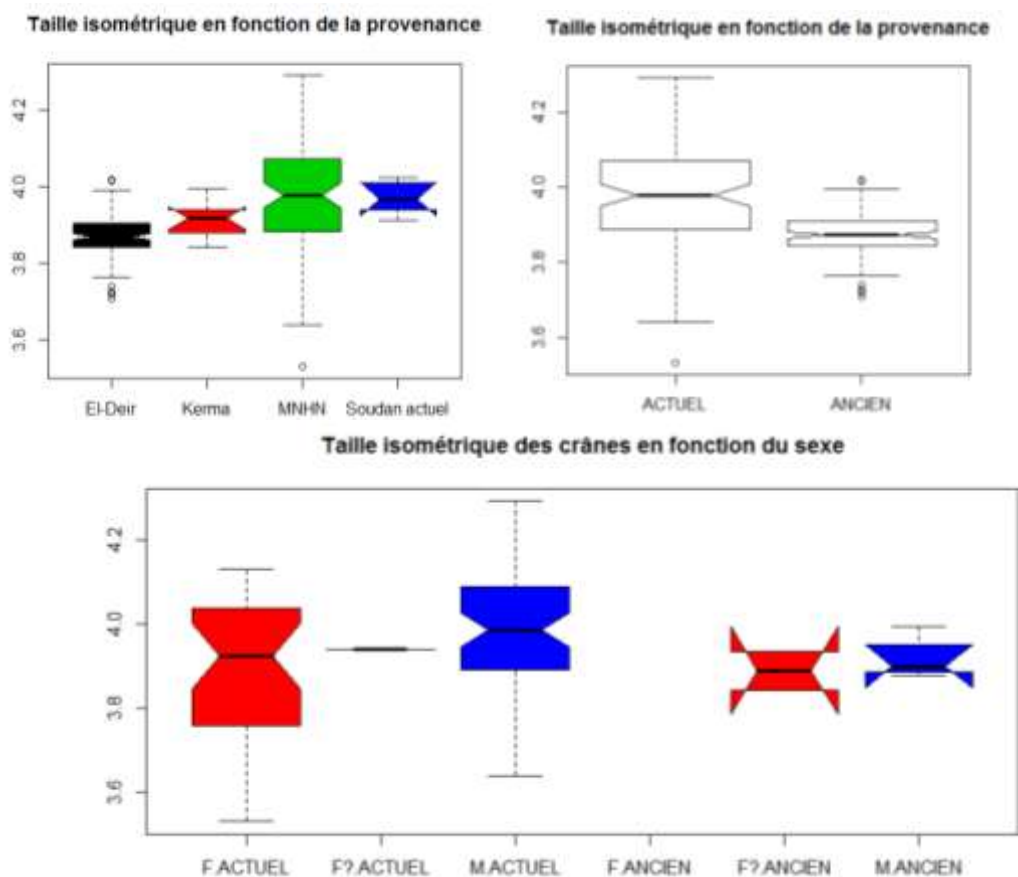


Figure 73 : Logarithme de la taille isométrique en fonction de la provenance et du sexe. Actuel : regroupe les chiens du MNHN et du Soudan actuel. Ancien : regroupe les chiens de Kerma et d'El-Deir.

4.2.3. Allométries

➤ Morphométrie classique

En morphométrie classique, l'effet de la taille isométrique est significatif ($p\text{-value} < 2e-16$). Les allométries sont faibles (12.5%) ; elles sont donc conservées. La $p\text{-value}$ du test de comparaison de pentes pour les allométries multigroupes est de 0.09 donc il n'y a pas de différence d'allométries entre mâles et femelles. La figure 74 illustre ces allométries.

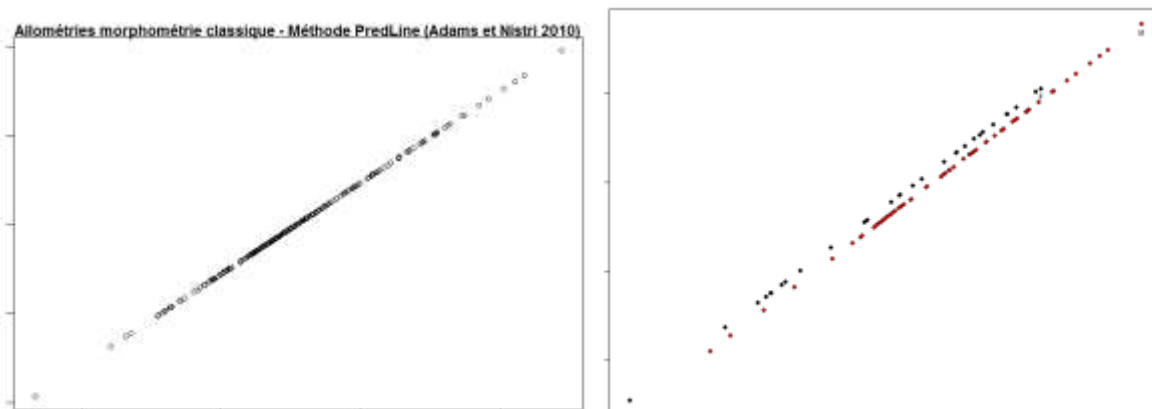


Figure 74 : Visualisation des allométries en morphométrie classique, en considérant (à droite) ou non (à gauche) le sexe

➤ Morphométrie géométrique

Pour chacune des trois faces, des allométries existent de manière significative ($p\text{-value} < 2.2 \cdot 10^{-16}$ dans chaque cas). Elles restent faibles (7.8 % pour la face dorsale ; 11.2% pour la face ventrale ; 6.9 % pour la face latérale) et peuvent donc là aussi être négligées.

Les tests de comparaison de pente réalisés pour les allométries multigroupes montrent qu'il n'y a pas de différence entre mâles et femelles (le test HOS renvoie une $p\text{-value}$ de 0.09 pour la vue dorsale, 0.41 en vue ventrale, 0.05 en vue latérale). Les visualisations obtenues sont similaires à celles obtenues en morphométrie classique.

La morphométrie géométrique permet de visualiser les régions du crâne qui sont le plus sujettes aux allométries (fig 75) : la largeur minimale du crâne (restriction post-orbitaire), la largeur maximale du crâne, des arcades zygomatiques.

➤ Bilan sur les allométries

Au bilan, morphométrie classique et géométrique vont dans le même sens pour montrer qu'il existe des allométries dans les conformations mais que celles-ci sont faibles. Elles seront donc négligées dans la suite du travail. Il aurait aussi pu être possible de travailler sur les résidus de la régression multivariée, ce qui a été le sujet de plusieurs essais, sans que cela n'apporte d'information supplémentaire.

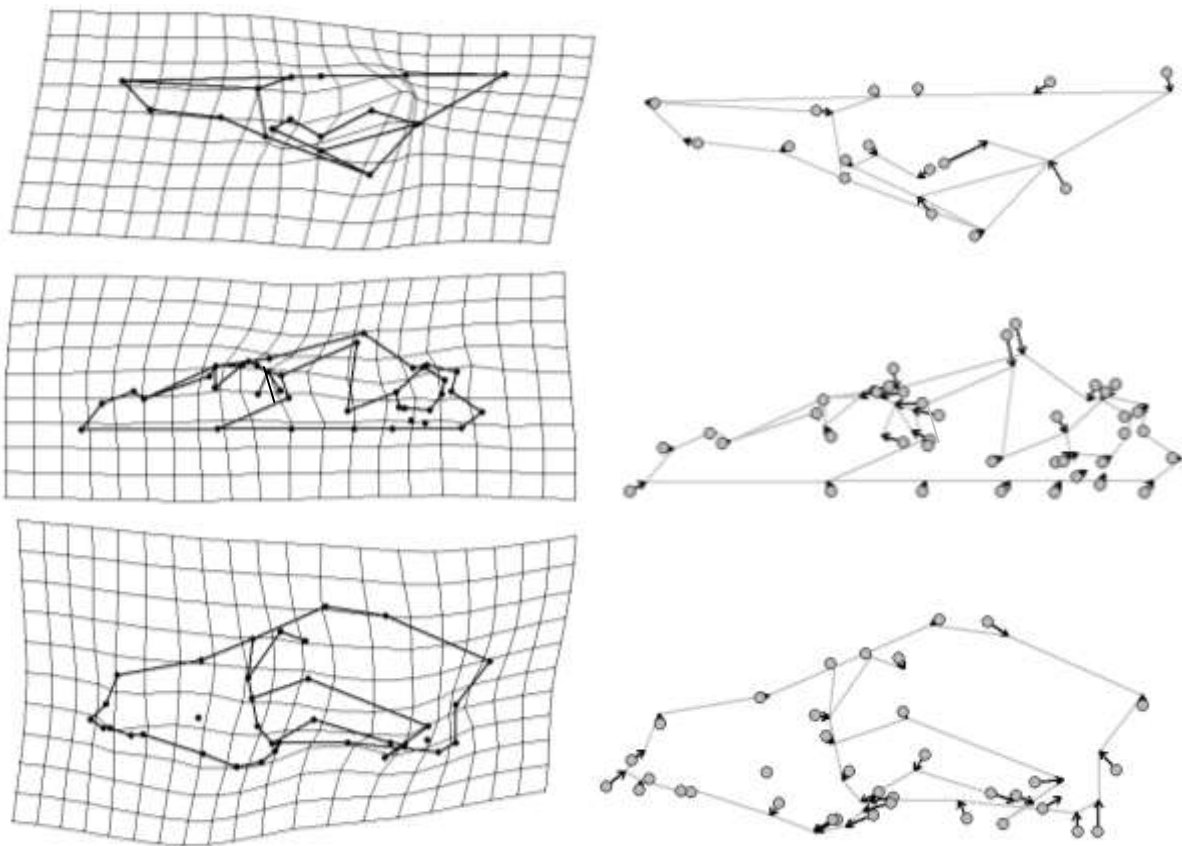


Figure 75 : Allométries en morphométrie géométrique.

Visualisation des déformations des conformations en vue dorsale, ventrale et latérale entre le minimum de la taille centroïde (référence) et le maximum de la taille centroïde. Visualisation sous forme de grille de déformation à gauche et sous forme de vecteurs à droite (la conformation de la référence donc du minimum de la taille centroïde est figurée en gris).

4.2.4. Etude des conformations : classification non supervisée

➤ Morphométrie classique

Les deux premiers axes de l'ACP établie à partir des données de morphométrie classique (qui expriment 43% de la variance totale) permettent de séparer déjà visuellement les chiens en fonction du caractère plus ou moins allongé, trapu ou haut de leur crâne (fig 76).

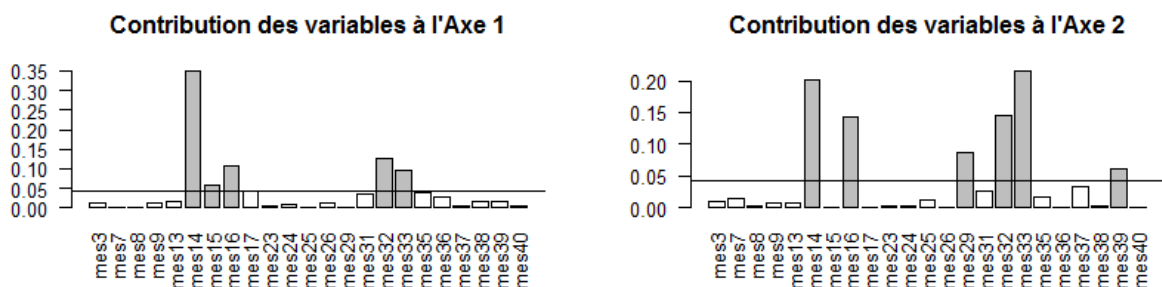


Figure 76 : Contributions des différentes mesures à la construction des axes de l'ACP

Ainsi, les chiens au crâne allongé (en particulier au niveau de la face) à droite de la figure s'opposent aux chiens à la face plus raccourcie à gauche ; les chiens au crâne plus large en haut de la figure s'opposent aux chiens au crâne plus étroit en bas (fig 77).

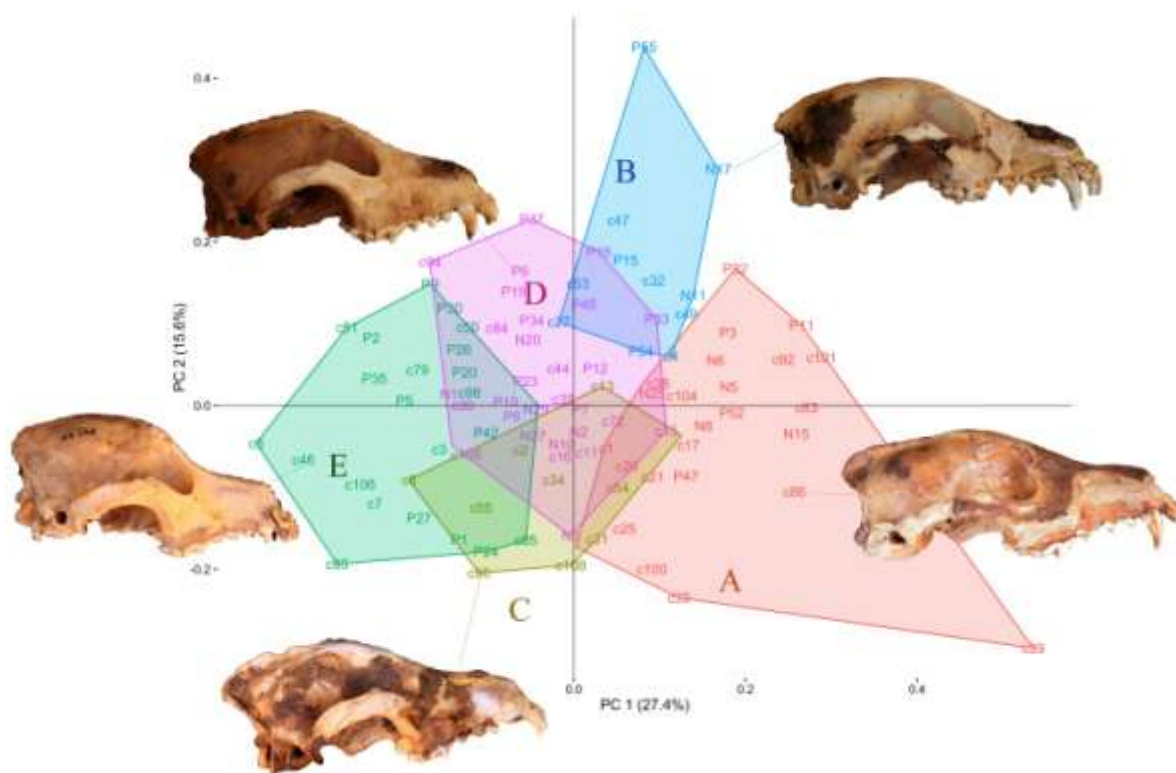


Figure 77 : Visualisation sur les deux premiers axes de l'ACP des conformations et des groupes trouvés par la CAH ($k=5$) sur les chiens d'El-Deir seulement, en morphométrie classique

La CAH calculée sur les conformations donne le dendrogramme en figure 78. Il y a des sauts d'inertie à 2, 3 et 5 classes. Même si la division en 2 classes est celle qui maximise la perte relative d'inertie (fig 79), nous avons opté pour la division en 5 classes qui nous paraît mieux refléter la diversité de l'échantillon et se rapproche le plus des résultats obtenus par C. Callou (DUNAND *et al.*, 2015b). Les attributions de la CAH sont données en annexe 6.

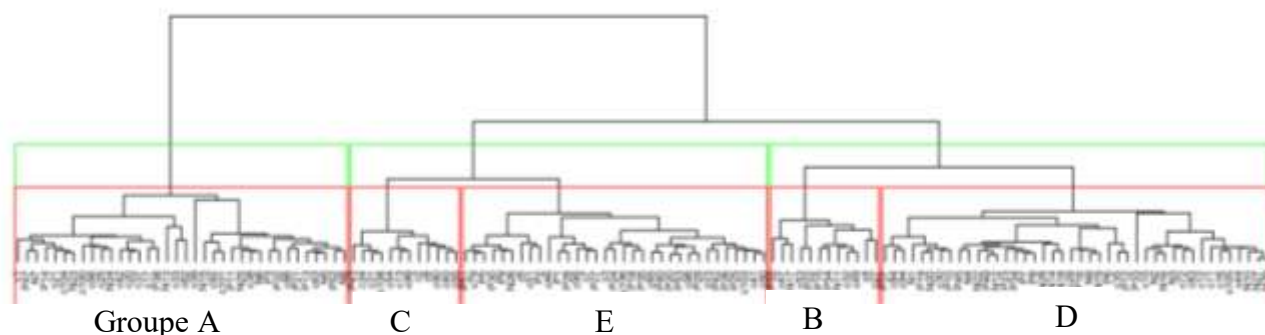


Figure 78 : Dendrogramme obtenu en morphométrie classique sur les chiens d'El-Deir et partition en 3 et 5 classes.

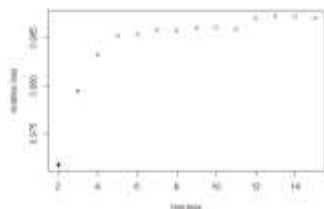


Figure 79 : Perte relative d'inertie en fonction du nombre de classes à la CAH en morphométrie classique. Le point en noir est celui qui minimise le critère, le point en gris le deuxième fractionnement qui minimise le critère.

De manière à apprécier la morphologie de chacun des groupes, les moyennes pour chacune des 23 mesures sont données dans le tableau XVII, pour chacun des groupes A, B, C, D et E. C'est une façon d'appréhender un individu « type » pour chaque groupe.

Les chiens du groupe A (qui représentent 27 % de l'échantillon total) ont un crâne allongé et étroit. Ils s'opposent aux chiens des groupes B, C, D et E (qui sont regroupés dans la partition en 2 classes). Les chiens du groupe E ont une face nettement raccourcie et un crâne plus ou moins large. La distinction entre les 3 autres types est moins nette, il s'agit de chiens plutôt « intermédiaires » avec les chiens du type C qui s'apparentent par leur taille à ceux du type A. Les plus petits chiens sont dans le groupe B. Les chiens des groupes C et D sont intermédiaires des types précédents.

Tableau XVII : Caractérisation des groupes de chiens d'El-Deir après CAH ($k=5$) en morphométrie classique. Les mesures sont données en millimètres.

N=135	GRUPE A N= 36	GRUPE B N=12	GRUPE C N=12	GRUPE D N=42	GRUPE E3 N=33	Kerma
TOMBE E9	18	6	11	13	14	10
TOMBE N22	9	2	0	16	1	
TOMBE P5	9	4	1	13	18	
Mesure 3	156.9	140.5	160.3	147.3	151.3	159.4
Mesure 7	82.4	71.4	86.5	80.2	83.5	85.4
Mesure 8	83.9	79.7	91.6	84.2	86.2	89.3
Mesure 9	101.7	92.9	104.4	95.1	98.0	103.8
Mesure 13	86.5	79.1	90.3	81.7	83.1	89.5
Mesure 14	31.5	26.0	31.7	27.8	25.6	30.6
Mesure 15	62.8	59.5	61.3	58.2	58.1	61.6
Mesure 16	18.6	17.0	16.0	18.0	16.3	19.0
Mesure 17	47.1	45.6	46.6	43.4	44.3	46.8
Mesure 23	58.1	56.7	64.6	59.3	60.3	60.2
Mesure 24	56.6	54.6	61.9	22.9	58.7	58.3
Mesure 25	32.4	32.0	35.5	33.2	33.5	33.3
Mesure 26	48.6	45.8	49.6	46.7	46.6	46.9
Mesure 29	53.3	52.0	54.0	53.0	54.3	52.1
Mesure 31	33.9	34.3	35.5	35.4	35.3	36.0
Mesure 32	46.7	41.3	51.2	48.4	51.3	52.9
Mesure 33	33.4	27.7	35.0	33.4	35.7	35.6
Mesure 35	29.7	30.6	33.6	31.9	31.8	33
Mesure 36	31.3	31.3	34.9	33.3	33.4	34.4
Mesure 37	28.8	27.5	29.7	28.1	27.7	28.8
Mesure 38	49.7	57.2	54.7	50.5	52.7	53.3
Mesure 39	44.2	44.4	48.4	46.0	46.7	50
Mesure 40	38.2	36.3	41.8	38.5	39.4	42.1

Une autre CAH conduite cette fois sur les chiens d'El-Deir mais aussi sur les chiens de Kerma et du Soudan actuel donne à peu près la même partition (les groupes C et D ont un peu bougé⁷¹) avec des individus qui se placent majoritairement dans les groupes C et D (fig 80). La visualisation sur les deux premières composantes de l'ACP nous montre que ces chiens du Soudan, actuels comme anciens, sont globalement au centre de la projection, donc proche des individus moyens d'El-Deir. Les chiens de Kerma ont une taille les rapprochant davantage du groupe C (tab XVII), et les chiens du Soudan actuel sont à moitié dans le groupe C et à moitié dans le groupe D. Les chiens du groupe D seraient donc des parias semblables aux parias de Kerma et les chiens du groupe C des chiens qui s'en approchent, mais la morphométrie classique ne permet pas d'être plus précis.

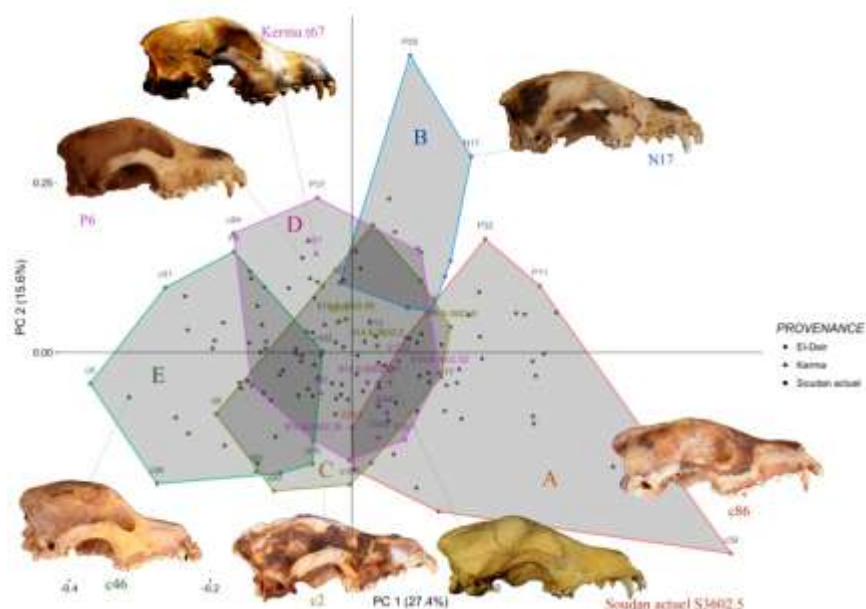


Figure 80 : Visualisation sur les deux premiers axes de l'ACP des conformations et des groupes trouvés par la CAH ($k=5$) sur les chiens d'El-Deir, de Kerma et du Soudan actuel, en morphométrie classique. Les chiens de Kerma et du Soudan actuel sont projetés en tant qu'individus illustratifs.

La projection des chiens actuels conforte les observations précédentes (fig 81) : d'après les deux premières composantes, les chiens du groupe A seraient des individus au crâne allongé et fin, comme les bergers allemands, les colleys et lévriers actuellement, et les chiens du groupe E sont des chiens à la face courte et large, sûrement des mastiffs (danois, bull mastiff...). Les individus du groupe C correspondent aussi à des individus proportionnellement allongés, mais un peu moins que dans le groupe A, les chiens du groupe B s'apparentent par leur conformation aux teckels et loulous actuels : le crâne est petit, allongé mais arrondi. Les chiens du groupe D sont intermédiaires. En regardant le sexe des individus projetés, il ne semble a priori pas possible à partir des deux premiers axes de l'ACP de distinguer les groupes en fonction du sexe. Nous retrouvons ici les résultats trouvés par C. Callou (DUNAND *et al.*, 2015b).

La morphométrie classique permet donc de bien approcher l'échantillon d'El-Deir, mais ne nous permet pas de caractériser plus précisément les conformations de chaque groupe et en particulier la raison du clivage entre les groupes C et D.

⁷¹ Ceci est dû au fait qu'avec la méthode de Ward, la CAH est peu robuste : il suffit de modifier une distance pour que le saut change.

➤ Morphométrie géométrique

En morphométrie géométrique aussi la meilleure partition est un clustering en 2 groupes (fig 82) mais pour mieux comprendre l'échantillon nous optons pour la partition en 5 groupes (fig 83). En faisant une nouvelle CAH sur les chiens de Kerma et du Soudan actuel (fig 84), les chiens de Kerma sont isolés avec les groupes 2, 3 et 5 et en comparant l'évolution de la composition des groupes grâce à un tableau de contingence, il en ressort que le groupe 5 est le seul à ne pas avoir bougé du tout avec l'introduction de nouveaux spécimens. Nous pouvons penser que les chiens de Kerma sont donc plus proches des groupes 2 et 3. En comparant les conformations de ces groupes (fig 85) les chiens de Kerma sont caractérisés par un crâne moins haut et des processus orbitaires plus saillants que les chiens des groupes 2 et 3 d'El-Deir. Dans cette seconde CAH, un seul des chiens du Soudan actuel est classé avec les chiens de Kerma. Les chiens du Soudan ancien semblent en effet, en moyenne, avoir un crâne plus bas et plus large au niveau du processus zygomatique des os frontaux, et une face plus courte (museau plus court) que les chiens du Soudan actuel (fig 85).

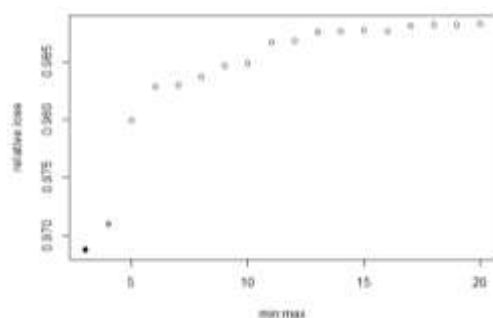


Figure 82 : Perte relative d'inertie en fonction du nombre de classes à la CAH en morphométrie géométrique. Le point en noir est celui qui minimise le critère, le point en gris le deuxième fractionnement qui minimise le critère.

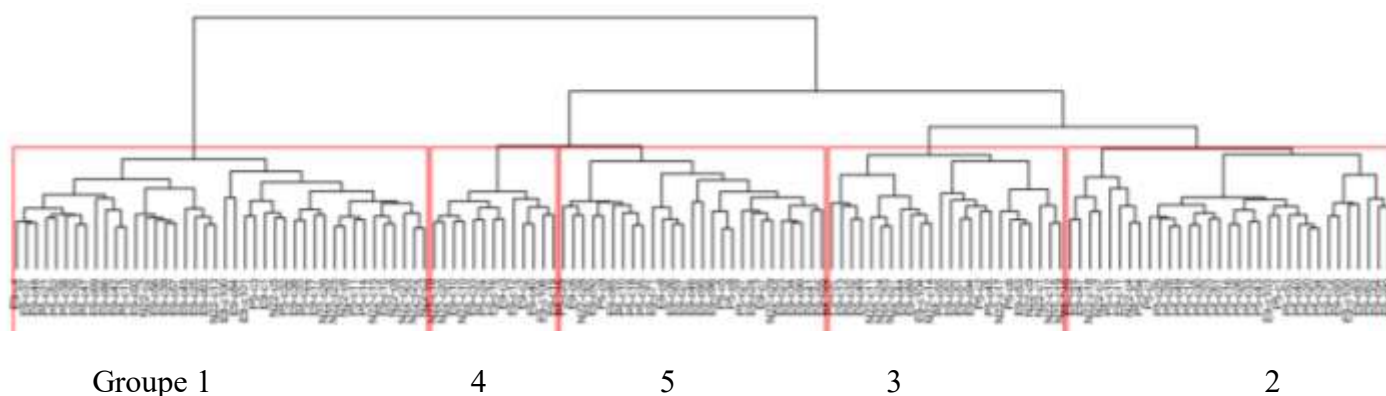


Figure 83: Dendrogramme obtenu sur les chiens d'El-Deir et partition en 5 classes

Lors de la partition des chiens d'El-Deir en 5 groupes, nous retrouvons dans le groupe 1 des chiens au crâne long et allongé (auxquels se superposent colley, lévrier afghan, doberman actuels) (fig 86). Sur les deux premières composantes de l'ACP, ils s'opposent aux chiens du groupe 5, qui ont un crâne plus haut et une face plus courte (et qui sont aussi plus larges) (Braque, Boxer, Bull Mastiff). Les individus du groupe 4 ressemblent à ceux du groupe 1 mais le crâne est plus haut, plus trapu, le museau plus court et la crête sagittale est très prononcée à l'arrière (Lévrier afghan, Danois, Berger allemand). Les groupes 2 et 3 sont intermédiaires des précédents, mais n'ont pas exactement les proportions entre neurocrâne et face : pour le groupe 3 le neurocrâne est plus développé, d'aspect plus globuleux que le groupe 2 (fig 85), comme pour les teckels actuels (fig 86). Les chiens de ces deux groupes ont un crâne plus haut (crête sagittale plus développée) et plus large au niveau du neurocrâne, une face proportionnellement plus allongée que les chiens de Kerma (fig 85) même si ce sont ceux qui y ressemblent le plus.

➤ **Bilan : comparaison des résultats de morphométrie classique et de morphométrie géométrique**

En comparant les résultats des CAH sur les chiens d'El-Deir en morphométrie classique et en morphométrie géométrique (tab XVIII, voir annexe 6 pour les attributions lors des CAH), il apparaît que le groupe A en morphométrie classique correspond presque exactement au groupe 1 en morphométrie géométrique. Cependant, pour les quatre autres groupes la répartition entre chaque groupe diffère entre morphométrie classique et géométrique. Nous retrouvons là une conséquence directe du fait que la meilleure partition était pour les deux techniques une partition en 2 groupes : le groupe A d'un côté (des chiens au crâne allongé et fin) et de l'autre un groupe rassemblant B C D et E (donc des chiens au crâne intermédiaire à plus massif qu'il est moins évident de distinguer les uns des autres). Cependant, la morphométrie géométrique présente le net avantage d'assurer une uniformité de la prise de mesure (un seul opérateur pour la pose des landmarks alors qu'en morphométrie classique plusieurs opérateurs ont pris les mesures et la répétabilité a été contrôlée) et une vérification possible de ces mesures (il est possible de revenir à tout moment sur la position des landmarks), ainsi qu'une représentation graphique des conformations des individus. De plus, la CAH a permis d'isoler les individus de Kerma dans un seul et même groupe, tout en les plaçant au plus proche des groupes 2 et 3. Ainsi, la morphométrie géométrique permet de mieux apprécier le sens biologique des groupes que l'on a isolé à la CAH en visualisant directement les conformations moyennes, d'être plus précis et de faire ressortir les effets de population.

Tableau XVIII : Table de contingence des résultats du clustering en 5 groupes en morphométrie classique et en morphométrie géométrique.

MG → MC ↓	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
GROUPE A	29	2	2	1	0
GROUPE B	2	3	6	0	1
GROUPE C	0	3	1	3	4
GROUPE D	6	4	11	5	4
GROUPE E	1	10	2	2	15

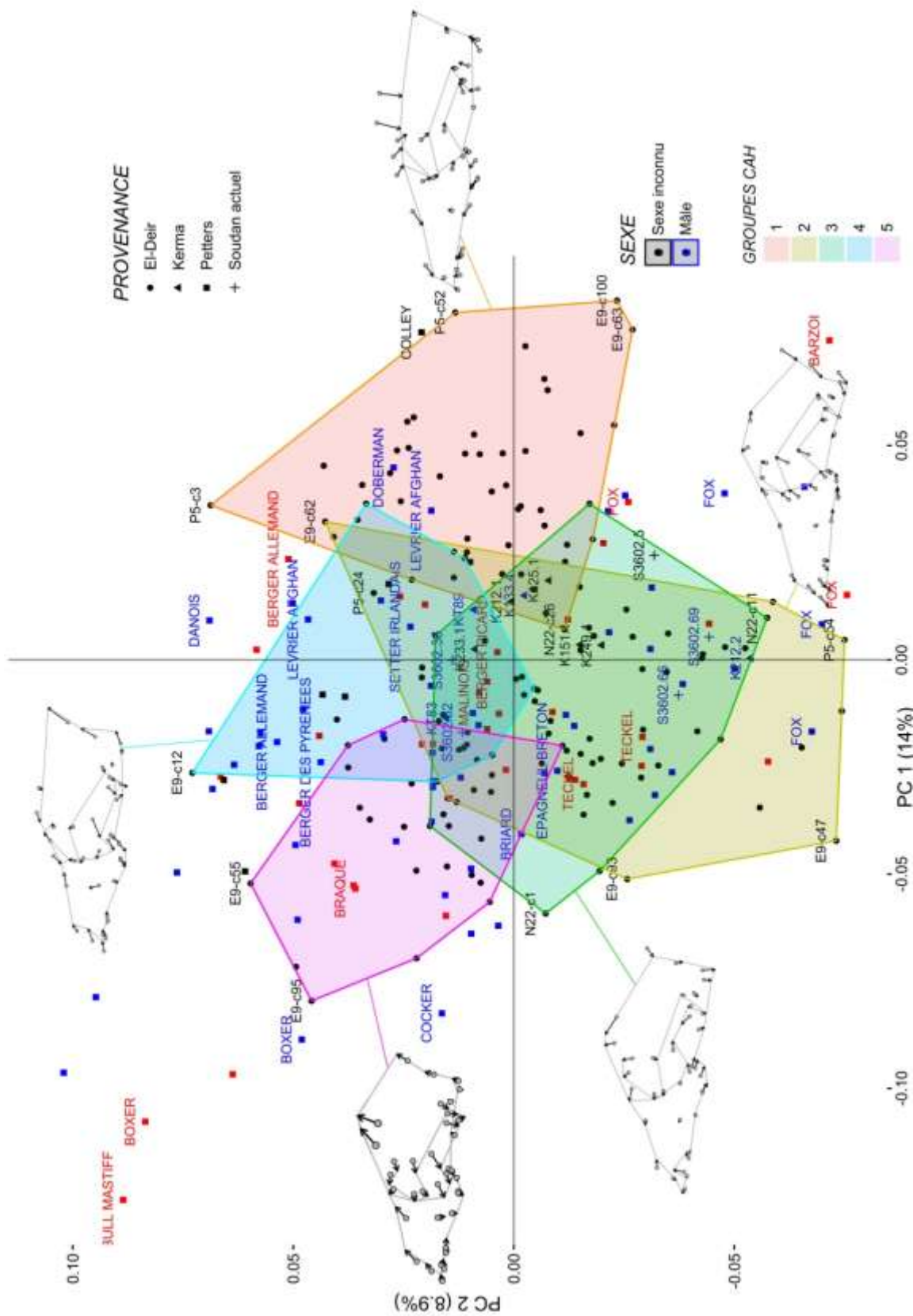


Figure 86 : Visualisation des morphotypes de la population d'El-Deir.

A. Visualisation de la partition des chiens d'El-Deir en 5 classes lors de la CAH menée sur les conformations. Pour chaque groupe, la déformation de l'individu moyen du groupe par rapport au consensus global est montrée. Les faces latérales étant les plus sujettes au changement, dans un souci de clarté ce sont les seules représentées.

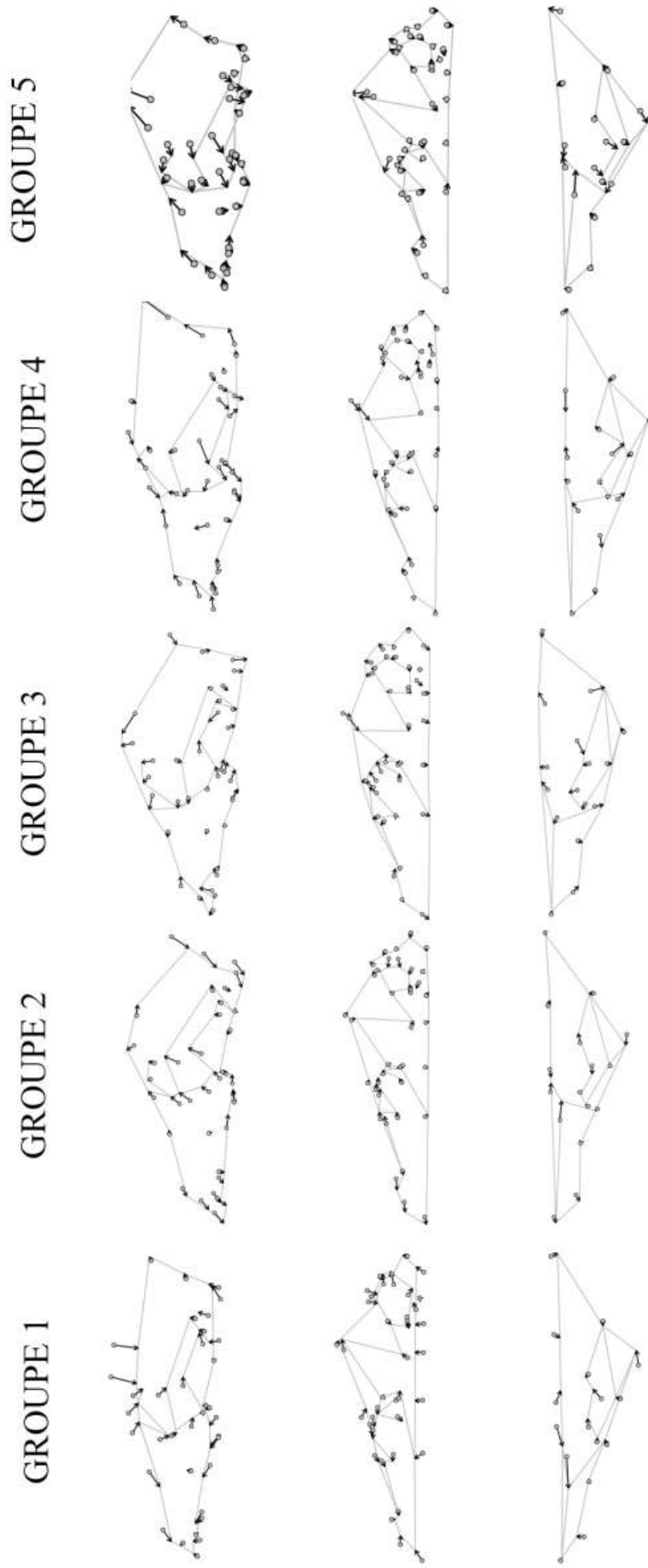


Figure 86 : Visualisation des morphotypes de la population d'El-Deir.

B. Configuration moyenne de chaque groupe selon la vue latérale (première ligne), la vue ventrale (deuxième ligne) et la vue dorsale (troisième ligne).
 Les déformations sont amplifiées cinq fois.

Nous considèrerons alors que la morphométrie géométrique décrit mieux la population d'El-Deir. Celle-ci serait constituée, toutes tombes confondues (tab XIX) :

- De chiens au crâne fin et allongé, de type lévrier égyptien (groupe 1 : 30 % du total).
- Dans les 70 autres pourcents, il y a :
 - des chiens au crâne massif de type mastiff (groupe 5 : 20% du total) ;
 - des chiens ressemblant au groupe 1 mais dont le museau est plus court et plus large (type berger allemand, danois), le crâne plus haut et plus large et les arcades zygomatiques plus épaisses comme des chiens de berger ou des chiens d'arrêt actuels (groupe 4 : 10 % du total) ;
 - des chiens intermédiaires, des parias égyptiens (groupes 2 et 3, 40% du total), qui ressemblent beaucoup aux chiens de Kerma sans leur être exactement semblable. En effet les chiens de Kerma ont une boîte crânienne proportionnellement moins large et des processus zygomatiques des os frontaux plus développés que les chiens d'El-Deir (fig 87). Le museau est aussi plus imposant.
 - quelques chiens ressemblant à des spitz sont peut-être présents (groupe B en morphométrie classique, éclaté entre les groupes 2,3 et 1 en morphométrie géométrique : tab XIX).

Tableau XIX : Effectifs des différents groupes trouvés lors du clusterings ($k=5$) en morphométrie géométrique

N=135	GROUPE 1 N= 42	GROUPE 2 N=33	GROUPE 3 N=24	GROUPE 4 N=13	GROUPE 5 N=27
TOMBE E9 N=68	21	11	10	9	17
TOMBE N22 N=28	11	3	9	3	2
TOMBE P5 N=43	10	19	5	1	8



Figure 87 : Vues dorsales et latérales d'un paria de Kerma (K233/1, à gauche) et d'un possible paria d'El-Deir (N22-c1,1 groupe3, à droite)

4.2.5. Etude du dimorphisme sexuel

4.2.5.1. MANOVA sur les conformations

Les MANOVA réalisées en morphométrie classique et géométrique sur l'ensemble des variables de conformation ne révèlent pas de différence significative de conformation entre mâles (mâles de Kerma inclus) et femelles (que des femelles actuelles puisqu'aucune femelle de Kerma n'est connue de façon certaine) (fig 88). Les analyses discriminantes ont été conduites sur ces conformations sans résultat probant. Toutefois, cela peut-être dû à un nombre de variable trop important par rapport à la taille de l'échantillon (en particulier en morphométrie classique) et au « bruit » occasionné par des variables qui n'apportent aucune information sur la distinction des sexes.

	Df	Hotelling-Lawley	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
SEXE [SEXE == "M" SEXE == "F"]	1	0.41288	1.2925	23	72	0.204
Residuals	94					

	Df	Hotelling-Lawley	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
SEXE [SEXE == "M" SEXE == "F"]	1	390.26	3.9822	98	1	0.3826
Residuals	98					

Figure 88 : Résultats de la MANCOVA sur les conformations en fonction du sexe :

- A. en morphométrie classique
- B. en morphométrie géométrique

4.2.5.2. Sélection des variables discriminantes

Certaines variables de conformation ont révélé une différence significative entre mâles et femelles, que ce soit en morphométrie classique ou en morphométrie géométrique.

➤ Morphométrie classique

Les résultats des ANOVA sur les variables transformées en log-shape ratios (tab XX) indiquent qu'il existe une différence significative entre les sexes pour les mesures 7 (longueur du neurocrâne) et 37 (hauteur de l'orbite) transformées (fig 89). L'homoscédasticité des résidus est vérifiée. La normalité n'est pas vérifiée pour la mesure 37 mais l'ANOVA est capable de supporter un écart important par rapport aux hypothèses et la taille de l'échantillon (individus de sexe connu) est de taille suffisamment importante pour pouvoir passer outre cet écart⁷².

⁷² <https://perso.ens-lyon.fr/lise.vaudor/non-respect-des-hypotheses-du-modele-lineaire-anova-regression-cest-grave-docteur/>

Tableau XX : Résultats des ANOVAs calculées sur les variables de conformations (mesures transformées selon la méthode des log-shape ratios) en morphométrie classique et vérification des conditions d'application de l'ANOVA. Les valeurs indiquées correspondent aux p-values.

Mesure	AOV	Shapiro	Bartlett
mes3	0.618301078	0.353885314	0.132273573
mes7	0.000794827	0.345678051	0.093498422
mes8	0.656364199	0.012752185	0.067182232
mes9	0.358789139	0.404701004	0.474975235
mes13	0.29652426	6.57E-13	3.52E-10
mes14	0.591953958	1.53E-08	0.533758946
mes15	0.881567098	0.000592099	0.010561798
mes16	0.875420464	0.000385441	0.013183942
mes17	0.541652781	0.008176491	0.064285513
mes23	0.496002826	0.193207842	0.711329643
mes24	0.603029154	0.004317799	0.287396007
mes25	0.65309062	0.574735096	0.248685232
mes26	0.369779601	0.760379327	0.292642853
mes29	0.072894718	0.788903312	0.078935361
mes31	0.545104671	0.006079248	0.041385145
mes32	0.113997664	0.170053785	0.170056312
mes33	0.094799408	0.011094121	0.101344819
mes35	0.440115187	0.001109057	0.452854114
mes36	0.094513645	0.001183997	0.164824589
mes37	0.03406451	0.003399471	0.237895298
mes38	0.575036606	1.49E-12	0.000453225
mes39	0.122042576	0.287974552	0.201140933
mes40	0.209754973	0.110256362	0.635624541

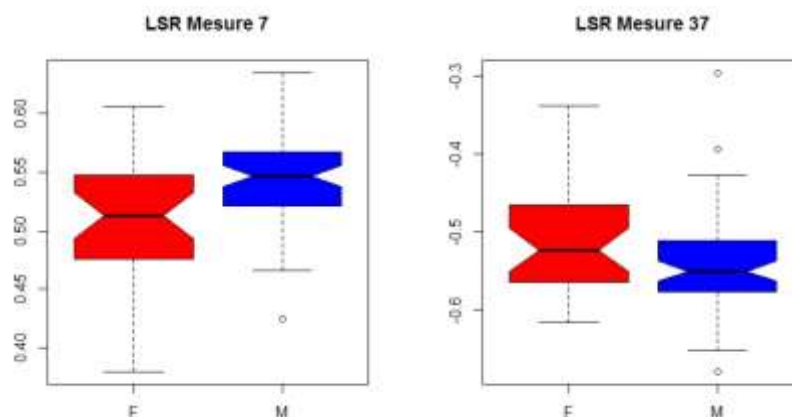


Figure 89 : Boxplots des variables discriminantes en morphométrie classique

Le nouveau dataframe constitué de ces deux variables discriminantes respecte les conditions nécessaires aux techniques utilisées à l'exception de la normalité (tab XXI). Cela n'est pas critique car les tests de significativité statistique demeurent fiables⁷³.

Tableau XXI : Résultat des tests préalables à l'utilisation des techniques statistiques supervisées en morphométrie classique.

Test de Mardia		Non normalité des données
- Test de Skewness	0.0003769791	
- Test de Kurtosis	0.008134826	
Test M de Box	0.1355	Homogénéité des matrices de covariance
Test de corrélation	Trop peu de variables	

➤ Morphométrie géométrique

Les résultats des ANOVAs sur les variables transformées en coordonnées procrustes indiquent qu'il existe une différence significative entre les sexes pour 12 variables (tab XXII, fig 90). Les régions impliquées (tab XXII, fig 91) concernent la largeur de l'orbite et de l'arcade zygomatique, la région du basioccipital et des bulles tympaniques.

Le nouveau dataframe constitué des variables discriminantes ne respecte pas les conditions nécessaires aux techniques utilisées (tab XXIII).

Tableau XXII : Résultats des ANOVAs calculées sur les variables de conformations (coordonnées procrustes des 90 landmarks) en morphométrie géométrique et vérification des conditions d'application de l'ANOVA. Les valeurs indiquées correspondent aux p-values. Seuls sont reportés les résultats significatifs.

Variable	AOV	Shapiro	Bartlett	LM	VUE
20	0.032648951	0.914431533	0.674753054	10	D
21	0.021354934	0.497861217	0.270687184	11	D
36	0.029988748	0.047459044	0.004496812	2	V
48	0.045240462	0.079080278	0.012297343	8	V
63	0.020161793	0.51787764	0.335643313	16	V
78	0.039055341	0.031487301	0.024009024	23	V
83	0.016456607	0.150406924	0.577016411	26	V
94	0.008649174	0.476406342	0.373783938	31	V
98	0.006674721	1.91E-11	0.004153136	33	V
100	0.017269926	1.75E-14	0.000140646	34	V
117	0.044985075	0.012692223	0.348174105	5	L
119	0.010792605	0.502067362	0.165323716	6	L

⁷³ http://www.statsoft.fr/concepts-statistiques/analyse-discriminante/analyse-discriminante.php#.WQ8_5iLSUk

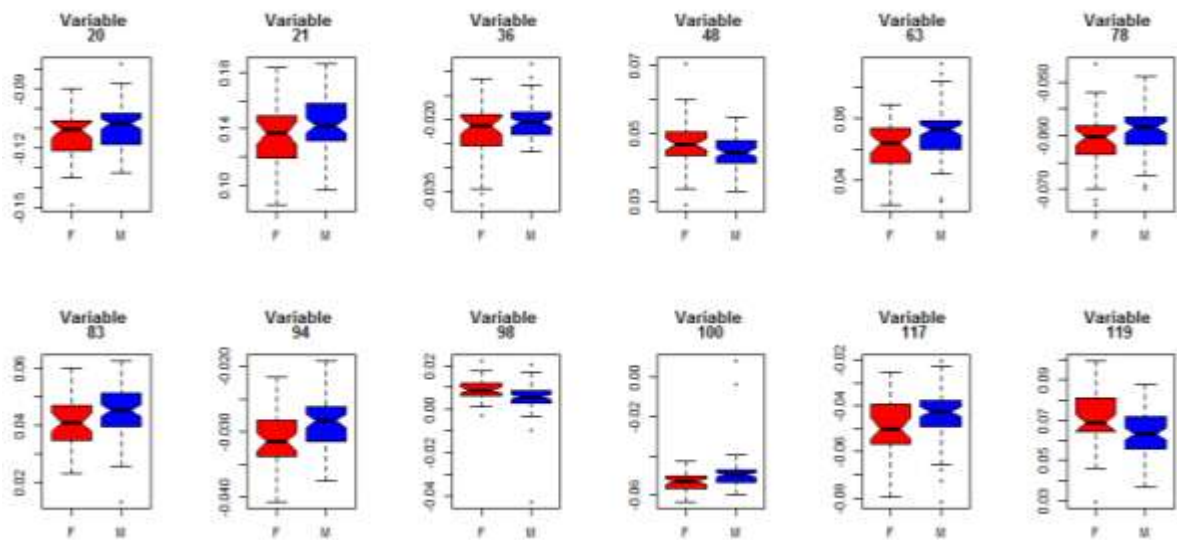


Figure 90 : Boxplots des variables discriminantes en morphométrie géométrique

Tableau XXIII : Résultats des tests préalables à l'utilisation des techniques statistiques supervisées en morphométrie classique.

Test de Mardia		Non normalité des données
- Test de Skewness	0	
- Test de Kurtosis	0	
Test M de Box	7.54e-06	Non homogénéité des matrices de covariance
Test de corrélation	Mâles : 0.1323 Femelles : 0.09876	Absence de corrélation



Figure 91 : Régions discriminantes d'après la morphométrie géométrique.

4.2.5.3. Résultats des analyses discriminantes

En morphométrie géométrique aucune méthode n'est franchement concluante ; aucune ne semble donner des résultats qui seraient très différents du simple hasard (tab XXV). En effet, les taux de bonne attribution lors des validations croisées sont faibles et l'index de Youden (donc l'efficacité des tests) est proche de 0, du fait de sensibilités et spécificités qui peinent à dépasser 0.5.

En morphométrie classique, les résultats sont meilleurs (tab XXIV), si l'on se fie au pourcentage de bonnes identifications sur l'échantillon test de la collection de Petters, de la sensibilité et surtout⁷⁴ de la spécificité et des résultats obtenus sur les chiens de Kerma.

La méthode des proches voisins donne les meilleurs résultats. Le pourcentage de bonnes attributions atteint alors 75.6% sur les chiens actuel du MNHN qui ont été testés (et n'ont pas participé à la construction du modèle), 74.1% en ajoutant les mâles de Kerma (tous bien classés) et les chiens du Soudan actuel. L'index de Youden est de 0.4, l'efficacité du test reste donc assez faible. Il faudrait pouvoir tester la méthode sur un plus grand échantillon, avec plus de femelles. La sensibilité est de 0.64, c'est-à-dire que si une femelle est présente dans la population d'El-Deir, elle a 64% de chances d'être identifiée comme une femelle. Un mâle, lui, aura 77% de chances d'être identifié comme un mâle. Quand la méthode des proches voisins est appliquée sur les chiens d'El-Deir (fig 92), 45 chiens sont identifiés comme étant des femelles et 90 comme étant des mâles. Les femelles représenteraient donc 33.3% de la population étudiée des chiens d'El-Deir. Toutefois, étant donné l'efficacité du test, ce pourcentage est à considérer avec prudence.

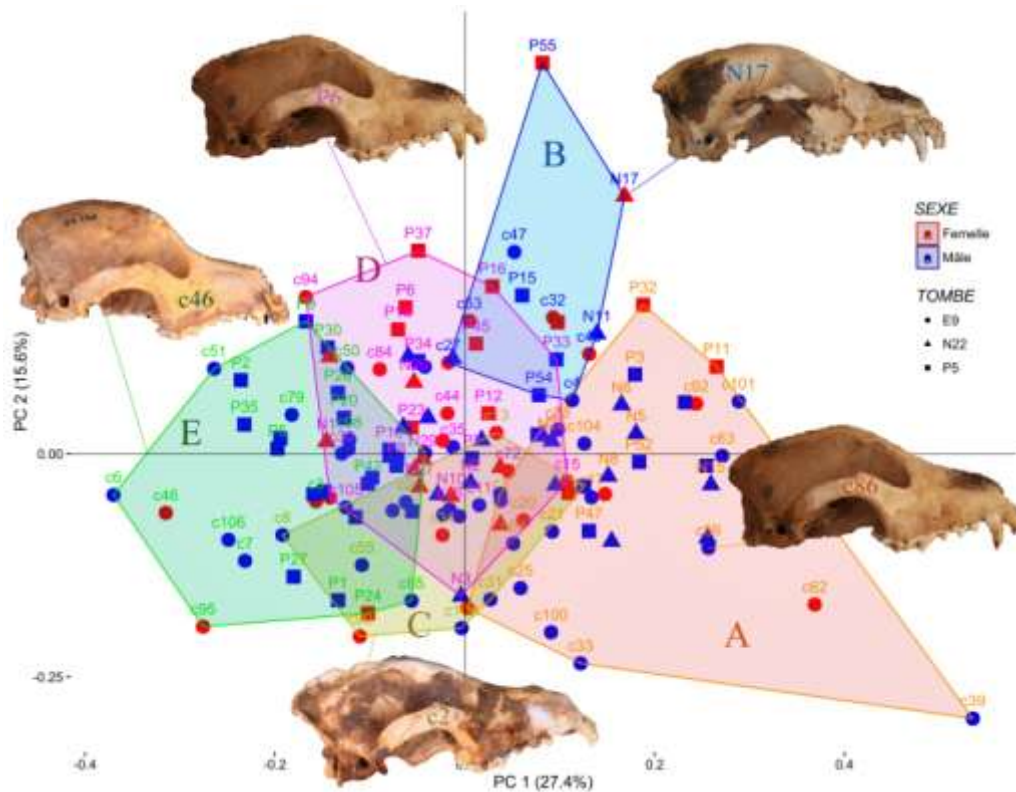


Figure 92 : Visualisation sur les deux premières composantes de l'ACP de la diagnose du sexe grâce à la méthode des proches voisins.

⁷⁴ Nous donnons la priorité à une spécificité élevée car le nombre de femelles dans l'échantillon test est très faible contrairement aux mâles ; une spécificité élevée est donc plus susceptible d'être fiable qu'une sensibilité élevée.

Avec cette méthode, les mâles de Kerma sont parfaitement identifiés. Pour les possibles femelles, l'une des deux est identifiée comme étant un mâle, mais comme le sexe n'est pas certain, il n'est pas possible de savoir si cela est une erreur de détermination ou non. Pour les individus du Soudan actuel, 3 femelles sont identifiées alors qu'il s'agit en réalité de mâles.

En faisant l'hypothèse que les chiens d'El-Deir répondent de la même façon au test des proches voisins que les chiens actuels de la collection de Petters⁷⁵, et donc que le test a une sensibilité de 0.64 et une spécificité de 0.79, la prévalence réelle des femelles serait de 28.7% : le nombre de femelles serait donc sur-estimé par le test. Si nous considérons que les chiens du MNHN et du Soudan actuel participent au calcul de la sensibilité (0.67) et de la spécificité (0.74), la prévalence réelle des femelles serait de 18.7%. Si nous considérons que les chiens du MNHN, de Kerma et du Soudan actuel participent au calcul de la sensibilité et de la spécificité, la prévalence réelle passe à 25%. En faisant donc l'hypothèse que les sensibilités et spécificités obtenues à partir de la méthode des KNN sur des chiens de la collection du MNHN soient extrapolables à ceux d'El-Deir, les femelles représenteraient de 20 à 30% de la population étudiée. Cependant, il n'est pas possible de vérifier, avec l'échantillon disponible, de la reproductibilité de ce test à des chiens d'une population différente. Il est possible que le test soit plus performant, ou moins, qu'il ne l'est sur les chiens de sexe connu dont nous disposons.

⁷⁵ Les chiens de Kerma et du Soudan actuel ne sont pas ajoutés, pour ne pas amplifier le déséquilibre entre les sexes

Tableau XXIV : Résultats des tests supervisés en Morphométrie classique.

En ligne : sexe prédit En colonne : sexe réel	Validation croisée échantillon test (chiens Petters) 11 Femelles 34 Mâles	Validation croisée sur les chiens de Kerma	Validation croisée sur les chiens du Soudan actuel	Validation croisée échantillon test (Petters hors entraînement + Kerma + Soudan) 11 Femelles 43 Mâles	Prédiction El-Deir N=135
Mélanges Gaussiens MG-DA	68.9% test_sexe pred.mgda F M F 8 11 M 3 23 Se=0.727 Sp=0.68 Y=0.41	? F? M M? F 1 1 2 0 M 2 1 2 1	F? M F 1 4 M 0 1	63.0% F M F 8 17 M 3 26 Se=0.727 Sp=0.605 Y=0.33	F M 67 68
LDA	71.1% test_sexe pred.llda F M F 8 10 M 3 24 Se=0.727 Sp=0.71 Y=0.43	? F? M M? F 1 1 2 0 M 2 1 2 1	F? M F 1 4 M 0 1	64.8% F M F 8 16 M 3 27 Se=0.727 Sp=0.628 Y=0.35	F M 77 58
QDA	71.1% test_sexe pred.qda F M F 7 9 M 4 25 Se=0.64 Sp=0.74 Y=0.38	? F? M M? F 1 1 2 0 M 2 1 2 1	F? M F 1 4 M 0 1	64.8% F M F 7 15 M 4 28 Se=0.636 Sp=0.651 Y=0.29	F M 65 70
PLS-DA	75.6% test_sexe pred.plsda F M F 6 10 M 5 33 Se=0.55 Sp=0.83 Y=0.38	? F? M M? F 0 1 1 0 M 3 1 3 1	F? M F 0 3 M 1 2	72.2% F M F 6 10 M 5 33 Se=0.545 Sp=0.767 Y=0.31	F M 45 90
KNN-DA (k=19)	75.6% test_sexe pred.knn F M F 7 7 M 4 27 Se=0.64 Sp=0.79 Y=0.43	? F? M M? F 1 1 0 0 M 2 1 4 1	F? M F 1 3 M 0 2	74.1% F M F 7 10 M 4 33 Se=0.636 Sp=0.767 Y=0.40	F M 45 90
Réseaux de Neurones	68.9% test_sexe pred.nn F M F 7 10 M 4 24 Se=0.64 Sp=0.71 Y=0.35	? F? M M? F 1 1 2 0 M 2 1 2 1	F? M F 1 4 M 0 1	63% F M F 7 16 M 4 27 Se=0.636 Sp=0.628 Y=0.26	F M 77 58

Tableau XXV : Résultats des tests supervisés en Morphométrie géométrique.

En ligne : sexe prédit En colonne : sexe réel	Validation croisée sur l'échantillon test (chiens Petters) 12 Femelles 32 Mâles	Validation croisée Kerma	Validation croisée Soudan actuel	Validation croisée échantillon test (Petters hors entraînement + Kerma + Soudan) 12 Femelles 40 Mâles	Prédiction El-Deir N=139
Mélanges Gaussiens MG-DA	test_sexe pred.mgda F M F 0 0 M 12 32 Se=0 Sp=1 Y=0	? F F? M M? F 0 0 0 0 0 M 0 2 0 2 4 1	? F F? M M? F 0 0 0 0 0 M 0 0 0 1 4 0	F M M 12 40 Se=0 Sp=1 Y=0	E9 N22 P5 M 68 28 43
LDA	54.5% test_sexe pred.llda F M F 8 16 M 4 16 Se=0.67 Sp=0.5 Y=0.17	? F F? M M? F 0 0 0 1 0 0 M 0 2 0 1 4 1	? F F? M M? F 0 0 0 1 1 0 M 0 0 0 0 1 0	59.6% F M F 8 17 M 4 23 Se=0.67 Sp=0.58 Y=0.25	F M 76 63 E9 N22 P5 F 33 17 26 M 35 11 17
QDA	47.7% test_sexe pred.qda F M F 7 18 M 5 14 Se=0.58 Sp=0.44 Y=0	? F F? M M? F 0 0 0 0 0 0 M 0 2 0 2 4 1	? F F? M M? F 0 0 0 1 1 0 M 0 0 0 0 1 0	50% F M F 7 21 M 5 19 Se=0.58 Sp=0.48 Y=0	F M 117 22 E9 N22 P5 F 55 23 39 M 13 5 4
PLS-DA	52.3% test_sexe prediction.plsda F M F 6 15 M 6 17 Se=0.5 Sp=0.53 Y=0	? F F? M M? F 0 0 0 0 0 0 M 0 2 0 2 4 1	? F F? M M? F 0 0 0 1 0 0 M 0 0 0 0 4 0	59.6% F M F 6 15 M 6 25 Se=0.5 Sp=0.63 Y=0.1	139/2.08 F M 65 74 E9 N22 P5 F 30 16 19 M 38 12 24
KNN-DA (k=2)	56.8% test_sexe pred.knn F M F 8 15 M 4 17 Se=0.67 Sp=0.53 Y=0.2	? F F? M M? F 0 0 0 0 1 0 M 0 2 0 2 3 1	? F F? M M? F 0 0 0 1 2 0 M 0 0 0 0 2 0	57.7% F M F 8 18 M 4 22 Femelles : Se=0.67 Sp=0.55 Y=0.22	F M 52 87 E9 N22 P5 F 27 9 16 M 41 19 27
Réseaux de Neurones	50% test_sexe pred.nn F M F 7 17 M 5 15 Se=0.58 Sp=0.47 Y=0.05	? F F? M M? M 0 2 0 2 4 1	? F F? M M? F 0 0 0 1 1 0 M 0 0 0 0 3 0	57.7% F M F 7 17 M 5 23 Se=0.58 Sp=0.58 Y=0.16	F M 86 53 E9 N22 P5 F 38 21 27 M 30 7 16

4.2.5.4. Méthode des proches voisins vs aspect de la crête sagittale

Le pourcentage de femelles résultant de la KNN rejoint celui obtenu grâce au critère sur la crête sagittale (24.4%). Si maintenant les deux critères sont cumulés, la validation donne le tableau XXVI. Si pour les mâles les deux critères vont globalement bien de paire, c'est moins le cas pour les femelles. En notant chez les chiens d'El-Deir les nouvelles attributions données en considérant les deux critères conjointement (tab XXVII), et en considérant la susceptibilité de chaque nouveau critère à identifier le bon sexe, nous pouvons imaginer la répartition des mal-classés (tab XXVII) et supposer la prévalence réelle, si les individus d'El-Deir réagissaient de la même façon que les individus du Test. La prévalence réelle approcherait alors celle donnée par la KNN : 41 femelles sur 127 chiens soit 32.3%.

Tableau XXVI : Validation croisée sur l'ensemble des chiens de sexe connu en prenant en compte les résultats de la méthode des proches voisins en morphométrie classique et l'aspect de la crête sagittale.

N=89	Vraies femelles 29	Vrais mâles 60	Totaux
KNN type Femelle et Crête sagittale type Femelle Se=10/16	10	6	16
KNN type Mâle et Crête sagittale type Mâle Sp=40/50	10	40	50
KNN type Femelle et Crête sagittale type Mâle Se'=5/11	5	6	11
KNN type Mâle et Crête sagittale type Femelle Sp'=8/12	4	8	12

Tableau XXVII : Confrontation des méthodes individuellement les plus performantes pour la diagnose du sexe : -en haut : comptage sur les chiens d'El-Deir
- en bas : estimation des mal-classés

N=127	KNN type Femelle 42	KNN type Mâle 85
Crête sagittale type Femelle 31	16	15
Crête sagittale type Mâle 96	26	70

N=127	Vraies femelles 41	Vrais mâles 86	Totaux
KNN type Femelle et Crête sagittale type Femelle	10	6	16
KNN type Mâle et Crête sagittale type Mâle	14	56	70
KNN type Femelle et Crête sagittale type Mâle	12	14	26
KNN type Mâle et Crête sagittale type Femelle	5	10	15

4.2.5.5. Influence des sexes dans la constitution des groupes à la CAH

L'objectif de ce paragraphe est de voir si l'on peut expliquer les groupes trouvés à la CAH (en morphométrie classique et en morphométrie géométrique) par un effet le dimorphisme sexuel au sein de la population d'El-Deir.

Si nous nous fions à l'aspect de la crête sagittale ou aux attributions par la méthode des KNN (fig 93), chaque groupe obtenu lors de la CAH en morphométrie classique ou en morphométrie géométrique contiendrait les deux sexes, les mâles étant toujours plus nombreux que les femelles : il ne semble pas y avoir d'effet de sexe dans la constitution des groupes. Si nous nous fions à la méthode des KNN, nous constatons tout de même que les femelles sont majoritaires dans le groupe 3.

		F	M			F	M
A	A	7	27	1	11	31	
	B	5	7	2	3	29	
	C	1	9	3	7	17	
	D	7	33	4	3	10	
	E	11	20	5	9	18	

		F	M			F	M
B	A	9	27	1	10	28	
	B	7	5	2	7	25	
	C	3	9	3	15	7	
	D	21	21	4	6	5	
	E	5	28	5	5	19	

Figure 93 : Sexes et groupes issus de la CAH en morphométrie classique (à gauche) et en morphométrie géométrique (à droite) à partir :

- A : du critère sur la crête sagittale ;
- B : de la méthode des KNN

5. DISCUSSION

Le travail réalisé dans le cadre de ce mémoire consistait à étudier un assemblage d'environ 140 crânes de chiens momifiés issus de 3 tombes (E9, N22 et P5) des nécropoles d'El-Deir, site égyptien datant de l'époque romaine et situé dans l'oasis de Kharga. Pour cela, une étude morphologique qualitative et quantitative a été menée afin de mieux comprendre les pratiques entourant la transformation de ces animaux en *ex-voto*, en cherchant à déterminer la nature des chiens momifiés (âges, sexes, morphotypes) en vue de mettre en évidence d'éventuelles sélections, et en tentant de reconstituer les conditions de vie de ces chiens. D'abord, grâce aux caractères qualitatifs étudiés, nous avons pu apprécier l'âge des individus (état de soudure des os du crâne), et observer quelques pathologies ainsi que des particularités dentaires remarquables, riches d'informations pour comprendre les conditions de vie de ces animaux. L'analyse métrique des crânes a aussi permis d'identifier les morphotypes présents sur le site, grâce à la morphométrie classique et à la morphométrie géométrique. Ces deux techniques ont été utilisées conjointement et ont apporté des résultats compatibles et complémentaires. De plus, pour tenter de déterminer le sexe des individus, diverses méthodes de détermination du sexe ont été testées sur des chiens actuels et anciens (Kerma) de sexe connu, avant d'être appliquées sur les chiens momifiés. Parmi ces méthodes, les critères classiquement utilisés dans la littérature ont été testés, ainsi que six méthodes d'analyses discriminantes à partir des conformations obtenues en morphométrie. Du fait de la taille de l'échantillon ayant servi aux tests, les résultats obtenus dans ce travail peuvent être considérés pour une application dans d'autres contextes archéologiques où l'on souhaiterait connaître le sexe des individus. Ce travail a ainsi ouvert trois pistes de réflexion : l'intérêt relatif des deux approches de morphométrie (classique ou géométrique) pour ce travail, l'efficacité de l'évaluation du sexe des chiens en archéozoologie à partir de critères qualitatifs et quantitatifs tirés du crâne, et les informations obtenues sur la population des chiens d'El-Deir, en les replaçant dans leur contexte chrono-culturel. Nous détaillerons ci-après chacune de ces trois questions.

➤ **Morphométrie classique ou morphométrie géométrique ?**

Dans ce mémoire, deux méthodes d'analyse morphologique ont été utilisées dont l'une (la morphométrie géométrique) n'avait encore jamais, à notre connaissance, été utilisée sur du matériel égyptozoologique. En effet, l'étude du matériel faunique égyptien des périodes historique fait exclusivement appel à la morphométrie traditionnelle, plus accessible : sur le terrain, seul un pied à coulisse est nécessaire et l'interprétation des mesures ne nécessite pas forcément des techniques mathématiques très poussées. Mais la morphométrie géométrique nous a permis, ici, de pouvoir mélanger plus sereinement les jeux de données, le seul facteur de risque étant la prise de photo, puisque tous les landmarks ont été posés par la même personne, alors que les mesures linéaires ont été prises par deux opérateurs différents. Or, le mélange des données entre opérateurs est vivement déconseillé, d'une part car la compréhension des mesures n'est pas précisément la même d'une personne à l'autre, et d'autre part revenir sur des mesures qui pourraient paraître douteuse n'était pas possible. De plus, l'interprétation des mesures linéaires reste plus abstraite et n'est pas toujours évidente quand une approche multivariée avec un grand nombre de mesures est privilégiée. La morphométrie géométrique a non seulement permis de revenir sur les landmarks autant de fois que nécessaire jusqu'à avoir bien « appris » leur placement, mais elle a surtout permis de visualiser concrètement les crânes, en proposant une reconstitution sur trois faces. C'est le vrai atout de cette technique dans ce travail. Les résultats n'ont toutefois pas été aussi probants qu'espéré, ce qui est

sans doute dû à la méthode d'acquisition des photos. D'abord, celles-ci n'étaient pas toujours parfaitement orientées ni d'excellente qualité, en particulier pour les chiens du MNHN, qui ont été les premiers à être soumis au protocole. Mais surtout, l'appareil photo qui a été utilisé n'était pas le même en fonction des provenances. Ainsi, les caractéristiques de la lentille ont varié et une distorsion plus ou moins importante a pu se faire en fonction des provenances. De plus, le crâne étant un objet avec un relief important, les effets de profondeur sont importants, ce qui peut fausser les interprétations suite à la projection. Le protocole était un moyen simple de simuler une approche 3D, mais celle-ci a de nombreux biais. Une véritable approche 3D par photogrammétrie ou scanner pourrait certainement apporter de meilleurs résultats.

➤ **La question du sexe**

Un des enjeux de ce travail était de parvenir à identifier le sexe d'un chien, à partir de son seul crâne, en testant au passage certains caractères morphologiques qualitatifs cités dans la littérature.

L'observation du basioccipital suivant la description faite par THE et TRUTH (1976) n'a pas été concluante ni sur les chiens actuels, ni sur les chiens de Kerma (même si dans ce cas l'effectif était trop faible pour parler en termes de statistiques). Cela tient à plusieurs raisons. D'abord, la description faite par les auteurs est difficile à intégrer du fait de l'absence de schéma précis dans l'article et est par la même très subjective. L'« apprentissage » de ce critère avait déjà été commencé dans le cadre du travail de Master 1 (BRASSARD, 2016) et a été particulièrement long. Nous y sommes en effet revenus de nombreuses fois avant d'arriver à être suffisamment systématiques. Il est aussi possible que ce critère ne fonctionne que sur certains types de chiens. L'effectif était trop faible pour permettre de se rendre compte de cet effet, et ce n'était pas non plus l'intérêt du travail puisque les chiens d'El-Deir sont de morphotypes assez variés. L'aspect du processus orbitaire n'est pas non plus apparu comme un critère fiable. Seul l'aspect de la crête sagittale s'est révélé probant, considérant la diversité des races étudiées.

Souvent, en morphométrie, le dimorphisme sexuel est restreint à une différence dans la taille des individus : les mâles sont plus grands que les femelles. Toutefois, la variabilité intraspécifique est responsable d'un fort recouplement et des grandes femelles peuvent facilement être confondues avec des petits mâles, en particulier quand des animaux de morphotypes différents sont considérés. Or, dans le cas des chiens d'El-Deir, des différences de tailles sont apparues clairement entre les individus, mais l'étude des conformations en morphométrie classique comme en morphométrie géométrique a montré que ces différences de taille sont le plus probablement imputables à l'existence de morphotypes différents plutôt qu'à l'expression d'un dimorphisme sexuel. Les conformations n'ont d'ailleurs pas montré de dimorphisme significatif.

Les analyses discriminantes sur les variables les plus différentes entre mâles et femelles en morphométrie géométrique ont donné des résultats très décevants. A cause des biais possibles évoqués plus haut, cette absence de résultat ne signifie pas pour autant qu'il soit impossible de distinguer mâles et femelles. Une approche 3D apporterait peut-être de meilleurs résultats. La méthode des proches voisins appliquée à la longueur du neurocrâne et à la hauteur de l'orbite, mises à l'échelle par la technique des log-shape ratios, est une ouverture intéressante. Elle a en effet donné de bons résultats sur les chiens actuels et sur les chiens de Kerma et grâce à la technique du double centrage, la séparation ne se fait pas sur un critère directement lié à la taille des individus. Toutefois,

elle mériterait d'être testée sur un échantillon plus important, contenant plus de femelles, et dans l'idéal constitué de chiens proches morphologiquement de ceux d'El-Deir.

De manière plus générale, ce travail a surtout montré la nécessité d'être critique vis-à-vis des caractères qualitatifs souvent utilisés en archéozoologie. La séparation des sexes entre mâles et femelles est loin d'être évidente, et moins facile à établir que ce que la littérature serait tentée de nous dire. La plupart des travaux qui appliquent ces critères ne les ont pas testés auparavant sur un référentiel et encore moins sur un référentiel adapté par rapport à la population ancienne à étudier. Les résultats sont souvent considérés comme absolus, ou du moins « fiables ». Mais comme tout test diagnostic, les erreurs de classification sont possibles et leur fréquence dépend non seulement du test mais aussi de son efficacité sur la population sur laquelle il est appliqué. Un test efficace sur une population peut très bien ne pas l'être du tout sur une autre population. Dans le cas ici présent, étant donné les individus dont nous disposons, nous n'avons pas pu déterminer si les chiens actuels qui ont servi à construire ou à tester le modèle des proches-voisins sont représentatifs de la population d'El-Deir ou même de celle de Kerma. En effet, le nombre de chiens anciens voisins de ceux d'El-Deir et de sexe connu (Kerma) était vraiment trop faible. Les extrapolations réalisées ont surtout été évoquées pour montrer l'influence que pouvait avoir l'efficacité d'un test sur le diagnostic.

➤ **Bilan sur la population d'El-Deir et mise en parallèle avec d'autres nécropoles de chiens**

La taille du corpus a permis de proposer une approche statistique de la population d'El-Deir.

Les observations faites sur les chiens du site sont très similaires à celles faites par Mary Hartley à Saqqara. Nous nous trouvons ici aussi confrontés à un cimetière de chiens momifiés.

Les morphotypes n'ont pas été étudiés à Saqqara. Dans le cas d'El-Deir, les 140 chiens étudiés appartiennent à des morphotypes variés. Il s'agit surtout de chiens errants, des parias, de forme moyenne, semblables aux chiens plus anciens de Kerma et aux chiens du Soudan actuel. Mais il y a aussi des lévriers (30%) et des mastiffs (20%), des types largement évoqués dans les textes anciens. Certains crânes ont des conformations proches des spitz (loulous actuels), mais les dimensions des os longs n'ont pas permis d'identifier la présence de petits chiens sur le site ; tous seraient de taille moyenne. Cette piste reste à explorer.

Plusieurs éléments conduisent à penser qu'au moins une partie de ces chiens est issue d'un élevage confiné. Cependant, la présence d'animaux sauvages n'est pas exclue, puisqu'au moins un renard a été identifié sur le site. De plus, il est possible que des animaux errant à proximité (retrouvés morts et ramassés, ou bien tués) aient aussi été transformés en offrande. La présence de chiens plus typés, des lévriers, pourrait témoigner d'un approvisionnement par des particuliers. D'abord, les cas de maladie parodontale sont nombreux. Cela témoigne d'une alimentation riche en sucres⁷⁶ mais aussi certainement de mauvaise qualité et engendrant des carences, expliquant l'aspect de l'émail dentaire, fragile et sujet à l'hypoplasie déjà chez les individus les plus jeunes, d'où des dents « rugueuses », davantage susceptibles d'accrocher la plaque dentaire se formant au contact du sucre, augmentant ainsi le risque de développer une maladie parodontale. De plus, la présence de lésions évoquant des morsures entre chiens et les quelques dépressions du frontal sont aussi en faveur du maintien en captivité de ces chiens dans un élevage confiné. Un autre argument en faveur de

⁷⁶ La consommation de dates et de figues par les chiens égyptiens actuels a été constatée sur le terrain (C. CALLOU, comm. pers.).

l'élevage est l'âge des animaux. La plupart des chiens sont morts à moins de 2 ans et seuls deux dépassent les 3-4ans. Les valeurs obtenues dans ce travail pour le nombre de jeunes adultes et d'individus âgés sont similaires à celles obtenues à Saqqara (45% d'individus (54/119) de 1-2ans et 1% d'adultes de plus de 6 ans d'après HARTLEY, 2017). Cependant nous savons qu'il y avait à El-Deir aussi beaucoup de très jeunes chiots qui n'ont pas été étudiés dans ce mémoire (25% de 1-2 mois d'après C. Callou dans DUNAND *et al.*, 2015b). A Saqqara, aucun spécimen de moins de moins de 6 mois n'a été identifié, ce qui est peut-être dû d'après l'auteur, à un biais lié à la plus grande fragilité des crânes de très jeunes chiens. La prédominance des jeunes voire très jeunes animaux à El-Deir suggère qu'une reproduction avait lieu sur le site. Cette hypothèse est renforcée par la présence fréquente de canines s'orientant mésialement (9 chiens sur 134). Ces chiens appartiennent majoritairement au groupe D et E (morphométrie classique) ou 2 et 3 (morphométrie géométrique), donc concerne les parias et chiens au crane plus large et court. Cette malposition, habituellement rare, est fréquente dans cet échantillon. Elle témoigne peut-être d'un effet de population locale : une partie des chiens serait issue d'un même site de reproduction, où les croisements abusifs ont pu entraîner au fil des générations une malposition des canines définitives supérieures. Ce caractère pourrait donc être vu comme une sélection involontaire résultant d'une forte consanguinité au sein de l'élevage. Ce confinement a très bien pu favoriser le développement de maladies parasitaires, bactériennes ou virales contagieuses. Un chiot du site a d'ailleurs été trouvé très parasité, ce qui est en faveur de cette hypothèse. L'état de l'émail chez les jeunes et la forte prévalence de l'atteinte parodontale pourrait être l'expression de problèmes sanitaires, en plus de problèmes alimentaires. Peu de soin aurait ainsi été accordé à l'élevage de ces chiens.

Aucun crâne ne laisse entrevoir clairement les causes de la mort, mais une chose est sûre, les animaux utilisés pour la confection d'*ex-voto* étaient morts ou tués avant d'atteindre un âge avancé. Cela pourrait s'expliquer par des choix économiques : plus les individus sont maintenus longtemps, plus ils coûtent cher en soins et sont susceptibles de devenir des pertes économiques. Si tous les chiens ont la même valeur symbolique, il était alors plus rentables de n'en conserver que quelques uns pour la reproduction et d'abattre les autres. Il est aussi possible que cela tienne à des raisons sanitaires. La présence de maladies contagieuses (bactériennes, virales, parasitaires) n'est pas démontrable mais est tout à fait compatible avec le confinement des animaux et des soins rudimentaires. Elle a pu contribuer à l'état de la denture des chiens d'El-Deir. Un jeune chien a d'ailleurs été retrouvé fortement parasité par des tiques, vecteurs de potentielles maladies (piroplasmose, ehrlichiose, maladie de Lyme) (HUCHET *et al.*, 2013). Une autre explication, souvent évoquée, et que des périodes de forte demande auraient pu conduire à l'abattage des individus les plus jeunes.

20 à 30% des chiens seraient des femelles, avec toute la réserve que l'on peut avoir vis à vis de ces résultats étant donné l'efficacité moyenne des méthodes utilisées (crête sagittale et proches voisins à partir des mesures 7 et 37 de von den Driesch transformées par la méthode des log-shape ratios). Dans d'autres sites les femelles sont annoncées comme étant minoritaires : 20% à Saqqara (HARTLEY, 2017) et 10% dans les catacombes (IKRAM *et al.*, 2013). Etant donnée la difficulté à identifier le sexe, nous concluons seulement dans le cas d'El-Deir que des mâles et des femelles ont été momifiés et qu'il est possible qu'il n'y ait pas véritablement eu de sélection franche dans ce sens. Exclure totalement les femelles de la production d'*ex-voto* serait d'ailleurs surprenant si l'on constitué les pratiques parfois « frauduleuses » autour de la momification et le fait que cela constituerait une perte économique pour le clergé.

CONCLUSION

La partie bibliographique de ce travail a permis de proposer une méthode d'étude du crâne de chiens trouvés dans un contexte archéologique rattaché à l'Égypte ancienne. Cette méthode est foncièrement pluridisciplinaire, puisqu'elle repose sur des connaissances en anatomie normale, pathologique et comparée, en zoologie, en archéologie et égyptologie, et enfin en mathématiques. C'est la conjonction de ces différentes disciplines qui rend possible l'étude archéozoologique du chien, et donc nous permet de connaître le statut qu'avaient ces animaux pour les égyptiens en retraçant les pratiques funéraires anciennes.

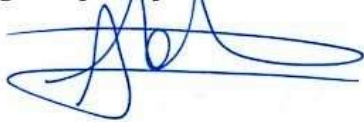
La partie expérimentale reposait sur l'étude d'une centaine de crânes de momies de chiens de l'époque gréco-romaine, retrouvés dans trois nécropoles du site d'El-Deir dans l'oasis de Kharga. L'étude morphologique et morphométrique a permis d'en savoir plus sur la nature de ces chiens momifiés, et sur leurs conditions de vie. Cette population semble être, au moins en partie, issue d'un élevage local dont l'objectif est de fournir un approvisionnement régulier et important en chiens pour les transformer en offrandes dédiées à Anubis ou Oupouaout, l'« ouvreur des chemins », en vue de les vendre aux pèlerins pour leur offrir une protection lors de leur voyage dans le désert occidental. Situé sur une route majeure liant Abydos à Assiout (Lycopolis), deux villes majeures connues pour avoir délivré une grande quantité de momies de chiens, la localisation d'El-Deir interroge sur les liens existants à l'époque entre ces sites. Il pourrait de plus être très intéressant de comparer les vestiges d'El-Deir à ceux d'autres cimetières à chiens de l'oasis de Kargha, notamment ceux de Dabashiya : trouve-t-on des indices en faveur d'échanges ou au contraire d'une reproduction très localisée ? En effet, les études entourant les animaux en Égypte ancienne sont encore très souvent descriptives. Peu s'attachent aux populations et à comparer les sites entre eux. Pourtant, la découverte de grands amoncellements d'animaux s'y prêterait. Une confrontation du matériel des différents sites serait probablement riche d'informations pour comparer les pratiques au cours du temps, ou en fonction de la localisation géographique. Une autre piste de réflexion toucherait au caractère sauvage ou domestique des animaux : quelle était l'importance accordée par les égyptiens au statut domestique de l'animal ? Trois renards de *Vulpes rueppelli* ont été identifiés sur le site d'El-Deir, l'un portant des résidus de résine témoignant d'une momification volontaire et non d'une intrusion : au moins un animal sauvage a donc été consciemment momifié. De plus, la présence du chacal pourrait être sous-estimée (BONNET, 1980) car la distinction avec le chien est parfois difficile. Les croisements entre espèces du genre *Canis* peuvent aussi contribuer à brouiller les pistes. Ces hybridations sont rares, du fait de niches écologiques assez différentes, mais elles peuvent s'observer en captivité, puisque les espèces du genre *Canis* sont toutes interfécondes et leurs produits sont fertiles (BOUVIER-CLOSSE, 2002).

Enfin, un point important de ce travail portait sur la diagnose du sexe à partir de critères morphologiques qualitatifs ou quantitatifs. L'étude de spécimens actuels et anciens de sexes connus et de morphotypes variés prouve clairement que ces critères devraient être utilisés avec beaucoup de vigilance, puisque ceux-ci se sont révélés peu fiables. Il semble que la grande variabilité de l'espèce canine soit un frein à la détermination du sexe et qu'elle rende l'expression du dimorphisme sexuel moins nette que la littérature ne le suggère, en particulier quand plusieurs morphotypes sont présents, ce qui est le cas avec la population d'El-Deir. Il est possible que le dimorphisme sexuel ait été plus prononcé dans les populations passées, la sélection par l'Homme étant alors moins prononcée. Cependant, très peu de restes archéologiques livrent le seul critère fiable pour l'identification du

sexe : la présence ou l'absence indiscutable du baculum. Une solution envisageable pour établir de manière certaine le sexe serait de s'appuyer sur le déterminisme génétique du sexe en analysant l'ADN ancien, extractible à partir de n'importe quel os. Chez les Mammifères, le gène SRY porté par le chromosome Y (donc chez les mâles) permet la production de la protéine TDF, qui entraîne la régression des canaux de Müller (par la production d'hormone anti-müllérienne par les cellules de Sertoli) et le développement des canaux de Wolff, donc une orientation du développement des organes sexuels vers le sexe mâle. Il est possible, en détectant ce gène SRY, d'identifier le sexe (NATANAELSSON *et al.* 2006 ; MEYERS-WALLEN, 2007). Cette méthode, bien que coûteuse, permettrait peut-être de disposer de critères plus robustes que ceux publiés dans la littérature pour l'identification du sexe chez le chien.

Thèse de M/Mme Colline BRASSARD

Le Professeur responsable : Antonin TORTEREAU
VetAgro Sup campus vétérinaire



Le Directeur général
de VetAgro Sup
Pour le Directeur Général et par délégation

La Directrice Générale Adjointe
Pr. Jeanne-Marie BONNET-GARIN

Le Président de la thèse : Patrick MERTENS



Vu et permis d'imprimer

Lyon, le **28 NOV. 2017**

Pour Le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales
Professeur Pierre COCHAT



BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, J.** (1902). *Zoology of Egypt: Mammalia*. London: Hugh. Rees. 374 p.
- ARNALL, L.** (1961). "Some aspects of dental development in the dog". *Journal of Small Animal Practice*, 1, pp. 259-267.
- BAKER, JR., BROTHWELL, D.** (1980). *Animal diseases in archaeology*. Academic Press, 235 p.
- BARONE, R.** (2006). *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 3, Splanchnologie 1 : appareil digestif et appareil respiratoire*. Paris : Vigot, pp.138-142 et 150.
- BARONE, R.** (2010). *Anatomie comparée des mammifères domestiques - Tome 1, Ostéologie*. Paris. 3^{ème} édition. Paris : Vigot, pp. 138-142 et 150.
- BENASSY, Y.** (1992). *La momification animale dans l'Égypte ancienne : exemple d'une étude radiographique de momies de Canidés du Musée Guimet de Lyon*. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard, 120 p.
- BERRUYER, C.** (2017). *Etude préliminaire d'un échantillon de momies égyptiennes de crocodile du Musée des Confluences par microtomographie à rayonnement X synchrotron*. Mémoire de Master 2. Lyon : Université Lumière Lyon 2, 125 p.
- BIERNACKI, C.** (2009). Pourquoi les modèles de mélange pour la classification ? Revue *MODULAD*. Numéro 40, pp. 1-22.
- BLAISDELL, HD.** (1994). "The deadly bite of ancient animal: written evidence for rabies, or the lack thereof, in the Ancient Egyptian and Mesopotamian texts", *Vet Hist.* 1-2, pp. 22-28.
- BONNET, C., CHAIX, L., LENOBLE, P., REINOLD, J., VALBELLE, D.** (1989). « Les sépultures néolithiques à chien sacrifié du Soudan central ». Sociétés urbaines en Égypte et au Soudan. *Cahiers de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille* 11, pp. 25-39.
- BOUVEYRON, C.** (2006). *Modélisation et classification des données de grande dimension : application à l'analyse d'images*. Thèse de Mathématiques. Grenoble : Université Joseph-Fourier, 183 p.
- BOUVIER-CLOSSE, K.** (2002). *Les canidés de l'Égypte ancienne* Thèse de doctorat sous la direction des professeurs J. Gascou et Cl. Traunecker. Strasbourg : Université Marc Bloch – Faculté des sciences historique, 317 p.
- BRASSARD, C.** (2016). *Évaluation de critères morphologiques qualitatifs et quantitatifs pour l'identification du sexe à partir du calvarium chez le chien domestique à des fins d'application en contexte archéologique*. Mémoire de Master 1. Paris : Muséum national d'Histoire naturelle, 32 p.
- BRIXHE, J.** (2015). « Les chiens dans l'Égypte ancienne ». *Pharaon* n°21, pp. 31-34.
- BROTHWELL, D., MÁLAGA, A., BURLEIGH, R.** (1979). "Studies on Amerindian dogs, 2: variation in early Peruvian dogs". *Journal of Archaeological Science* 6, pp. 139- 161.
- BUDRAS, KD., MCCARTHY, PH., FRICKE, W., RICHTER, R., HOROWITZ, A., BERG, R.** (2007). *Anatomy of the dog*. Fifth Revised Edition. Hannover, Schlütersche, 218 p.

- BUTKOVIĆ, V., ŠEHIĆ, M., BUTKOVIK, DS.** (2001). "Radiological analysis of oligodontia among dogs in Croatia". *Veterinarski Archiv* 71 (2), pp. 57-63.
- CHAIX, L.** (2014). « Les apports de l'archéozoologie ». *Rayonnement du CNRS n°64*, pp. 30-34.
- CHAIX, L., MENIEL, P.** (1996). *Eléments d'archéozoologie*. Errance, 112 p.
- CHAMPOLLION, JF.** (1833). « Sixième lettre, écrite à Béni-Hassau, le 5, et à Monfaloutli, le 8 novembre 1828 ». In : *Lettres écrites d'Égypte et de Nubie en 1828 et 1829*, Firmin Didot, pp.72-86.
- CHARRON, A.** (1990). « Massacres d'animaux à la Basse Époque ». *Revue d'Égyptologie* 41, pp. 209-213.
- CHARRON, A.** (2002). « La mort n'est pas une fin. Pratiques funéraires en Égypte d'Alexandre à Cléopâtre », sous la direction d'Alain Charron. *Catalogue de l'exposition 28/10/2002-5/01/2003*, Musée de l'Arles antique, 223 p.
- CHURCHER, CS.** (1982). Dakhleh Oasis Project. Geology and palaeontology: Interim report on the 1981 field season. *Journal of the Society for the Study of Egyptian Antiquities* 12 (3), pp. 103–5.
- CLAUDE, J.** (2008). *Morphometrics with R*. Springer-Verlag, New York, 316 p.
- CLUTTON-BROCK, J.** (1977). "Man-made dogs". *Science* 197 (4311), pp. 1340-2.
- COLYER** (1990). *Colyer's variations and diseases of the teeth of animals* (revised ed). Edited by A. E. W. Miles and Caroline Grigson Cambridge University Press. Cambridge, 672 p.
- COSTAMAGNO, S., THERY-PARISOT, I.** (2009). « Programmes expérimentaux en taphonomie », *Les nouvelles de l'archéologie*. 118, pp. 5-6
- CROCKFORD, SJ.** (2000). "A Commentary on Dog Evolution: Regional variations, Breed development and Hybridisation with Wolves", in S. J. Crockford (ed.), *Dogs Through Time: An Archaeological Perspective Proceedings of the 1st ICAZ Symposium on the History of the Domestic Dog*. BAR International Series 889. Oxford, pp. 295-312.
- CROCKFORD, SJ.** (2009). *A Practical Guide to In Situ Dog Remains for the Field Archaeologist*, Victoria BC Pacific Identifications, 146 p.
- CUCCHI, T., BAYLAC, M., EVIN, A., BIGNON-LAU, O., VIGNE, JD.** (2015). « Morphométrie géométrique et archéozoologie : concepts, méthodes et applications », in : Balasse M., Brugal, JP, Dauphin Yannicke, 2015, *Messages d'os : archéométrie du squelette animal et humain*, pp. 197-216.
- DARBY, WJ., GHALIOUNGUI, P., GRIVETTI, L.** (1977). *Food: The Gift of Osiris*. London: Academic Press.
- DAVIES, N.** (1913). *Five Theban Tombs: (being Those of Mentuherkhepeshef, User, Daga, Nehemawäy and Tati)*. K. Paul, Trench, Trübner.
- DAVIS, SJM., VALLA, FR.** (1978). "Evidence for the domestication of the dog 12.000 years ago in the Natufian of Israel", *Nature*, 276, 5688, pp. 608-610.

- DECTOT, X.** (2014-2015). *Des animaux et des pharaons le règne animal dans l'Égypte ancienne*, Louvre Lens, Exposition 5/12/14-9/03/15, dossier pédagogique, 36 p.
- DESSE, J., CHAIX, L.** (1994). « L'os et sa mesure. Archéozoologie et archéométrie ». *Histoire et Mesure* 9(3), pp. 339-363.
- DRAKE, AG, KLINGENBERG, CP.** (2008). “The pace of morphological change : historical transformation of skull shape in St Bernard dogs”, *Proceedings of the Royal Society* 275, pp. 71-76.
- DRAKE, AG., KLINGENBERG, CP.** (2010). “Large-scale diversification of skull shape in domestic dogs: disparity and modularity.” *The American Naturalist*. Vol.175. No.3, pp. 289-301.
- DRAKE, AG, COQUERELLE, M., COLOMBEAU, G.** (2015). “3D morphometric analysis of fossil canid skulls contradicts the suggested domestication of dogs during the late Paleolithic”. *Scientific Reports*, 5 : 8299, 8 p.
- DRIESCH (von den), A.** (1976). *A guide to the measurement of Animal bones from archaeological sites*, Peabody Museum Bulletins, Harvard University, 136 p.
- DRIESCH (von den) A., BOESSNECK, J.** (1985). “Krankhaft veränderte Skelettreste von Pavianen aus altägyptischer Zeit”. *Tierärztliche Praxis* 13, pp. 367-372.
- DUNAND, F., ZIVIE-COCHE, C.** (1992). *Dieux et hommes en Égypte 3000 av. J.-C.-395 apr. J.-C.*. Paris. Armand Colin. 1992, 322 p.
- DUNAND, F., LICHTENBERG, R.**, avec la collaboration d'Alain Charron. (2005). *Des animaux et des hommes, une symbiose égyptienne*. Editions du Rocher, 271 p.
- DUNAND, F., HEIM, JL, LICHTENBERG, R., BRONES, S., LETELLIER-WILLEMINE, F., TALLET, G.** (2012). *El Deir nécropoles II. Les nécropoles Nord et Nord-Est*. Editions Cybèle, 431 p.
- DUNAND, F., BRONES, S., DUSSARPS, L., LETELLIER-WILLEMINE, F., TALLET, G.** (2015a). *El Deir nécropoles III. La nécropole Est et le piton aux chiens*. Editions Cybèle. 480 p.
- DUNAND, F., LICHTENBERG, R., CALLOU, C.** (2015b). “Dogs at el-Deir”, in: Ikram S., Kaiser J., Walker R. (eds), *Egyptian bioarchaeology : humans, animals, and the environment*. Sidestone Press, pp. 169-176.
- ELEWA, A.** 2010. *Morphometrics for Nonmorphometricians*. Springer-Verlag, 367 p.
- EPSTEIN, H.** (1971). *The origin of the domestic animals of Africa*. Vol 2. London. African Publishing corporation, 719 p.
- EVIN, A., SOUTER, T., HULME-BEAMAN, A., AMEEN, C., ALLEN, R., VIACAVA, P., LARSON, G., CUCCHI, T., DOBNEY, K.,** (2016). The use of close-range photogrammetry in zooarchaeology: Creating accurate 3D models of wolf crania to study dog domestication. *Journal of Archaeological Science: Reports* 9, pp. 87–93.
- FRANTZ, LAF, MULLIN, VE, PIONNIER-CAPITAN, M., LEBRASSEUR, O., OLLIVIER, M., PERRI, A., LINDERHOLM, A., MATTIANGELI, V., TEASDALE, MD, DIMUPOULOS,**

- EA et al.** (2016). “Genomic and archaeological evidence suggest a dual origin of domestic dogs. *Science* 352 (6290), pp. 1228–1231.
- FERGUSON, WW.** (1981). “The systematic position of *Canis aureus lupaster* (Carnivora : Canidae) and the occurrence of *Canis lupus* in North Africa, Egypt and Sinai”. *Mammalia* 45, pp. 459-466.
- GALOV, A., FABBRI, E., CANIGLIA, R., ARBANASIC, H., LAPALOMBELLA, S., FLRIANCIC, T., BOSKOCIC, I., GALAVERNI, M., RANDI, E.** (2015). “First evidence of hybridization between golden jackal (*Canis aureus*) and domestic dog (*Canis familiaris*) as revealed by genetic markers”. *Royal Society Open Science*, 14 p.
- GAUBERT, P., BLOCH, C., BENYACOU, S, ABDELHAMID, A., PAGANI, P., DJAGOUN, CAMS, COULOUX, A., DUFOUR, S.** (2012). “Reviving the African Wolf *Canis lupus lupaster* in North and West Africa: A Mitochondrial Lineage Ranging More than 6,000 km Wide”. *PLoS ONE* 7(8): e42740, 10 p.
- GAUTIER, A.** (1980). «Contribution to the archaeozoology of Egypt”, in F. Wendorf et R. Schild (éd.), *Prehistory of the Eastern Sahara*, New-York, 1980, pp. 317-344.
- GEIGL, EM.** (2015). « L’apport de la paléogénétique et de la paléogénomique à l’archéologie », *Les nouvelles de l’archéologie*, 138, pp. 10-14.
- GIBERT, AS.** (1990). « Further investigations into microstructural changes in the bones of wild and domestic animals. Biological mechanisms behind osteological distinctions ». *ICAZ Sixth International Conference*, Washington DC, 21-25 may 1990.
- GRANSARD-DESMOND, JO.** (2004). « Étude sur les Canidae des temps pré-pharaoniques en Égypte et au Soudan ». *BAR International Series* 1260. Oxford, 89 p.
- GUINARD, C., BETTI, E., THORIN, C., ANTONOT., P.** (2001). “Étude crâniométrique des bovins de l’île d’Amsterdam : modélisation du dimorphisme sexuel ». *Revue d’Archéométrie*, 25, pp. 157-177.
- HALE, FA.**(1998). « Dental caries in the dog ». *J Vet Dent* 15, pp. 79–83.
- HÄNNI, C.** (1994). Utilisation de l’ADN ancien en anthropologie. In: *Bulletins et Mémoires de la Société d’anthropologie de Paris*, Nouvelle Série. Tome 6 fascicule 1-2, pp. 5-28.
- HASCOËT, M.** (2015). *L’oligodontie chez le chien adulte : variabilité de la formule dentaire et intérêts pour la sélection*. Thèse d’exercice vétérinaire. Nantes : Faculté de Médecine, 194 p.
- HARTLEY, M.** (2017). *Paws in the sand. The emergence and Development of the Use of Canids in the Funerary Practice of the Ancient Egyptians (CA. 5000 BC-395AD)*. Volume I. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Ancient History. Macquarie University, 234 p.
- HARVEY, CE, EMILY, PP.** (1993). *Small animal dentistry*. 1ed. St. Louis, Mosby, 413 p.
- HENNET, P.** (2006). *Encyclopédie de la nutrition Clinique canine*. Royal canin. Chapitre « nutrition et santé bucco-dentaire chez le chien”, pp. 387-406.

- HILLSON, S.** (2005). *Teeth*. Cambridge University Press, 373 p.
- HOATH, R.** (2009). *A Field Guide to the Mammals of Egypt*. The American University in Cairo Press, Cairo, 320 p.
- HUCHET, JB, CALLOU, C., LICHTENBERG, R., DUNAND, F.** (2013). “The dog mummy, the ticks and the louse fly: Archaeological report of severe ectoparasitosis in Ancient Egypt”. *International Journal of Paleopathology* 3, pp. 165– 175.
- IKRAM, S.** (2013). "A Curious Case of Canine Burials from Abydos." In M. C. Flossmann-Schütz, M. Goecke-Bauer, F. Hoffmann, A. Hutterer, K. Schlüter, A. Schütze, M. Ullmann (eds.) *Kleine Götter-Grosse Götter: Festschrift für Dieter Dessler zum 65. Geburtstag*, pp. 265-271.
- IKRAM, S.** (2014). « Canine Cults in Kharga Oasis : the dog of Dabashiya », dans : Tallet G., Zivie-Coche C., *Le myrte et la rose, Mélanges offerts à française Dunand par ses élèves, collègues et amis*, Tome 2, Cahiers Egypte Nilotique et Méditerranéenne, 9 p.
- IKRAM, S.** (2015). “Experimental archaeology: from meadow to em-baa-lming table”. Chapter 4 in: Carolyn Graves-Brown (ed), *Egyptology in the present: Experiential and Experimental Methods in Archaeology*, The Classical Press of Wales, pp. 39-52.
- JANECZEK, M., CHRŒSZCZURK, A.** (2011). « The occipital area in medieval dogs and the role of occipital dysplasia in dog breeding”. *Journal of Veterinary and Animal Science*. 35(6), pp. 453-458
- LAJOIE, A., PHILIBERT, A., JOLICOEUR, H.**, (2003). Guide de prises de mesures crâniennes pour des fins de taxonomie et d’identification des canidés. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction du développement de la faune. Québec, 34 p.
- LEGRAS, B.** (2016). « La répression des violences envers les animaux sacrés dans l’Égypte ptolémaïque ». *Droit et cultures*, 71, pp. 43-50.
- LESUR-GEBREMARIAM, J.** (2010). « Domestication animale en Afrique ». *Les nouvelles de l'archéologie* [En ligne], 120-121 | 2010, mis en ligne le 30 septembre 2013, consulté le 15 septembre 2017. URL : <http://nda.revues.org/1000> ; DOI : 10.4000/nda.1000.
- LIGNEREUX, Y.** (2006). « Des origines du chien », in COLL : « Le Chien : Domestication, raciation, utilisations dans l'histoire, Actes des journées d'étude de la Société d'Ethnozootechnie et de la Société Centrale Canine ». *Ethnozootechnie*, 78, pp. 11-28.
- LIGNEREUX, Y., REGODON, S., PAVAU, CL.** (1991). « Typologie céphalique canine ». *Revue de Médecine vétérinaire*. 142(6), pp. 469-480.
- LIGNEREUX, Y., PETERS, J.** (1999). « Histoire de la Tuberculose animale : données écrites et traces archéologiques. Contribution de la paléopathologie animale à l'histoire de la tuberculose ». *Bulletin du Centre d'Études d'Histoire de la Médecine*, 28, pp. 21-34.
- LORBER, M., ALVO, G., ZONTINE, WJ.** (1979). “Sexual dimorphism of canine teeth of small dogs”. *Archives of Oral Biology*. 24(8), pp. 585-589.
- LORTET, L., GAILLARD, C.** (1903). *Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon*. Volume 8 (II). Lyon.

- LORTET, L., GAILLARD, C.** (1907). *Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon*. Volume 9. Lyon.
- JACKSON, AC.** (2014). "Rabies". Chapter 29 in *Handbook of Clinical Neurology*, Vol. 123 (3rd series) Neurovirology. Tselis and J. Booss, Editors, pp. 601-618.
- KITAGAWA, C.** (2013). "Tomb of the Dogs in Gebel Asyut al-gharbi (Middle Egypt, Late to Ptolemaic/Roman period): preliminary results on the canid remains", in: Bea De Cupere & Veerle Linseele & Sheila Hamilton-Dyer (eds.), *Archaeozoology of the Near East X: Proceedings of the Tenth International Symposium on the Archaeozoology of South-Western Asia and Adjacent Areas (Leuven – Paris – Walpole)*, pp. 343-356.
- MATHIEU-DUPAS, E.** (2010). « Algorithme des k plus proches voisins pondérés et application en diagnostic ». *42èmes Journées de Statistique*. Marseille, 8 p.
- MASPERO, G.** (1891). Le chien dans l’Egypte ancienne. *Nature*. n°943, pp. 53-55.
- MAYR, E.** (1954). "Change of genetic environment and evolution". In : HUXLEY J. (ed.), *Evolution as a process*, Allen et Unwin, London, pp. 157-180.
- MEGNIN, P.** (1897-1900). *Le chien et ses races*. Tomes I à IV.
- METAIRIE, L.** (2014). *Apports de la morphométrie géométrique à la paléanthropologie dentaire*. Thèse de chirurgie dentaire. Lyon : Université Claude-Bernard, 57 p.
- MEYERS-WALLEN, VN.** (2006). "Genetics, Genomics, and Molecular Biology of Sex Determination in Small Animals". *Theriogenology* 66(6-7), pp. 1655-1658.
- MILES, B.** (2010). "Enigmatic Scenes of Intimate Contact with Dogs in the Old Kingdom". *The Bulletin of The Australian Centre For Egyptology*. Volume 2. Macquarie University, pp. 71-88.
- MOZIMANN, JE.** (1970). "Size Allometry: Size and Shape Variables with Characterizations of the Lognormal and Generalized Gamma Distributions". *Journal of the American Statistical Association* Vol. 65. No. 330, pp. 930-945.
- NATANAELSSON, C., OSKARSSON, MC, ANGLEBY, H., LUNDEBERG, J., KIRKNESS, E., SAVOLAINEN, P.** (2006). "Dog Y chromosomal DNA sequence: identification, sequencing and SNP discovery". *BMC Genetics* 7:45, 6 p.
- NEAULT, L.** (2003). *Entre chien et loup : étude biologique et comportementale*. Thèse d'exercice vétérinaire. Toulouse : Université Paul Sabatier, 429 p.
- NEWBERRY, PE.** (1893). *Beni Hasan - Part I*. Kegan Paul, Trench, Trübner & Co., London, 1893.
- NICHOLSON, PT., IKRAM, S., MILLS, S.** (2015). "The Catacombs of Anubis at North Saqqara". *Antiquity* 89 (345), pp. 645-661.
- NIEMIEC, BA.** (2011). *Small animal dental, oral and maxillofacial disease*. Manson publishing, 272 p.
- OSBORN, D., HELMY, I.** (1980). *The contemporary land mammals of Egypt (including Sinai)*, Fieldiana zoology, pp. 359-395.

- OSBORN, D., OSBORNOVA, J.**(1998). The Mammals of Ancient Egypt. The Natural History of Egypt 4, pp. 55-80.
- PAVLICA, Z., ERJAVEC, V., PETELIN, M.** (2001). Teeth abnormalities in the dog. *Acta Vet Brno* 70, pp. 65–72.
- PEREZ, F.** (1922). « Craniologie vestibienne, ethnique et zoologique ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris* 13:1, pp. 16-32.
- PETRIE, F** (1907). *Gizeh and Rifeh*. London. British School of Archaeology in Egypt. XIII.
- PIERRET, P.** (1881). *Le panthéon égyptien*. Ernest Leroux éd., 114 p.
- RAMBAUD, F.** (2007). *Caractérisation, Analyse et Modélisation statistiques de fragments osseux crâniens pour la prédiction de paramètres mécaniques lésionnels*. Thèse de Sciences de l'ingénieur. Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, 165 p.
- RADINSKY, LB.**, (1981). Evolution of skull shape in carnivores 1. Representative modern carnivores. *Biological Journal* 15 (4), pp. 369-388.
- ROMAN-BINOIS, AL.** (2012). « Une vie de chien... Traumatismes multiples et maltraitance potentielle sur un chien médiéval, un cas paléopathologique ». *Bulletin de la société française historique de médecine et des sciences vétérinaires*. 12, pp. 35-50.
- ROSEVEAR, DR.** (1974). *The Carnivores of West Africa*. British Museum Natural History. 548 p.
- SCHMITT E., WALLACE S.** (2014). “Shape Change and Variation in the Cranial Morphology of Wild Canids (*Canis lupus*, *Canis latrans*, *Canis rufus*) Compared to Domestic Dogs (*Canis familiaris*) Using Geometric Morphometrics”. *International Journal of Osteoarchaeology* 24, pp. 42–50.
- SCHOENEBECK, JJ., OSTRANDER, EA.** (2013). “The Genetics of Canine Skull Shape Variation. *Genetics*. 193 (2), pp.317-325.
- SCHOENINGER, MJ., DENIRO, MJ.** (1984). “Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals” *Geochim. Cosmochim. Acta* 48, pp. 625-639
- SCHREYER, J.** (2013). « Dentisterie des jeunes chats et chiens », article *Vetup*, accessible sur <http://www.vetup.com/articles-veterinaires/82-royal-canin-alimentation/429-dentisterie-des-jeunes-chats-et-chien#.WR3MB2iLSM9>.
- STOCKARD, CR.** (1941). *The Genetic and Endocrinic Basis for Differences in Form and Behavior*. Wistar Institute of Anatomy and Biology, Philadelphia, 775 p.
- TERZIAN, C., BIEMONT, C.** (1988). « Les théories de l'effet fondateur, Mayr, et la génétique des populations ». *Génétique sélection évolution*. INRA Editions, 20 (1), pp. 111-122.
- THIEBAUT, C., COUMONT, MP, AVERBOUTH, A.** (2010). « L'approche taphonomique : une nécessité en archéologie ». dans *Mise en commun des approches en taphonomie*, Actes du workshop n°16, XVème congrès international de l'UISPP à Lisbonne septembre 2006. Paléo supplément n°3, pp. 13-20.

- TURNBULL, PF., REED, CA.** (1974). "The fauna from the terminal Pleistocene of Palegawra Cave, a Zarzian occupation site in northeastern Iraq", *Fieldiana Anthropology* 63, pp. 81-146
- VAN NEER, W.** (2002). Le matériel faunique. In *Adaïma. 1. Economie et habitat*. vol.45 Midant-Reynes B., Buchez N. (eds.) IFAO (Cairo), pp.521-565
- VIGNE, JD.** (2004). *Les débuts de l'élevage*. Editions Le Pommier. Paris, 186 p.
- VIRANTA, S., ATICKEM, A., WERDELIN, L. AND STENSETH, N.** (2017). Rediscovering a forgotten canid species. *BMC Zoology*. 2 (1), 6 p.
- von den DRIESCH, A.** (1976). *A guide to the measurement of Animal bones from archaeological sites*, Peabody Museum Bulletins, Harvard University, 136 p.
- von den DRIESCH, A., BOESSNECK, J.** (1985). « Krankhaft veränderte Skelettreste von Pavianen aus altägyptischer Zeit ». *Tierärztliche Praxis* 13, pp. 367-372
- WAYNE, RK.** (1993). "Molecular evolution of the dog family". *Trends in Genetics*, 9, pp. 218-224
- WELLS, C.** (1967). « Pseudopathology ». In: D.R. Brothwell & A.T. Sandison (eds) *Diseases in Antiquity*. Charles C. Thomeas, Springfields. ", pp. 100-107
- ZIVIE, C., LICHTENBERG, R.** (2005). « The cats of the Goddess Bastet », in S. Ikram (ed.). *Divine creatures*. The American University of Cairo Press, pp. 106-119

ANNEXES

**Annexe 1 : Muscles s'insérant sur le crâne et fonctions.
Réalisé à l'aide de BUDRAS *et al.* (2007)**

<i>Muscle</i>	<i>Zone d'insertion sur le crâne</i>	<i>Fonction</i>
➤ Muscles intrinsèques de la tête		
○ Muscles cutanés		
■ Muscles cutanés du crâne		
Muscle frontal	Face dorsale de l'os frontal au-dessus du processus zygomatique de l'os frontal	Mobilisation de la peau
Muscle occipital	Protubérance occipitale externe	Mouvement du cartilage de l'oreille caudo-médialement
■ Muscles cutanés de l'oreille		
Muscle fronto-scutulaire	Base du processus zygomatique de l'os frontal et partie rostrale de la ligne temporale	Tire les cartilages scutiformes rostro-médialement
Muscle zygomatiko-auriculaire	Face latérale de l'arcade zygomatique, derrière l'orbite	
Muscle zygomatiko-scutulaire		
Muscle interscutulaire	Crête sagittale externe	Tire les cartilages scutiformes médialement
Muscle pariéto-scutulaire	Partie caudale de la crête sagittale externe	
Muscle pariéto-auriculaire		
Muscle cervico-scutulaire	Protubérance occipitale externe	Élévateur de l'oreille et tension du cartilage scutiforme
Muscle cervico-auriculaire superficiel		Élévateur de l'oreille
Muscle cervico-auriculaire profond et moyen		Ouverture caudo-latérale de l'ouverture du cartilage auriculaire
Muscle stylo-auriculaire	Revers ventral du méat acoustique externe	
Muscle occipital	Crête sagittale externe	Tire le cartilage scutiforme caudo-médialement

<i>Muscle</i>	<i>Zone d'insertion sur le crâne</i>	<i>Fonction</i>
■ Muscles cutanés de la face		
Muscle de la face	Crête faciale	
Muscle orbiculaire de l'œil	Près du bord orbitaire de l'os lacrymal	Ouverture de la bouche
Muscle malaire	Devant le bord infra-orbitaire, principalement sur l'os zygomatique et accessoirement sur l'os lacrymal	Froncement de la peau infra-palpébrale
Muscle releveur naso-labial	Jonction front/dos du nez, médialement à l'orbite, sur la partie rostrale de l'os frontal et la base de l'os nasal et bord supérieur du maxillaire	Ouverture des narines Élévateur de la lèvre supérieure
Muscle releveur de la lèvre supérieure	Face latérale du maxillaire derrière la fosse canine au-dessous du foramen infra-orbitaire	Élévateur de la lèvre supérieure et du plan nasal et les tire caudalement Elargissement de l'ouverture de la narine
Muscle canin	Sur le maxillaire ventralement au muscle releveur de la lèvre supérieure	Tire la lèvre supérieure caudo-dorsalement
Muscle zygomatique	Sur le cartilage scutiforme de l'oreille	Tire l'angle de la bouche caudalement, tire le cartilage scutiforme rostro-ventralement
Muscle incisif supérieur	Partie latérale du bord alvéolaire de l'os incisif	Resserrement de la partie latérale de la lèvre supérieure de façon à faire proéminer sa partie médiane, tout en tirant les commissures vers l'avant.
Muscle buccinateur :		Forme le bord latéral de la cavité orale, compresse le vestibule de la cavité orale, presse la nourriture dans la cavité orale, compression des glandes buccales
- Partie molaire (profonde)	Face latérale du processus alvéolaire des maxillaires, Au-dessus des trois premières prémolaires et jusqu'au voisinage de la dent canine	
- Partie buccale (superficielle)	Sous l'orbiculaire de la bouche au dessus de la canine et au bord latéral de l'os incisif	

<i>Muscle</i>	<i>Zone d'insertion sur le crâne</i>	<i>Fonction</i>
○ Muscles de l'œil		
Muscle rétracteur latéral de l'angle de l'œil	Fascia profond du temporal	Tire l'angle latéral de l'œil caudalement
Muscle élévateur médial de l'angle de l'œil	Fascia sur l'os frontal	Elévation de la partie médiale de la paupière, érection des vibrisses
Muscle oblique dorsal de l'œil	Bord médial du canal optique	Rotation de la surface dorsale du globe oculaire, le tournant rostro-médialement
Muscle oblique ventral de l'œil	Ventral à la fosse lacrymale	Rotation de la surface latérale du globe oculaire, le tournant ventro-rostralement
Muscle droit dorsal de l'œil	Anneau tendineux commun sur la crête ptérygoïde et autour du canal optique	Tourne le globe oculaire dorsalement
Muscle droit médial de l'œil		Tourne le globe oculaire médialement
Muscle droit ventral de l'œil		Tourne le globe oculaire ventralement
Muscle droit latéral de l'œil		Tourne le globe oculaire ventralement sur son axe horizontal latéralement
Muscle rétracteur du bulbe oculaire	Entre le canal optique et la fissure orbitaire	Rétraction du globe oculaire
Muscle élévateur de la paupière supérieure	Bord dorsal du canal optique	Elévation de la paupière supérieure
○ Muscles pharyngiens		
Muscle stylo-pharyngien caudal	Contour caudal du stylo-hyoïdien de l'appareil hyoïde	Dilatation du pharynx
Muscle palato-pharyngien	Raphé palatin, aponévrose palatine	Constriction du pharynx, tire la racine du pharynx postalement, tire le palais mou caudalement
○ Muscles du palais		
Muscle tenseur du voile du palais	Processus musculaire de la partie tympanique de l'os temporal	Dilatation du pharynx
Muscle élévateur du voile du palais		Elévation du palais mou

<i>Muscle</i>	<i>Zone d'insertion sur le crâne</i>	<i>Fonction</i>
○ Muscles masticateurs		
Muscle masséter	Sur toute la crête faciale depuis le tubercule facial jusqu'au voisinage de la surface articulaire temporale et sur le maxillaire et sur tout le bord ventral et le revers médial de l'arcade zygomatique	Elévation de la mandibule
Muscle temporal	Toute l'étendue de la fosse temporale, crête ptérygoïdienne, une partie de la face médiale de l'arcade zygomatique	Elévation de la mandibule
Muscle ptérygoïdien médial	Fosse ptérygoïdienne, face latérale de la branche perpendiculaire de l'os palatin, jusqu'au voisinage de la fosse ptérygo-palatine et au bord ventral du processus ptérygoïde	Synergique du muscle masséter, élévateur de la mandibule, si la contraction est unilatérale, la mandibule est tirée du côté du muscle se contractant
Muscle ptérygoïdien latéral	Face latérale due la base du processus ptérygoïde, dorsalement au muscle ptérygoïdien médial	
Muscle digastrique	Sommet du processus jugulaire de l'os occipital	Abaissement de la mandibule, ouverture de la bouche
○ Muscles hyoïdiens		
Muscle occipito-hyoïdien	Bord rostral et revers latéral du processus jugulaire	

<i>Muscle</i>	<i>Zone d'insertion sur le crâne</i>	<i>Fonction</i>
➤ Muscles extrinsèques : muscles du cou s'insérant sur la tête		
○ Muscles cervicaux ventraux		
Muscle sterno-céphalique	Processus mastoïde et crête mastoïdienne (rejoint la terminaison du muscle cleïdomastoïdien)	
Muscle brachio-céphalique (partie cléïdo-céphalique)	Sommet du processus jugulaire de l'os occipital	Tire le membre thoracique en avant
Muscle long de la tête	Tubercule musculaire, en avant du muscle droit ventral de la tête	Flexion ventral de la tête et du cou, flexion latérale si les muscles d'un seul côté se contractent.
Muscle droit ventral de la tête	Limite caudale du tubercule musculaire de la partie basilaire de l'os occipital	Flexion de la tête
○ Muscles cervicaux dorsaux		
Muscle rhomboïde	Protubérance occipitale externe	Fixation du membre thoracique, élévation de la scapula et la tire en arrière
Muscle splénius de la tête	Crête nucale et crête mastoïdienne	Extension et flexion latérale de la tête et du cou
<i>M. longissimus (capitis)</i> de la tête	Crête mastoïdienne	Flexion latérale du tronc et du cou quand seul un côté est engagé
Muscle semi-épineux de la tête	Revers nucale de l'os occipital, sur les empreintes qui brodent la protubérance occipitale externe, près de la crête occipitale externe	Elévation et flexion latérale de la tête et du cou
○ Muscles juxta-vertébraux du cou		
Muscle oblique crânial de la tête	Revers caudal de la crête nucale et de la crête mastoïdienne, jusqu'à la base et au bord caudal du processus jugulaire	Flexion dorsale de l'articulation atlanto-occipitale s'il agit avec le muscle ci-dessous ou flexion ventral s'il agit seul
Muscles grand et petit dorsaux de la tête	Face nucale de l'os occipital, l'un au-dessus de l'autre et ventro-latéralement au muscle semi-épineux	Flexion dorsal de l'articulation atlanto-occipitale.
Muscle droit latéral de la tête	Face médiale du processus jugulaire	

Annexe 2 : Liste des individus étudiés et caractéristiques

PROVENANCE	TOMBE	RACE	INDIVIDU	AGE	SEXE
El-Deir	E9		E9-c1	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c2	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c3	<3 ans	?
El-Deir	E9		E9-c4	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c6	<3ans	?
El-Deir	E9		E9-c7	2ans	?
El-Deir	E9		E9-c8	<3ans	?
El-Deir	E9		E9-c10	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c11	5mois	?
El-Deir	E9		E9-c12	<1-2 ans	?
El-Deir	E9		E9-c13	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c15	6<8-10m	?
El-Deir	E9		E9-c16	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c17	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c19	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c20		?
El-Deir	E9		E9-c21		?
El-Deir	E9		E9-c23	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c24	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c25	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c26	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c27	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c29	1-2 ans	?
El-Deir	E9		E9-c30		?
El-Deir	E9		E9-c31		?
El-Deir	E9		E9-c32	5mois	?
El-Deir	E9		E9-c33	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c34	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c35	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c37	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c38	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c39	6-8mois	?
El-Deir	E9		E9-c40	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c41	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c42	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c44	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c45	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c46	>3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c47	5mois	?
El-Deir	E9		E9-c48	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c49	6-8mois	?
El-Deir	E9		E9-c50	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c51	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c52	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c53	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c54	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c55	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c56	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c57	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c62	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c63	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c69	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c71	>4ans	?
El-Deir	E9		E9-c72	<2-3ans	?
El-Deir	E9		c9-c79		?
El-Deir	E9		E9-c83	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c84	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c85	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c86	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c89	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c90		?
El-Deir	E9		E9-c92	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c93	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c94	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c95	6-8mois	?
El-Deir	E9		E9-c98	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c99	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c100	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c101	<3-4ans	?
El-Deir	E9		E9-c103	<1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c104	1-2ans	?
El-Deir	E9		E9-c105	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c106	<2-3ans	?
El-Deir	E9		E9-c108	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c1	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c2	6-8mois	?
El-Deir	P5		P5-c3	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c5	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c6	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c7	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c8	1-2ans	?

PROVENANCE	TOMBE	RACE	INDIVIDU	AGE	SEXE
El-Deir	P5		P5-c9	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c10	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c11	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c12	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c13	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c14	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c15	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c16	5mois	?
El-Deir	P5		P5-c18	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c19		?
El-Deir	P5		P5-c20	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c21	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c22	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c23	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c24	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c25	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c26	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c27	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c28	<1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c29	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c30	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c32	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c33	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c34	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c35	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c37	6-8mois	?
El-Deir	P5		P5-c38	6-8mois	?
El-Deir	P5		P5-c40	6-8mois	?
El-Deir	P5		P5-c42		?
El-Deir	P5		P5-c43	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c45	6-8mois	?
El-Deir	P5		P5-c47	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c49	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c51	<2-3ans	?
El-Deir	P5		P5-c52	<3-4ans	?
El-Deir	P5		P5-c53	<3-4ans	?
El-Deir	P5		P5-c54	1-2ans	?
El-Deir	P5		P5-c55	6-8mois	?
El-Deir	N22		N22-c1	1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c2	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c3	<3-4ans	?
El-Deir	N22		N22-c4	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c5	<1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c6	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c7	1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c8	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c9	1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c10	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c11	5mois	?
El-Deir	N22		N22-c12	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c13	1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c14	<1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c15	<3-4ans	?
El-Deir	N22		N22-c16	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c17	2mois	?
El-Deir	N22		N22-c18	1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c19	<1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c20	1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c22	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c23	<1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c24	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c25	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c26	<1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c27	<1-2ans	?
El-Deir	N22		N22-c28	<2-3ans	?
El-Deir	N22		N22-c29	<2-3ans	?
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1201		?
MNHN		BRAQUE BLEU AUVERGNE	MNHN-1202		?
MNHN		BICHON	MNHN-1203		F
MNHN		CANICHE NAIN	MNHN-1204		?
MNHN		FOX	MNHN-1205		M
MNHN		BERGER PICARD	MNHN-1206		F
MNHN		COCKER SPRINGER	MNHN-1207		?
MNHN		EPAGNEUL BRETON	MNHN-1208		M
MNHN		TENERIFF	MNHN-1210		M
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1211		M
MNHN		TECKEL	MNHN-1212		M
MNHN		BOXER	MNHN-1214		M
MNHN		MALINOIS	MNHN-1215		F
MNHN		GRONENDAEL	MNHN-1216		M
MNHN		CANICHE NAIN	MNHN-1218		M
MNHN		COCKER	MNHN-1219		F
MNHN		BOXER	MNHN-1220		F
MNHN		CANICHE NAIN	MNHN-1221		F
MNHN		CANICHE	MNHN-1223		M

PROVENANCE	TOMBE	RACE	INDIVIDU	AGE	SEXE
MNHN		LOULOU	MNHN-1224		M
MNHN		LOULOU	MNHN-1226		F
MNHN		MONTAGNE DES PYRENEES	MNHN-1985-1227		F
MNHN		FOX	MNHN-1228		M
MNHN		BOUVIER DES FLANDRES	MNHN-1229		F
MNHN		KERRY BLUE TERRIER	MNHN-1230		M
MNHN		EPAGNEUL BRETON	MNHN-1232		M
MNHN			MNHN-1233		M
MNHN		BAS ROUGE	MNHN-1234		F
MNHN		BAS ROUGE	MNHN-1235		M
MNHN		FOX	MNHN-1236		F
MNHN		FOX	MNHN-1237		M
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1238		F
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1239		M
MNHN		EPAGNEUL BRETON	MNHN-1241		F
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1242		M
MNHN		FOX	MNHN-1243		F
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1244		M
MNHN		BRIARD	MNHN-1246		M
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1247		F
MNHN		LEVRIER AFGHAN	MNHN-1248		M
MNHN		CANICHE	MNHN-1249		F
MNHN		COCKER	MNHN-1250		M
MNHN		SETTER IRLANDAIS	MNHN-1251		M
MNHN		COCKER	MNHN-1252		M
MNHN		COCKER	MNHN-1253		M
MNHN		BOXER	MNHN-1254		F
MNHN		SCHNAUZER	MNHN-1255		M
MNHN		SCHNAUZER	MNHN-1257		M
MNHN		EPAGNEUL BRETON	MNHN-1258		F
MNHN		EPAGNEUL BRETON	MNHN-1259		M
MNHN		COCKER	MNHN-1260		M
MNHN		GRIFFON KHORTAL	MNHN-1261		M
MNHN		DANOIS	MNHN-1262		M
MNHN		COCKER	MNHN-1264		M
MNHN		CANICHE	MNHN-1265		M
MNHN		KEESHOND	MNHN-1270		M
MNHN		BRIARD	MNHN-1271		M
MNHN		KERRY BLUE TERRIER	MNHN-1272		F
MNHN		TECKEL	MNHN-1273		F
MNHN			MNHN-1274		F
MNHN		COLLEY	MNHN-1275		F?
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1276		F
MNHN		IRISH WATER SPANIEL	MNHN-1277		M
MNHN		SKYE TERRIER	MNHN-1278		F
MNHN		DANOIS	MNHN-1279		?
MNHN		COCKER	MNHN-1281		M
MNHN		TECKEL	MNHN-1282		F
MNHN		SETTER ANGLAIS	MNHN-1283		F
MNHN		SETTER IRLANDAIS	MNHN-1284		M
MNHN		LEVRIER AFGHAN	MNHN-1285		M
MNHN		SCOTTSCH	MNHN-1286		F
MNHN		TECKEL	MNHN-1289		F
MNHN		TECKEL	MNHN-1290		M
MNHN		CANICHE	MNHN-1292		M
MNHN		DOBERMAN	MNHN-1293		M
MNHN		DOBERMAN	MNHN-1294		M
MNHN		DANOIS	MNHN-1296		M
MNHN		BRAQUE ALLEMAND	MNHN-1297		F
MNHN		CHOW CHOW	MNHN-1298		F
MNHN		COLLEY	MNHN-1299		M
MNHN		CANICHE	MNHN-1300		M
MNHN		SETTER ANGLAIS	MNHN-1301		M
MNHN		BOUVIER DES FLANDRES	MNHN-1302		M
MNHN		BULL MASTIFF	MNHN-1304		F
MNHN		SAINT BERNARD	MNHN-1305		M
MNHN			MNHN-1307		F
MNHN		LOULOU	MNHN-1308		F
MNHN		TECKEL	MNHN-1309		F
MNHN		SETTER ANGLAIS	MNHN-1310		M
MNHN			MNHN-1312		M
MNHN		BERGER DES PYRENEES	MNHN-1313		M
MNHN		BOXER	MNHN-1314		M
MNHN		DOBERMAN	MNHN-1316		M
MNHN		TECKEL	MNHN-1320		F
MNHN		CHOW CHOW	MNHN-1323		M
MNHN		FOX	MNHN-1324		M
MNHN			MNHN-1327		M
MNHN		DOGUE ALLEMAND	MNHN-1328		?
MNHN		TECKEL	MNHN-1333		M
MNHN		BERGER ALLEMAND	MNHN-1337		?
MNHN		BRAQUE	MNHN-256		F
MNHN		SLOUGHY	MNHN-258		F
MNHN			MNHN-1988-254		F
MNHN		BARZOI	MNHN-1995-237		F
MNHN		LEVRIER WHIPPET	MNHN-1996-2468		M

PROVENANCE	TOMBE	RACE	INDIVIDU	AGE	SEXE
MNHN		SETTER ANGLAIS	MNHN-1945		F
Kerma			KT83	<2-3ans	M
Kerma			K212.1		F?
Kerma			K151.1	<3-4 ans	F?
Kerma			K212.2	1-2 ans	M
Kerma			K133.4	<3-4 ans	M
Kerma			KT89	<3-4ans	M
Kerma			KT67		?
Kerma			K125.1	1-2 ans	M?
Kerma			K249.1	<1-2ans	?
Kerma			K233.1	1-2 ans	?
Soudan actuel			S3602.35		M
Soudan actuel			S3602.66		M
Soudan actuel			S3602.52		M
Soudan actuel			S3602.8		M
Soudan actuel			S3602.5		F?
Soudan actuel			S3602.69		M

Annexe 3 : Observation de caractères qualitatifs et sexe

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
E9-c1	?	M	F	F
E9-c2	?	M	F	M
E9-c3	?	F	F	F
E9-c4	?	M	M	M
E9-c6	?	F	F	F
E9-c7	?	M	F	F
E9-c8	?	F	M	M
E9-c10	?	F	F	F
E9-c11	?	M	F	M
E9-c12	?	M	M	M
E9-c13	?	F	F	M
E9-c15	?	M	M	M
E9-c16	?	F	M	M
E9-c17	?	M	M	F
E9-c19	?	M	M	F
E9-c20	?			
E9-c21	?			
E9-c23	?	F	F	F
E9-c24	?	M	F	M
E9-c25	?	M	M	M
E9-c26	?	M	M	F
E9-c27	?	F	M	F
E9-c29	?	F	M	M
E9-c30	?			
E9-c31	?			
E9-c32	?	M	F	M
E9-c33	?	M	M	M
E9-c34	?	M	F	F
E9-c35	?	F	M	F
E9-c37	?	F	M	F
E9-c38	?	F	M	F
E9-c39	?	F	M	M
E9-c40	?	M	M	M
E9-c41	?	M	F	M
E9-c42	?	M	M	M

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
E9-c44		F	F	F
E9-c45		F	M	M
E9-c46		F	M	F
E9-c47		M	F	M
E9-c48		M	M	M
E9-c49		M	F	F
E9-c50		F	F	F
E9-c51		F	M	F
E9-c52		M	M	M
E9-c53		M	M	M
E9-c54		M	F	M
E9-c55		M	F	M
E9-c56		M	F	M
E9-c57		M	M	M
E9-c62		M	M	M
E9-c63		M	F	M
E9-c69		F	M	M
E9-c71		M	M	M
E9-c72		F	M	F
c9-c79				
E9-c83		F	M	M
E9-c84		M	M	F
E9-c85		M	F	M
E9-c86		M	M	M
E9-c89		M	F	M
E9-c90				
E9-c92		M	F	M
E9-c93		M	M	M
E9-c94		M	M	M
E9-c95		M	F	M
E9-c98		M	M	M
E9-c99		M	M	M
E9-c100		M	M	M
E9-c101		M	M	M
E9-c103		M	F	M

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
E9-c104	?	M	M	M
E9-c106	?	F	F	F
E9-c108	?	M	F	M
P5-c1	?	M	M	M
P5-c2	?	F	F	F
P5-c3	?	M	M	M
P5-c5	?	M	M	M
P5-c6	?	M	M	M
P5-c7	?	F	F	M
P5-c8	?	M	M	M
P5-c9	?	M	M	M
P5-c10	?	M	M	M
P5-c11	?	M	M	F
P5-c12	?	M	M	M
P5-c13	?	M	M	M
P5-c14	?	M	M	F
P5-c15	?	M	F	M
P5-c16	?	F	F	F
P5-c18	?	M	M	M
P5-c19	?			
P5-c20	?	M	F	M
P5-c21	?	M	M	M
P5-c22	?	F	M	F
P5-c23	?	M	F	M
P5-c24	?	M	M	M
P5-c25	?	M	F	M
P5-c26	?	M	M	M
P5-c27	?	M	F	M
P5-c28	?	M	F	M
P5-c29	?	M	M	M
P5-c30	?	M	F	M
P5-c32	?	M	F	M
P5-c33	?	M	M	M
P5-c34	?	M	F	M
P5-c35	?	M	M	F
P5-c38	?	F	M	F

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
P5-c40		F	M	M
P5-c42				
P5-c45		M	M	F
P5-c47		M	F	M
P5-c49		M	M	M
P5-c51		M	M	M
P5-c52		M	M	M
P5-c53		M	F	M
P5-c54		M	M	M
P5-c55		M	F	M
N22-c1		M	M	M
N22-c2		M	M	M
N22-c3		F	F	M
N22-c4		M	F	F
N22-c5		M	M	M
N22-c6		M	M	M
N22-c7		M	F	M
N22-c8		M	M	M
N22-c9		M	M	M
N22-c10		F	M	M
N22-c11		M	F	F
N22-c12		M	M	M
N22-c13		M	M	M
N22-c14		F	F	M
N22-c15		F	M	M
N22-c16		F	F	M
N22-c17		F	M	F
N22-c18		M	M	M
N22-c19		F	M	M
N22-c20		M	M	M
N22-c22		M	M	M
N22-c23		M	M	M
N22-c24		M	M	M
N22-c25		M	M	M
N22-c26		F	F	F
N22-c27		M	F	M

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
P5-c37	?	F	M	M
N22-c29	?	M	F	M
MNHN-1201	?	M	F	M
MNHN-1202	?	M	M	M
MNHN-1203	F	F	F	F
MNHN-1204	?	F	F	F
MNHN-1205	M	M	F	M
MNHN-1206	F	M	F	F
MNHN-1207	?	M	F	M
MNHN-1208	M	M	F	F
MNHN-1210	M	F	M	F
MNHN-1211	M	M	M	M
MNHN-1212	M	M	F	F
MNHN-1214	M	M	F	F
MNHN-1215	F	F	F	M
MNHN-1216	M	M	M	M
MNHN-1218	M	M	M	M
MNHN-1219	F	M	F	F
MNHN-1220	F	M	M	F
MNHN-1221	F	F	F	M
MNHN-1223	M	F	M	M
MNHN-1224	M	F	F	F
MNHN-1226	F	F	F	F
MNHN-1985-1227	F	F	M	M
MNHN-1228	M	M	M	M
MNHN-1229	F	M	F	M
MNHN-1230	M	F	F	M
MNHN-1232	M	M	F	M
MNHN-1233	M			
MNHN-1234	F	M	F	M
MNHN-1235	M	M	F	M
MNHN-1236	F	F	F	F
MNHN-1237	M	M	F	M
MNHN-1238	F	M	F	M
MNHN-1239	M	M	F	M
MNHN-1241	F	M	F	F

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
N22-c28		M	M	M
MNHN-1249	F	M	F	M
MNHN-1250	M	M	F	M
MNHN-1251	M	M	F	M
MNHN-1252	M	M	M	F
MNHN-1253	M	M	F	F
MNHN-1254	F	M	F	M
MNHN-1255	M	M	M	M
MNHN-1257	M	M	M	M
MNHN-1258	F	M	M	M
MNHN-1259	M	F	M	F
MNHN-1260	M	M	M	M
MNHN-1261	M	M	M	M
MNHN-1262	M	M	F	M
MNHN-1264	M	M	F	F
MNHN-1265	M	M	F	M
MNHN-1270	M	M	M	F
MNHN-1271	M	M	F	M
MNHN-1272	F	F	M	F
MNHN-1273	F	M	M	F
MNHN-1274	F			
MNHN-1275	F?	M	F	M
MNHN-1276	F	M	F	M
MNHN-1277	M	M	M	M
MNHN-1278	F	M	M	F
MNHN-1279		M	M	M
MNHN-1281	M	M	F	M
MNHN-1282	F	M	M	F
MNHN-1283	F	M	M	M
MNHN-1284	M	M	M	M
MNHN-1285	M	F	F	M
MNHN-1286	F	F	F	M
MNHN-1289	F	F	F	F
MNHN-1290	M	F	M	F
MNHN-1243	F	M	F	M
MNHN-1244	M	F	F	M

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
MNHN-1242	M	M	F	M
MNHN-1246	M	M	F	M
MNHN-1247	F	M	F	M
MNHN-1248	M	M	F	M
MNHN-1299	M	M	M	M
MNHN-1300	M	M	M	M
MNHN-1301	M	M	F	M
MNHN-1302	M	M	F	M
MNHN-1304	F	M	F	F
MNHN-1305	M	M	F	M
MNHN-1307	F			
MNHN-1308	F	M	F	F
MNHN-1309	F	M	M	F
MNHN-1310	M	M	M	M
MNHN-1312	M			
MNHN-1313	M	M	M	M
MNHN-1314	M	M	M	F
MNHN-1316	M	M	F	M
MNHN-1320	F	M	M	F
MNHN-1323	M	M	F	M
MNHN-1324	M	M	F	M
MNHN-1327	M			
MNHN-1328	?	M	M	M
MNHN-1333	M	F	M	F
MNHN-1337	?	M	M	M
MNHN-256	F	F	F	M
MNHN-258	F	M	F	M
MNHN-1988-254	F			
MNHN-1995-237	F	F	F	M
MNHN-1996-2468	M	F	F	F
MNHN-1945	F	M	F	M
MNHN-1293	M	M	M	M
MNHN-1294	M	F	F	M
MNHN-1296	M	M	M	M
MNHN-1297	F	M	F	F
MNHN-1298	F	M	F	F

INDIVIDU	SEXE	CARCATERES QUALITATIFS SEXE		
		ASPECT PROCESSUS ORBITAIRE	ASPECT BASIOCCIPITAL	ASPECT CRETE SAGITTALE
MNHN-1292	M	F	M	F
S3602.66	M	M	M	M
S3602.52	M	M	F	M
S3602.8	M			
S3602.5	F?	M	F	M
S3602.69	M	M	M	M
S3602.35	M	M	M	M
K212.2	M	M	F	M
K133.4	M	M	F	M
KT89	M	M	M	M
KT67				
K125.1	M?	M	M	M
K249.1		M	F	M
K233.1		M	M	M
KT83	M	M	M	M
K212.1	F?	M	F	M
K151.1	F?	F	F	M

Annexe 4 : Observation des anomalies

INDIVIDU	DEDOUBLEMENT des P1	FORME des P3	ABSENCE d'au moins une dent	MALADIE PARODONTALE	PERFORATIONS du PALATIN	CANINE AVANCEE	ROTATION P1	ROTATION P2	ROTATION P3	DEPRESSION FRONTAL	Remarques
K125.1	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
K133.4	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
K151.1	GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
K212.1	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
K212.2	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
K233.1	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
K249.1	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
KT67	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
KT83	NON	P3	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
KT89	NON	NON	P1D	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
S3602.5	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
S3602.35	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
S3602.52	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
S3602.66	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
S3602.68	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c1	NON	NON	I	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c2	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c3	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c4	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c6	NON	NON	NON	NON	NON	G	NON	NON	NON	NON	
c7	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	NON	NON	
c8	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c10	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	
c11	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c12	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c13	NON	NON	P3GI	FAIBLE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c15	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c16	NON	NON	P1D	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c17	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c18	NON	NON	P1D	MODEREE/FORTE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c19	NON	NON	IP2D	MODEREE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c20	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c22	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c24	NON	NON	CG	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c25	NON	NON	P2D	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c26	NON	NON	P1G	FAIBLE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c27	NON	P3	NON	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c29	NON	NON	NON	NON	NON	G	NON	NON	NON	NON	
c32	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c33	NON	NON	NON	MODEREE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c34	NON	P3	P3G	FORTE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c35	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c37	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c38	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c40	NON	P3	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c41	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
C42	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c44	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	INT	NON	
c45	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c46	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c48	NON	NON	P1D	MODEREE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c49	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c50	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c51	NON	NON	NON	NON	OUI	GD	NON	NON	NON	NON	
c52	NON	NON	P2GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c53	NON	NON	P1GD	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	
c54	NON	NON	M1D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c55	NON	NON	IP1GD	FORTE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c56	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c57	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c62	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c69	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c71	NON	P3	NON	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c72	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c83	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c84	NON	NON	NON	FAIBLE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c85	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c89	NON	NON	P1D	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c90	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c92	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c93	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c94	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c95	NON	NON	P2GD	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
c98	NON	NON	P3GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c99	NON	NON	P1DP2D	FORTE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c100	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c104	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	EXTG	NON	
c105	NON	NON	P3G	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
c108	NON	NON	P3D	FAIBLE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c1	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c2	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	

INDIVIDU	DEDOUBLEMENT des P1	FORME des P3	ABSENCE d'au moins une dent	MALADIE PARODONTALE	PERFORATIONS du PALATIN	CANINE AVANCEE	ROTATION P1	ROTATION P2	ROTATION P3	DEPRESSION FRONTAL	Remarques
N22-c3	NON	NON	P1G	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c4	NON	NON	P1DP2GM1G	FORTE	OUI	D	NON	NON	NON	NON	
N22-c5	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c6	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c8	NON	NON	NON	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c9	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c10	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c11	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c12	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c13	NON	NON	P1D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c14	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c15	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c16	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c17	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c18	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c19	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c20	NON	NON	NON	NON	NON	D	NON	NON	INT	NON	
N22-c21	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c22	NON	NON	P1D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c23	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c24	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c25	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c26	NON	OUI	P2G	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c27	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c28	NON	NON	P3G	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
N22-c29	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c1	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c2	NON	NON	NON	NON	NON	GD	NON	NON	NON	NON	
P5-c3	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c5	NON	NON	P2G	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c6	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	
P5-c7	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c8	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c9	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c10	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c11	NON	NON	P1	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c13	NON	NON	P1DP2G	MODEREE	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c14	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	
P5-c15	NON	P3	NON	NON	NON	D	NON	NON	NON	NON	
P5-c16	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c18	NON	NON	P3GD	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c20	D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c21	NON	NON	P2D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c22	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c23	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c24	D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c25	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c26	NON	NON	I	NON	NON	GD	NON	NON	NON	NON	
P5-c27	NON	NON	NON	FORTE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c28	NON	NON	P2D	FAIBLE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c29	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c30	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c32	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c33	NON	NON	M1GM2G	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c34	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c35	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c37	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c38	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c40	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c43	NON	NON	P1D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c45	NON	NON	P2P3	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c47	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c49	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c51	NON	NON	P1D	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c52	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c53	NON	NON	P1D	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c54	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
P5-c55	NON	NON	NON	NON	NON	GD	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1281	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1201	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1202	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1203	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1204	NON	NON	P1GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1205	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1206	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1207	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1208	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1210	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1211	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1212	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1214	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	
MNHN-1215	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1216	NON	NON	P1D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1218	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1219	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

INDIVIDU	DEDOUBLEMENT des P1	FORME des P3	ABSENCE d'au moins une dent	MALADIE PARODONTALE	PERFORATIONS du PALATIN	CANINE AVANCEE	ROTATION P1	ROTATION P2	ROTATION P3	DEPRESSION FRONTAL	Remarques
MNHN-1220	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	
MNHN-1221	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1223	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1224	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1226	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1227	G	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1228	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1229	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1230	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1232	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1234	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1235	NON	NON	P1G	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1236	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1237	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	
MNHN-1238	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1239	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1241	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1242	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1243	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1244	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1246	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1247	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1248	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1249	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1250	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1251	NON	NON	P3GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1252	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1253	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1254	GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1255	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1257	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1258	GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1259	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1260	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1261	NON	NON	P1D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1262	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1264	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1265	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1270	NON	NON	P1D	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1271	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1272	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1273	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1275	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1276	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1277	NON	NON	P4D	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1278	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1279	NON	NON	P2GDP3G	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1281	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1282	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1283	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1284	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1285	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1286	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1289	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1290	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1292	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1293	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1294	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1296	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1297	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1298	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	EXTGD	NON	
MNHN-1299	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1300	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1301	GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1302	NON	NON	P2D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1304	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1305	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1308	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1309	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1310	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1313	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1314	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1316	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1320	NON	NON	P1DP2D	MODEREE	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1323	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	INT	NON	
MNHN-1324	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1328	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	M3D surnuméraire
MNHN-1333	NON	NON	P3GD	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1337	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1945	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-256	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-258	D	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1995-237	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1996-2468	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
MNHN-1985-1227	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

Annexe 5 : Mesures en morphométrie classique

INDIVIDU	mes3	mes7	mes8	mes9	mes13	mes14	mes15	mes16	mes17	mes23	mes24	mes25	mes26	mes29	mes31	mes32	mes33	mes35	mes36	mes37	mes38	mes39	mes40
c1	158	85.5	83.6	102.9	85.6	27.8	58.9	19.4	41.5	56.0	55.0	30.5	44.0	55.5	33.5	45.0	39.3	30.6	30.2	29.4	47.2	42.2	41.5
c2	159	88.0	98.3	105.1	90.6	29.7	59.2	15.0	44.5	63.4	59.8	34.3	48.9	53.5	33.5	48.1	33.3	34.0	33.4	30.7	59.0	49.4	46.3
c3	154	81.6	87.1	106.6	86.6	27.4	60.8	17.3	45.5	63.9	62.0	35.0	49.3	52.0	36.0	56.8	36.9	36.0	36.7	30.2	51.4	48.2	40.3
c4	153	80.3	84.0	100.2	85.0	24.3	72.1	16.9	55.4	56.5	55.5	30.8	51.0	51.4	30.8	45.4	31.0	29.5	30.2	28.8	48.6	46.0	40.0
c6	150	88.1	85.2	94.3	80.3	22.2	56.7	15.4	43.0	59.2	60.0	33.3	48.3	52.0	37.9	57.3	39.0	31.0	33.7	27.6	53.8	51.1	38.4
c7	153	85.4	87.3	95.9	83.8	26.6	59.3	16.3	45.4	60.4	60.0	34.0	47.1	52.3	38.5	55.7	40.2	33.8	34.2	27.1	53.0	47.0	39.8
c8	141.6	89.0	80.4	89.8	80.3	27.8	54.7	14.1	41.4	60.7	57.8	31.6	46.7	50.6	34.7	49.7	34.0	34.7	33.5	27.0	52.6	47.1	39.2
c11	155	84.4	85.7	103.5	86.3	31.5	58.7	18.3	44.3	63.9	60.6	34.2	47.9	48.2	37.6	48.9	34.8	35.0	35.7	29.6	49.9	45.1	40.2
c12	159	87.0	90.5	103.1	89.3	30.7	60.4	18.1	46.7	62.4	60.3	38.4	53.9	53.1	36.7	53.4	39.4	41.7	41.1	30.3	56.9	49.9	47.5
c13	154	77.9	84.7	101.9	85.5	29.2	58.2	16.1	43.9	63.2	59.8	35.7	48.1	53.2	32.2	46.3	30.5	32.7	34.6	29.7	47.7	45.9	39.1
c15	158	79.0	85.2	97.7	86.7	31.2	62.1	18.3	45.8	60.6	56.5	35.1	52.9	51.1	36.8	46.8	34.3	30.7	32.1	28.1	50.0	45.6	40.0
c16	160	88.5	83.7	100.8	88.4	32.8	61.7	18.6	45.9	62.9	60.5	33.5	48.0	54.9	38.2	54.6	35.6	35.0	37.1	29.8	53.6	49.6	40.6
c17	154	85.5	81.3	95.1	82.7	29.5	62.3	18.0	45.7	56.8	55.4	33.5	48.0	52.3	35.4	45.3	34.2	26.2	28.1	26.3	47.7	45.6	37.2
c20	153	76.9	87.6	104.3	85.4	28.9	62.3	17.8	47.1	57.2	56.0	30.6	50.0	51.1	37.8	51.9	34.1	28.4	29.5	28.4	49.4	45.2	39.9
c21	159	86.4	88.9	104.8	87.4	30.4	62.3	17.6	46.0	55.7	55.1	32.0	48.8	52.4	36.8	44.8	36.2	30.8	32.1	27.8	51.2	43.9	37.7
c23	156	87.8	87.8	96.4	84.7	27.7	59.8	16.1	45.3	61.6	58.5	33.6	47.1	52.5	31.0	48.1	36.0	33.0	34.1	27.6	52.2	50.1	37.9
c25	153	82.8	80.3	99.5	84.2	29.6	61.0	16.0	45.4	57.0	56.4	32.4	46.7	51.7	35.2	46.2	36.1	29.4	31.6	26.4	44.5	40.7	35.2
c27	138	75.5	77.2	88.0	77.0	24.6	63.4	15.8	50.0	58.4	53.0	31.6	47.4	56.3	37.1	43.5	32.0	31.3	31.2	28.2	45.0	41.1	37.4
c29	140	76.4	85.2	94.9	71.4	25.1	52.7	15.6	39.7	57.1	55.6	31.7	44.3	51.7	31.0	42.0	28.9	30.8	31.2	27.6	45.6	43.9	37.9
c30	134	76.2	76.2	86.7	72.6	26.0	50.1	15.7	36.9	54.3	53.4	30.9	42.3	51.4	34.3	46.5	32.4	28.7	31.2	27.2	47.8	43.1	36.5
c31	152	82.2	86.6	99.9	86.0	32.3	59.5	14.9	44.9	59.0	56.5	30.5	46.7	51.9	37.1	49.8	34.2	29.6	30.8	29.4	52.6	45.4	39.4
c32	138	69.7	79.6	89.5	76.3	26.5	56.9	15.9	45.2	57.5	54.3	31.3	44.3	49.4	33.3	38.7	26.6	31.0	31.6	26.2	45.0	44.4	34.2
c33	175	90.3	95.4	115.4	95.7	34.9	65.9	21.0	48.9	64.6	63.3	36.6	54.0	49.8	31.6	64.0	38.6	32.4	34.4	32.5	52.4	46.2	43.9
c34	165	85.2	90.6	108.2	92.0	31.4	62.3	16.3	47.0	65.0	62.2	35.5	48.7	53.5	38.6	51.5	35.5	32.7	33.8	29.1	53.3	49.9	42.1
c35	155	81.0	99.6	81.3	84.3	27.5	58.2	17.4	43.6	57.0	56.5	30.9	46.6	52.0	36.2	46.6	33.0	30.6	32.0	28.2	46.5	45.0	37.7
c37	148	73.9	83.4	98.1	82.9	29.9	60.1	16.5	43.8	54.6	53.4	30.6	48.3	50.7	33.1	46.4	30.5	27.1	28.9	28.6	48.4	44.6	37.9
c38	140	77.5	72.0	87.6	78.9	29.2	55.9	16.4	42.1	53.8	52.5	31.2	46.2	53.6	32.8	42.2	31.0	28.7	29.9	28.1	47.6	44.0	36.0
c39	162	83.9	87.7	103.3	87.1	31.6	63.9	17.1	49.5	61.7	59.1	34.4	51.9	54.0	34.6	45.9	31.8	31.0	33.0	30.6	51.8	48.3	41.7
c40	165	91.7	91.0	106.7	92.1	31.8	62.7	16.9	48.6	67.8	64.9	36.9	52.5	55.3	34.4	53.4	34.5	34.5	36.5	30.2	58.9	49.8	44.7
c41	154	83.3	84.8	95.6	83.1	25.8	57.5	16.1	44.5	60.6	59.1	34.3	46.9	55.2	35.3	51.2	33.2	30.6	32.8	28.8	52.2	45.6	39.3
c42	155	80.8	83.2	104.6	85.3	27.8	62.0	16.8	47.6	56.6	56.0	32.4	47.7	51.3	36.2	51.3	31.9	30.6	31.1	29.0	47.6	44.1	37.9
c44	146	79.7	76.6	92.2	81.7	29.0	59.3	17.0	43.3	58.1	56.8	35.3	46.0	53.9	37.8	46.4	32.3	32.4	34.2	27.6	48.2	45.6	40.5
c46	132	66.6	74.6	86.5	75.5	23.0	49.6	14.9	37.7	56.6	55.0	27.9	44.9	49.9	38.6	54.9	35.6	30.2	31.7	26.3	46.9	40.7	35.5
c47	149	79.4	88.4	101.0	83.5	26.0	59.7	16.6	45.4	60.8	58.8	35.7	46.1	52.5	34.4	44.8	23.6	32.2	34.4	29.0	48.9	47.6	38.7
c49	145	68.5	83.3	98.9	81.7	29.5	60.7	17.1	47.1	61.2	59.7	32.8	47.2	51.0	35.2	40.0	29.1	33.4	34.4	27.5	46.8	43.4	39.5
c50	140	77.1	79.3	90.2	75.9	22.2	53.7	15.1	41.7	56.0	55.1	30.9	44.1	53.6	31.1	44.6	29.5	28.3	29.4	25.7	50.0	44.3	36.7
c51	132	75.6	75.9	89.5	69.9	19.0	48.0	13.9	36.7	52.1	49.3	28.7	39.2	50.8	31.1	42.3	31.0	26.4	28.1	25.2	45.4	44.8	34.9
c53	137	53.6	77.5	89.6	77.2	24.8	53.8	16.2	40.3	55.6	53.2	31.2	44.5	51.4	32.8	41.3	29.9	28.2	29.6	27.7	48.2	44.1	36.1
c54	163	85.1	94.1	104.5	91.8	32.3	63.3	16.5	49.6	64.9	61.5	36.2	48.1	50.7	32.0	47.7	35.3	35.3	36.2	30.5	54.5	47.7	42.2
c55	164	87.2	92.8	102.3	92.8	32.3	61.0	16.0	46.7	67.9	65.1	38.7	55.0	56.3	36.6	55.4	37.0	37.3	29.5	59.5	47.8	44.7	
c56	161	83.2	81.7	101.1	86.3	29.5	65.2	18.2	47.5	57.7	56.5	33.5	49.0	53.3	38.2	57.2	39.0	29.6	31.9	28.3	47.9	41.8	38.6
c62	168	87.5	89.3	105.7	92.8	36.2	68.0	21.7	59.1	60.0	58.8	34.0	51.6	47.9	30.3	49.7	34.5	30.5	33.4	28.8	48.9	41.8	39.6
c63	166	87.4	90.5	110.7	90.3	32.9	68.2	20.3	51.9	59.9	57.8	34.3	51.8	55.5	34.2	45.3	33.1	31.5	31.9	30.2	50.3	44.5	41.2
c72	147	77.9	88.3	102.2	84.5	29.6	61.2	18.6	41.1	60.5	59.0	33.5	49.8	52.2	33.3	49.3	32.8	32.6	35.0	27.0	45.6	44.1	37.3
c79	144	78.2	80.0	91.2	75.5	21.8	56.3	15.4	42.8	56.3	55.5	30.4	43.5	50.9	32.6	48.4	32.0	27.5	30.2	26.5	52.3	46.0	39.4
c83	151	80.8	87.6	97.8	84.0	27.7	58.9	19.1	44.3	62.1	60.9	33.5	47.0	52.8	33.2	49.4	33.6	32.5	35.8	27.4	52.5	43.5	39.0
c84	133	71.2	74.6	90.4	74.0	26.0	54.2	15.8	40.1	57.5	55.8	31.1	45.8	54.1	37.7	42.3	33.2	32.1	30.8	27.5	45.5	44.9	33.9
c85	163	86.9	94.2	106.1	90.5	32.6	60.6	16.9	46.6	63.7	62.9	35.1	48.6	55.0	35.5	53.5	38.7	34.2	36.2	28.1	57.1	47.5	41.9
c86	166	83.4	78.2	107.2	88.6	33.0	67.0	19.4	49.9	56.7	55.1	33.8	52.4	51.0	35.8	47.0	35.5	28.5	30.2	29.4	51.0	42.5	37.4
c90	177	92.4	97.8	114.2	102.4	35.2	65.2	16.1	50.5	73.1	70.5	40.3	52.5	58.2	39.9	62.1	40.3	36.5	39.2	31.3	58.3	52.2	44.4
c92	161	82.1	85.2	100.5	90.0	33.4	60.2	17.9	45.4	61.9	60.8	33.8	52.5	55.7	32.1	42.4	29.0	29.7	31.6	30.8	52.9	46.4	42.7
c94	130.5	69.3	78.1	92.5	73.6	22.3	50.1	15.7	38.7	55.9	53.6	29.6	42.7	53.1	36.8	42.9	29.5	31.7	31.3	26.7	44.3	43.9	33.6
c95	147	79.7	81.1	93.9	81.8	27.2	54.9	14.6	43.1	59.4	59.5	33.2	47.2	53.0	37.0	59.0	39.4	32.2	35.8	27.7	52.6	43.2	39.9
c98	158	86.2	89.9	104.2	87.7	26.7	58.9	17.3	43.7	61.6	61.0	35.0	44.0	58.1	37.5	49.6	35.2	31.7	34.6	27.7	54.7	46.9	38.4
c99	173	88.9	103.0	114.1	96.8	31.8	67.0	18.2	50.8	70.7	67.3	38.9	53.9	58.3	36.1	53.7	38.6	36.7	37.7	32.0	53.5	48.5	41.9
c100	164	83.3	90.3	113.5	90.2																		

INDIVIDU	mes3	mes7	mes8	mes 9	mes 13	mes 14	mes 15	mes 16	mes 17	mes 23	mes 24	mes 25	mes 26	mes 29	mes 31	mes 32	mes 33	mes 35	mes 36	mes 37	mes 38	mes 39	mes 40
P24	172	89.9	95.2	113.7	96.8	32.2	65.7	17.6	48.4	67.3	66.5	39.0	52.5	58.7	34.2	64.7	39.7	36.2	39.3	31.3	56.3	49.0	43.3
P25	145	78.1	86.9	97.0	81.6	25.2	58.8	15.8	45.6	57.9	55.8	31.2	43.8	55.3	34.9	47.5	33.6	29.3	31.2	27.9	48.8	43.6	40.5
P26	144	81.3	87.4	96.2	80.1	23.2	53.7	16.5	41.3	59.9	56.6	33.8	46.1	53.8	30.0	47.9	31.8	30.8	31.4	28.0	50.8	45.0	36.4
P27	149	81.5	85.5	100.3	82.8	27.6	58.7	14.7	44.8	59.3	58.2	31.9	45.4	54.1	36.7	53.2	37.7	30.2	33.9	26.8	53.1	49.0	39.3
P28	160	90.0	95.8	109.2	89.3	29.0	64.9	16.0	50.4	61.5	59.9	34.6	49.1	59.4	41.2	53.3	37.2	33.4	35.8	28.3	56.5	49.4	39.1
P29	160	93.8	95.3	104.2	86.7	27.8	59.2	17.3	44.7	63.6	61.3	35.8	47.6	58.0	37.8	53.7	37.8	33.4	34.9	29.2	53.9	48.6	41.0
P30	145	81.4	85.0	94.7	78.0	22.6	59.5	18.3	45.2	56.2	55.7	30.9	46.9	55.1	34.1	47.4	35.0	33.2	31.1	27.1	54.0	48.5	37.6
P32	156	78.1	84.3	100.0	86.1	26.0	62.0	20.0	45.7	56.6	55.5	31.5	49.2	53.6	30.0	40.5	29.7	31.5	30.4	29.1	49.2	44.4	34.4
P33	153	86.1	89.8	103.2	87.0	31.6	56.9	24.1	31.0	62.9	60.7	33.7	49.8	51.5	30.7	46.4	32.6	34.2	33.0	29.9	55.0	48.8	40.7
P34	148	82.2	81.7	96.6	83.0	25.8	56.3	18.1	42.9	59.3	57.3	34.3	45.1	53.9	34.8	47.0	31.7	30.4	30.8	28.1	53.0	48.0	39.9
P35	145	78.4	82.1	92.0	80.3	22.8	54.2	16.3	40.6	58.2	56.3	34.7	45.3	54.4	33.7	50.5	35.5	30.7	33.0	27.5	48.8	45.5	37.4
P37	138	76.1	77.2	89.0	76.5	24.6	57.5	18.7	42.9	60.0	59.0	33.5	45.8	52.7	35.2	42.6	30.5	34.0	32.8	27.9	47.8	47.2	36.3
P38	141	71.9	71.9	91.8	76.8	25.5	58.3	17.5	43.8	52.0	49.4	27.3	42.9	48.0	31.4	43.5	33.2	25.8	24.7	24.8	45.5	41.7	35.6
P40	159	84.7	91.3	102.0	88.6	28.8	60.0	17.5	44.5	64.0	61.4	32.7	46.3	51.6	35.5	48.7	36.4	33.0	33.5	27.3	54.0	47.0	42.1
P42	141	79.7	78.8	89.0	77.1	24.0	56.1	14.6	43.6	54.7	53.5	31.5	41.5	53.7	29.2	45.3	33.1	31.1	29.3	26.3	48.3	41.0	36.0
P43	155	85.1	90.6	103.1	88.2	34.0	60.3	16.3	45.8	60.1	58.8	35.1	47.1	56.2	35.3	45.9	31.2	29.8	32.8	29.0	53.8	49.2	38.8
P45	141	74.3	78.1	94.1	76.8	24.4	56.9	17.7	41.6	58.6	55.1	30.4	45.7	51.5	34.6	42.8	29.9	27.9	30.0	25.7	46.7	43.6	36.1
P47	159	84.8	88.4	102.0	86.3	31.8	63.4	18.9	49.1	59.4	58.0	31.3	47.9	54.9	31.9	47.9	36.2	33.2	33.3	28.8	49.4	44.8	37.3
P49	147	81.5	86.9	100.0	82.5	27.2	59.0	17.8	44.0	58.4	57.5	32.7	46.0	53.9	37.2	50.2	34.5	31.7	32.7	26.7	50.4	45.9	38.6
P51	157	87.5	88.2	98.9	83.2	24.4	63.0	18.0	48.0	61.7	60.5	33.5	47.5	55.5	37.2	55.2	36.5	33.2	34.5	27.5	57.3	47.7	40.4
P52	165	83.5	84.2	108.6	88.8	32.2	65.3	20.1	47.6	59.1	57.1	34.5	49.4	54.7	33.0	48.4	33.6	32.5	32.1	30.1	54.7	46.7	37.8
P53	166	90.0	93.8	107.7	91.8	28.8	62.3	17.9	47.8	66.5	62.9	37.3	50.0	53.7	38.3	51.3	37.7	34.4	34.8	28.1	57.5	52.4	42.7
P54	143	78.0	82.0	97.8	84.0	27.8	60.7	15.9	47.4	57.1	55.9	30.7	46.1	51.8	35.0	40.1	30.7	32.9	32.6	27.6	47.5	45.8	33.4
P55	121	65.5	65.0	78.8	69.7	22.0	51.3	17.7	39.0	51.2	49.8	31.7	43.2	52.3	31.2	34.2	22.5	28.1	28.7	25.9	46.5	45.4	32.9
N1	150	84.5	90.8	97.8	83.9	29.3	61.4	20.8	47.5	66.3	66.1	36.0	51.2	55.1	40.5	57.6	39.5	38.0	37.6	30.3	56.2	48.0	39.3
N2	159	85.0	90.3	103.1	86.7	29.4	63.1	20.0	45.5	59.0	58.6	35.6	53.1	55.9	35.7	53.3	37.5	32.5	34.9	29.8	51.7	45.8	39.8
N3	163	88.1	93.5	105.7	89.7	33.1	62.5	19.2	46.5	62.4	60.8	36.6	51.5	56.7	36.2	56.5	39.5	35.6	35.9	28.3	52.6	43.0	41.3
N4	138	76.0	75.6	91.3	75.5	23.3	57.0	17.6	43.6	53.8	52.1	33.2	43.8	50.2	35.0	45.3	31.8	27.3	29.7	25.7	48.1	47.3	35.5
N5	169	89.4	89.6	109.0	90.0	32.2	66.5	21.2	49.1	61.9	60.8	34.1	51.4	57.1	35.8	49.8	33.6	32.2	33.3	32.0	52.8	45.8	41.9
N6	150	78.6	77.5	95.8	82.3	29.7	59.4	18.6	44.0	57.2	55.0	30.4	46.8	55.0	33.0	44.5	30.3	27.9	29.7	28.1	49.6	45.9	37.5
N7	156	87.0	97.2	105.9	91.2	33.1	66.3	19.1	51.7	58.9	56.8	31.2	46.2	52.6	34.8	47.1	36.3	32.4	33.9	28.8	53.5	46.9	39.8
N8	154	78.3	85.8	101.6	86.7	29.5	62.1	17.8	45.9	59.5	57.3	32.7	49.2	53.1	29.8	46.5	31.4	30.0	31.7	28.5	49.4	42.8	38.5
N9	144	79.7	82.5	94.0	80.6	26.9	56.2	15.6	42.1	58.5	57.8	34.2	47.9	52.8	33.5	45.0	31.3	29.4	31.2	28.2	52.3	46.6	38.6
N10	146	76.6	77.3	93.5	82.7	28.6	57.8	17.5	44.4	59.2	56.8	33.4	47.5	49.9	35.7	52.5	33.2	30.7	32.5	28.2	48.2	43.9	37.1
N11	149	75.1	86.3	95.7	83.9	29.1	64.5	19.3	49.5	59.1	56.0	34.6	48.1	50.2	37.6	42.3	29.8	32.6	32.6	25.4	49.7	48.3	39.4
N12	150	81.6	86.5	97.0	83.3	28.8	59.0	18.0	44.6	60.2	57.5	33.4	47.6	53.5	38.9	53.2	34.0	30.6	32.6	27.6	52.3	47.8	37.9
N13	161	85.7	86.1	104.5	91.1	31.8	66.1	20.0	49.0	59.4	57.6	33.8	49.6	55.6	35.3	46.9	35.4	20.1	32.7	27.0	50.2	45.7	39.4
N14	146	81.4	79.9	94.3	78.9	26.7	59.4	17.1	47.5	58.8	57.1	31.8	46.2	52.5	33.3	46.1	31.7	29.2	31.7	25.6	49.8	44.2	38.9
N15	153	84.2	81.1	100.5	89.3	32.8	60.1	17.1	46.2	57.8	56.2	31.7	45.9	52.6	28.0	43.1	28.9	31.1	31.8	30.0	50.5	43.3	33.4
N16	155	79.5	84.0	101.6	84.3	28.9	59.8	18.7	43.8	58.5	57.0	35.1	48.7	53.7	33.9	50.3	33.3	29.9	32.8	26.8	51.1	45.7	38.5
N17	128	72.3	70.3	83.2	73.7	24.7	54.7	17.5	41.7	52.2	51.3	30.7	40.1	50.3	33.6	40.7	20.6	26.6	28.2	27.1	44.2	39.9	34.7
N18	149	83.7	87.0	95.4	84.8	28.4	62.2	18.2	47.3	59.2	56.1	31.1	45.7	49.8	34.3	44.4	31.6	30.9	33.5	27.3	53.0	44.3	38.9
N19	141	79.6	82.1	92.7	80.2	27.0	56.3	16.9	42.5	59.2	57.9	33.6	46.4	54.3	33.0	45.9	29.3	30.9	33.3	29.0	50.5	45.8	38.3
N20	143	76.1	76.7	92.5	77.4	27.5	54.4	18.8	40.3	57.9	57.8	31.5	46.2	54.0	37.0	49.0	32.9	31.5	33.1	29.5	48.0	45.4	38.2
N22	156	87.7	86.2	104.6	84.0	28.6	62.0	19.0	45.4	58.9	56.3	32.5	48.9	53.7	37.1	53.5	37.0	31.5	33.0	30.3	52.6	47.7	39.5
N23	161	84.6	90.1	106.8	88.2	30.3	64.7	19.1	49.2	59.3	56.9	32.8	46.9	55.3	36.4	48.8	35.5	30.3	32.8	29.3	52.8	46.5	39.8
N24	148	77.7	79.1	92.9	83.2	29.8	60.1	16.9	47.3	61.8	58.8	31.4	44.5	51.7	34.9	49.2	33.5	30.2	31.9	26.4	47.9	43.4	36.6
N25	141	77.6	75.8	91.4	77.6	26.9	57.2	17.1	42.2	55.1	52.3	30.3	47.1	51.5	33.1	44.2	30.6	27.2	28.2	27.9	48.9	39.2	36.5
N26	129	67.1	72.3	85.5	70.6	19.4	52.3	14.6	39.2	51.0	48.6	28.5	39.8	47.2	29.7	40.7	29.3	27.0	28.7	24.1	42.8	41.3	33.3
N27	153	82.7	85.5	97.6	86.8	29.9	62.7	18.2	47.8	62.7	60.0	36.3	49.1	52.7	36.9	52.9	36	35.4	36.6	29.2	53.2	45.9	39.8
N28	159	86.6	90.3	98.9	83.2	25.9	60.9	20.3	44.8	60.2	60.4	30.4	45.5	53.7	34.2	50.3	36.5	31.8	35.5	29	53.2	47.1	38
N29	153	82.7	84.7	97.1	87	29.8	62.1	18.9	48.4	62.5	59.9	36.3	48.4	54	37	52.8	36	35.2	36.7	29.2	53.4	47.6	40.2
1985-1205	158	85.3	93.7	112.4	88	30.2	63.5	17	48.4	55.5	54.8	30.4	42.3	53.8	34.3	49.5	35.8	32.2	33.4	28	54.8	50.5	42.8
1985-1208	167	89.9	92.3	105	93.9	34.1	65	19.4	50	60.2	62	35.1	49.6	59.2	40.4	56.5	38.1	35.9	36.9	30.5	57.8	56.6	46
1985-1210	114.2	62.6	61	72.9	65.8	20.6	46.8	16	34.8	46.4	46.2	26.9	36.6	52	33.8	37	24.5	25.1	26	25.4	46.1	46.1	34.7
1985-1211	209	107.3	119	136.1	118.1	40.1	77.2	24.1	59.2	77.5	75.												

INDIVIDU	mes3	mes7	mes8	mes 9	mes 13	mes 14	mes 15	mes 16	mes 17	mes 23	mes 24	mes 25	mes 26	mes 29	mes 31	mes 32	mes 33	mes 35	mes 36	mes 37	mes 38	mes 39	mes 40
1985-1251	202	111.2	111.9	124.6	116.4	39.9	72.5	21.6	56.5	73	71.5	41.3	56.5	64	40.6	61.1	40.3	36.8	41.4	34.5	47.4	56.4	52.2
1985-1252	154	84.6	86.1	97	89.1	31.5	57.4	16.2	43.5	60.2	59	36.9	45.7	57.3	36.9	50.5	33.8	31.4	31.2	29.1	32	55.7	53.8
1985-1253	146	83.6	89	100.7	86.7	26.6	58.2	17.6	42.6	55.1	55.2	31	43.3	57.6	37	49.1	32.3	32.5	33.7	29.1	53.8	53.6	43.6
1985-1257	141	82.9	87.7	104.2	83.2	27.1	58	16.9	41	58.9	58.3	32.9	43.5	57.2	39.3	54	33.7	31.9	33.6	30.2	53.3	52.8	41.2
1985-1258	155	85.2	89.1	99.9	90.8	30.5	62	17.9	46.5	60.4	59.2	36	47	60	36.6	48.4	36.8	34.2	35.2	28.1	55.5	53.7	47.6
1985-1259	160	77.8	98.5	102	92.5	28.5	59.4	17.2	44.8	60.2	59.8	37.9	48.4	59.4	39.7	54	37	33.7	34.2	28.7	52	51.6	42.3
1985-1260	154	83.4	89	100.3	89.8	30.1	61.3	17.5	47.1	57.5	54.8	32.3	44.8	53.8	34.2	49	34	32.5	33.6	28.3	55.3	50.8	43.2
1985-1261	185	100.4	95.4	103.1	105.2	36.3	71.8	23.8	54.9	69.3	68.2	39.2	54.3	62	45.3	62.8	40.1	36.8	39	32.8	66.6	59.5	48.6
1985-1262	226	114.1	121.9	142.4	124.5	43.3	78.6	23.5	58.8	86.1	84.6	49	68.1	62.6	45.5	67.9	49.7	45.4	47.5	40	74.3	66.4	56.7
1985-1264	146.7	87.2	84.1	93	84.6	25	58.8	18.4	43.6	53.7	55.6	31.7	40.9	55.7	39.2	48.1	31.3	30.9	32.2	32.5	55.2	55.9	40.2
1985-1265	168	93.5	96.4	113.6	98.5	32.8	65.4	20	50.1	61.8	61	36.4	49	56	36.7	54.4	34.9	31.7	35	31.2	60.1	56.8	47.7
1985-1270	156	89.4	97	98.5	87.1	28.6	59	18.2	44.5	57.4	57.6	31.8	44	55.5	36.8	53.4	35.9	31.8	32.9	28.2	58.2	57.1	45.4
1985-1271	202	104.7	108.3	127.6	114	38.7	74.5	19.8	58.3	72.6	69.8	39.7	57.9	59.4	41.9	64.4	44.3	36.6	42	31.6	71.8	60	52.4
1985-1272	144.7	74.3	82.8	99.6	82.3	28.3	57.6	16.9	44.5	57.1	56	33.8	44.2	54.1	34.9	52	32.6	29.3	31.9	28.4	52.5	52.5	41.4
1985-1273	124.8	70.6	71.6	81.1	72.3	24.5	49	15.8	36.6	50.6	51.3	29.2	37.4	52.2	35.8	42.6	25.8	24.9	26.3	27.8	48.4	48.1	37.7
1985-1274	189	99.5	106.3	123.9	108.1	37.1	72.1	22.5	54.5	63.3	61.6	36.6	50.8	54.6	37.3	58	42.9	34.8	38.1	32	63.2	52.7	48.5
1985-1276	190	94.3	104	125.4	105.3	37.2	70.9	22	53.6	68.7	66.4	41.6	55.9	61.8	38.7	66	48.8	38.5	41	31.8	63	55.4	47.4
1985-1281	154	91.9	96.1	108.9	90.8	30.9	62.9	18.5	47.2	60.4	59	33.9	46.7	56.6	38.4	48.7	34	34.1	34.5	31.3	63.7	58.8	48.1
1985-1282	126	68.5	86.8	88.8	75.3	40.6	53.6	17.6	39.1	47.6	47.8	25.3	36.8	53.3	32.1	41.8	27.4	27.8	29.5	26.6	44.6	44.6	33.1
1985-1283	185	100.8	108.9	124.7	106.4	35.3	64.8	14.1	51.9	65.5	62.3	38.4	50.8	60.4	41.7	56.3	39.1	36	39.3	33	64.5	62.3	52.2
1985-1284	202	101.9	118.9	138.3	120.6	43.8	75.9	20	55.9	74.2	70.8	41.3	59.7	58.7	38.6	61.7	38.7	37.7	42.3	34.7	70.7	67.7	56.7
1985-1285	202	106.6	116.5	127.3	111.2	37.3	76	20.8	58.3	69	63.8	41.2	55.3	57.4	39.2	62.9	43.9	31.8	36.8	31.7	71.6	58.2	53.7
1985-1286	161	89.1	90.5	107.3	90.4	30.6	60.3	17	45.4	60.5	60.8	30.7	42.3	56.9	34.6	52.1	35.8	32	33.1	29.2	59.3	54.6	40
1985-1289	123.1	64.8	69.5	85.8	73.2	21.4	54	17.2	42.1	46.2	46.8	27.7	36.9	52.6	34.9	38	27.3	24.4	26.3	28.6	48.1	48.1	32.1
1985-1292	154	90.1	88.6	106.2	87.4	31.6	62.5	15.9	49.6	63.6	64.1	35.3	48.9	56.1	36.1	44.9	32.9	33	33.5	30.3	59	51.9	47.5
1985-1293	202	107.5	123.1	134.5	109.6	33.8	78.5	21.5	56.4	72.9	76.6	43.7	56.4	58.5	38.4	58.1	42.6	36	39.3	35.9	66.9	63	50.8
1985-1294	202	104.9	118.1	136.4	109.1	32.5	75.6	18.7	58	74.2	72.2	43.5	58.7	62	40.3	54.7	39.5	34.7	38.5	34	63.6	61.5	52.3
1985-1296	240	125.3	136.8	155.2	133.8	46.6	83.3	24.8	63.4	87.6	86.5	52.2	74.2	67.4	46	71.2	55	47.4	53.3	39.6	84.9	69.1	63.7
1985-1297	170	90.6	99.5	105.5	98.2	31.8	62	20.5	47.1	68.3	67.5	40.3	52.5	58.4	41	56.2	38.3	35.7	37.1	31.3	55.2	53.9	46.6
1985-1298	167	82.7	84	101.4	89	28.8	55.7	17.8	43.5	63.2	62.4	33.3	46.2	55.2	29.6	48.8	29.3	33.3	38.1	33.6	58.2	55.6	48.3
1985-1299	200	101.2	128.2	146.8	112.6	40.3	77.4	21.3	58.8	65.8	65.1	41.9	54.6	65.4	32.8	51	33.3	32.6	37.3	32.8	65.3	56	51.8
1985-1300	185	105	105.5	113.8	105.2	18.4	72.3	18.7	57	64.9	64.4	38	51.7	58.4	36	53.7	39.7	38.1	43.5	32.3	69.8	55.9	51.9
1985-1301	178	100.1	99.4	108.4	102	32.7	64.2	22.4	49.1	66.1	67	39.5	53.3	59.8	42.2	54.9	40.2	38.3	41.6	30.3	65.7	60.1	54.3
1985-1302	217	112.1	113.8	127.7	114.5	36.4	73.9	24.4	55.7	76.6	77.2	48.1	57.9	62.6	41.6	56.3	46.6	43.3	45.9	35.9	67.3	58.2	55.5
1985-1304	180	109.5	98.1	106.2	95.6	35.3	54.3	15.9	41.4	73.7	78.8	44.4	59.6	62.4	41.6	75.4	50.1	45.8	47.2	37.7	67.4	63.5	54.5
1985-1305	208	120.4	116.2	125.6	121.6	42.1	71.1	21.1	53.1	88.5	85.2	48	66.9	68.1	37.2	62.4	43.4	53.1	55.1	40.7	81.7	65.6	64.7
1985-1307	94.5	50	47.5	66.8	50.7	14.9	37.8	11.3	28.7	39.9	42.3	25.7	32.9	47.2	39.3	35.4	23.8	21.4	22.3	24.4	44.4	44.4	27.3
1985-1308	127.4	65.9	69.7	82.7	70.9	23.2	51.4	14.6	37	50.1	48.4	29.4	34.7	52.4	32.2	35.2	23.3	26.3	27.1	24.6	52.1	52.1	40.1
1985-1309	124.6	69.3	76.9	89.4	79.2	26.6	54.6	16	40.9	46.7	46.1	24.7	34.1	52.9	27.5	31.1	23.1	25.8	24.9	28.1	46.3	44.8	35.1
1985-1310 (note 110)	174	100.3	98.8	104	96.4	34.8	67.5	18.4	50.2	64.2	61.8	36	51.1	54.9	34.1	54.2	37.9	34	36	31.7	66.1	52.2	48.8
1985-1312	220	124	124.8	137.7	118.7	41.3	73.1	22.1	55.6	86.5	85.6	50.5	71.9	65.1	43.8	71.1	50.3	46.8	49.9	42.8	81.1	65.5	65.9
1985-1313	165	84.7	85.9	95.2	84.4	25.7	61.2	16.8	47.8	57.8	57.9	30.6	42.5	54.7	35.3	52.5	33.5	30.1	31.7	28.7	55.8	51.9	43.2
1985-1314	144.5	79.7	85.4	97.6	84	29.3	56.1	18.6	41.7	54.8	55.3	31.2	44.5	58.5	39.8	54	33.8	30.5	31.4	30.1	56.7	57.5	42.2
1985-1320	119.3	63.2	71.3	80	70.8	24.3	46.3	15	34.5	46.3	46	27.6	36.1	49	26.3	31.9	21.6	25	25.8	25.9	46.5	46.5	32.5
1985-1323	183	100.2	94	107.2	100.3	36.7	61.3	22.2	46	68.7	68.1	37.3	56	59	38.2	60.2	41.4	41.1	44.5	32.5	67.4	61.9	56.9
1985-1324	161	84	96.9	114.1	93.9	31	64.9	18.1	51.4	54.3	56.6	30.8	43.3	51.4	29.8	40.8	29.1	31.7	35.7	27.8	55.4	47.8	43
1985-1327	182	96.4	99.8	117.2	101	35	67.3	18.8	51	65.2	64.9	39.4	51.7	56.6	37.9	58.2	38.7	38	41.2	31.7	61.4	57.4	50.6
1985-1333	132.6	75.3	78.1	92.7	79.1	25.6	57.1	14.4	42.4	49.3	49.2	27.1	38.5	53.9	31.4	42.7	26.2	25.2	27.2	26.4	50.2	46.6	35.4
1985-256	150	78.5	85.2	93.6	85.5	31.2	58.3	19.5	44.8	59.9	59.4	34.7	47.8	54	34.8	47.1	34.5	32.9	34.3	29.1	54	53.1	42.5
1985-258	190	92.5	104.6	126.2	99.9	30.1	69.1	18.4	52.6	65.8	63.2	35.3	49.9	53.8	38.3	52.6	38.5	32.8	34	32.2	61.3	58.2	47
1988-254	204	106.3	123.6	142.4	113.3	37.3	78.1	20.2	60.5	73.3	69.3	43.7	60.5	59.1	38	60.1	42.7	38.4	43.3	34.3	72.3	63.7	54.9
1995-237	221	102.2	127.7	154.1	113.5	37.6	82.1	21.2	64.5	68.5	63.4	44.5	57.5	53.5	34.1	58.2	42.6	28.5	30.2	31.9	62.6	51.9	53.7
1996-2468	162	81.5	90	110.3	89.3	27.7	65.6	16.6	52	55.8	55.1	31.5	42.9	55.4	38.2	54.4	38.5	27.5	28.9	28.7	53.7	53.3	42.8
t83	153.1	82.7	86.3	99	83.4	28.4	57.9	17.3	43.5	59.1	56.9	31.4	43.7	51.5	36.4	54.9	41.1	30.6	33.1	27.3	49.5	46.8	40
212/1	161.7	92.6	93.4	108.1	91	31.3	62.																

Annexe 6 : Résultats des CAH et des analyses discriminantes (AD)

INDIVIDU	CAH MC	CAH MG	ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. CLASSIQUE (MC)							ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. GEOMETRIQUE (MG)						
			MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MC	MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MG
E9-c1	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	F	non
E9-c2	C	4	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c3	E	4	F	F	F	F	F	F	non	M	M	M	M	F	M	non
E9-c4	B	1	F	F	F	M	M	F	non	M	M	M	M	M	M	non
E9-c6	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c7	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c8	C	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c10		4								M	M	F	F	M	F	non
E9-c11	D	2	M	F	M	F	M	F	non	M	M	F	M	F	M	non
E9-c12	D	4	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c13	C	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c15	D	1	F	F	F	F	F	F	non	M	F	M	F	M	F	non
E9-c16	D	4	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	F	M	non
E9-c17	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	F	M	F	F	F	non
E9-c19		4								M	F	F	F	F	F	non
E9-c20	A		F	F	F	F	F	F	non							
E9-c21	A		M	M	M	M	M	M	non							
E9-c23	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c24		5								M	F	F	F	M	F	non
E9-c25	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
E9-c26		5								M	M	F	M	M	F	non
E9-c27	B	5	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c29	D	2	F	F	F	M	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c30	D		M	F	M	F	M	F	non							
E9-c31	C		F	F	F	F	F	F	non							
E9-c32	B	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c33	A	4	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c34	C	5	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c35	D	1	M	F	M	M	M	F	non	M	M	M	M	M	M	non
E9-c37	A	1	F	F	F	F	F	F	non	M	F	M	M	M	F	non
E9-c38	A	1	F	F	M	F	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c39	A	1	F	F	F	F	M	F	non	M	M	M	M	M	M	non
E9-c40	C	4	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c41	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c42	A	1	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c44	D	3	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c45		1								M	M	F	M	M	M	non
E9-c46	E	5	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c47	B	2	F	F	F	F	M	F	non	M	M	F	M	M	F	non
E9-c48		1								M	M	M	M	M	M	non
E9-c49	B	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c50	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c51	E	3	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c52		3								M	M	F	F	F	F	non
E9-c53	B	3	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c54	C	2	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c55	C	5	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	F	non
E9-c56	A	1	M	F	M	F	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c57		1								M	F	F	M	F	M	non
E9-c62	A	2	M	M	M	M	F	M	non	M	M	M	M	M	M	non
E9-c63	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c69		1								M	M	M	M	M	M	non
E9-c71		5								M	F	F	F	F	F	non
E9-c72	D	2	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
c9-c79	E		M	M	M	M	M	M	non							
E9-c83	D	2	F	F	F	M	F	F	non	M	M	F	M	F	M	non
E9-c84	D	1	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c85	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
E9-c86	A	1	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c89		3								M	F	F	F	F	F	non
E9-c90	C	2	F	F	F	M	F	F	non	M	M	F	M	F	M	non
E9-c92	A	1	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c93		2								M	M	F	M	F	F	non
E9-c94	D	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c95	E	5	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c98	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c99	C	5	F	F	F	F	M	F	non	M	M	F	M	M	F	non
E9-c100	A	1	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
E9-c101	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
E9-c103	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	F	M	non
E9-c104	A	3	F	F	F	M	M	F	non	M	F	M	M	F	F	non
E9-c105	D	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
E9-c106	E		M	M	M	M	M	M	non							
E9-c108	C	4	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
P5-c1	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c2	E	3	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c3	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	F	non
P5-c5	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c6	D	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non

INDIVIDU	CAH MC	CAH MG	ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. CLASSIQUE (MC)							ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. GEOMETRIQUE (MG)						
			MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MC	MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MG
P5-c7	D	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	F	non
P5-c8	D	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c9	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c10	D	5	F	F	F	M	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c11	A	1	F	F	F	F	F	F	non	M	F	M	F	F	F	non
P5-c12	D	2	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c13	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
P5-c14	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	F	non
P5-c15	B	2	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c16	D	2	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	F	M	F	non
P5-c18	E	5	M	F	M	F	M	M	non	M	M	F	F	M	F	non
P5-c19	D		F	F	F	F	F	F	non							
P5-c20	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	M	non
P5-c21	A	1	M	M	M	M	M	F	non	M	M	M	M	M	M	non
P5-c22	B	1	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	M	M	F	non
P5-c23	D	2	M	M	M	M	F	M	non	M	M	F	M	F	F	non
P5-c24	E	4	F	F	F	M	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c25	E	2	F	F	F	F	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c26	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	F	non
P5-c27	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	M	non
P5-c28	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	M	non
P5-c29	E	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
P5-c30	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c32	A	1	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c33	D	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	M	non
P5-c34	D	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	M	non
P5-c35	E	5	F	F	F	M	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c37	D	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c38	A	1	F	F	F	M	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c40	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
P5-c42	E		M	M	M	M	M	M	non							
P5-c43	C	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
P5-c45	D	3	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c47	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	M	F	non
P5-c49	D	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
P5-c51	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	M	F	M	non
P5-c52	A	1	F	F	F	F	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c53	E	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
P5-c54	B	2	F	F	F	M	M	F	non	M	F	F	F	M	F	non
P5-c55	B	3	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	F	F	non
N22-c1	B	3	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
N22-c2	D	1	F	F	F	M	M	F	non	M	F	F	M	M	F	non
N22-c3	D	1	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c4	D	2	M	F	M	M	M	F	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c5	A	1	M	F	M	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
N22-c6	A	1	F	F	F	M	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
N22-c7	A	2	M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
N22-c8	A	1	F	F	F	F	M	F	non	M	M	F	M	M	F	non
N22-c9	D	3	M	F	M	F	M	F	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c10	D	4	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	M	M	F	non
N22-c11	B	3	F	F	F	F	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
N22-c12	D	3	F	F	M	F	F	F	non	M	M	F	M	M	M	non
N22-c13	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
N22-c14	D	3	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c15	A	1	M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	F	F	F	non
N22-c16	D	4	F	F	F	M	F	F	non	M	F	M	M	M	F	non
N22-c17	B	3	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c18	D	2	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
N22-c19	D	3	F	F	F	M	M	F	non	M	F	F	F	F	F	non
N22-c20	D	4	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	F	M	F	non
N22-c22	D	1	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
N22-c23	A	1	M	F	M	F	M	F	non	M	M	F	M	M	M	non
N22-c24	A	3	F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c25	A	1	M	F	M	M	M	F	non	M	M	M	M	F	M	non
N22-c26	E	1	F	F	F	F	F	F	non	M	M	M	M	M	M	non
N22-c27	D	3	F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	M	F	non
N22-c28	D	5	M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	M	F	non
N22-c29	D	5	F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
MNHN-1201										M	M	M	M	M	M	non
MNHN-1202										M	F	F	F	F	M	non
MNHN-1203										F	F	F	F	F	F	train
MNHN-1204										M	M	F	M	F	F	non
MNHN-1205			M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
MNHN-1206										M	M	M	M	F	M	non
MNHN-1207										M	M	F	M	M	F	non
MNHN-1208			F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
MNHN-1210			F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
MNHN-1211			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	train
MNHN-1212			F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	M	F	non
MNHN-1214			M	M	M	M	M	M	non	M	F	F	F	F	F	non
MNHN-1215			F	F	F	F	F	F	train	F	F	F	F	F	F	train
MNHN-1216			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
MNHN-1218			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	F	M	F	train
MNHN-1219			M	M	M	M	M	M	train	M	F	F	F	M	F	train

INDIVIDU	CAH MC	CAH MG	ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. CLASSIQUE (MC)						ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. GEOMETRIQUE (MG)														
			MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MC	MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MG							
MNHN-1220																	F	F	F	F	F	F	train
MNHN-1221																	M	F	F	M	M	F	non
MNHN-1223			F	F	F	M	F	F	non							M	F	M	M	F	M	train	
MNHN-1224			F	F	F	M	M	F	train							M	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1226			F	F	F	F	F	F	train							F	F	F	F	F	F	train	
MNHN-1985-1227			M	M	M	M	M	M	train							F	M	F	M	F	F	M	
MNHN-1228			M	M	M	M	M	M	non							M	M	M	M	M	M	non	
MNHN-1229			F	F	M	F	M	M	non							M	F	M	M	F	M	non	
MNHN-1230			M	M	M	M	M	M	non							M	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1232			F	F	F	F	M	F	non							M	F	M	F	M	F	train	
MNHN-1233			M	M	M	M	M	M	non													non	
MNHN-1234			F	F	F	F	F	F	train							M	M	F	M	F	M	non	
MNHN-1235			M	M	M	M	M	M	train							M	M	M	M	M	M	non	
MNHN-1236			M	M	M	M	M	M	non							M	F	F	F	M	F	train	
MNHN-1237			M	M	M	M	M	M	train							M	M	M	M	F	M	non	
MNHN-1238			F	F	F	F	F	F	non							M	M	M	M	F	M	train	
MNHN-1239			M	M	M	M	M	M	non							M	M	M	M	M	M	train	
MNHN-1241			M	M	M	M	M	M	train							F	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1242			M	M	M	M	M	M	train							M	M	F	M	M	M	train	
MNHN-1243			M	M	M	M	M	M	train							F	M	M	M	M	M	non	
MNHN-1244			F	F	F	F	F	F	train							M	F	M	F	M	F	train	
MNHN-1246			F	F	M	M	M	M	non							M	M	M	M	M	M	train	
MNHN-1247			F	F	F	F	F	F	train							F	M	F	M	F	M	train	
MNHN-1248			M	M	M	M	M	M	train							M	M	M	M	M	M	train	
MNHN-1249			M	F	M	M	M	F	train							F	F	F	F	M	F	non	
MNHN-1250			F	F	F	F	F	F	train							M	F	F	F	M	F	train	
MNHN-1251			M	M	M	M	M	M	non							M	M	M	M	M	M	train	
MNHN-1252			M	M	M	M	M	M	non							M	M	M	M	M	M	non	
MNHN-1253			M	M	M	M	M	F	non							M	M	M	M	M	M	train	
MNHN-1254																F	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1255																M	F	F	F	M	F	non	
MNHN-1257			F	F	F	M	M	F	non							M	M	F	M	F	M	non	
MNHN-1258			F	F	M	F	M	F	train							M	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1259			F	F	F	F	F	F	non							M	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1260			M	F	M	F	M	F	train							M	M	M	M	F	M	train	
MNHN-1261			M	M	M	M	M	M	train							M	M	F	M	M	M	train	
MNHN-1262			F	F	F	M	M	F	train							M	M	M	M	M	M	non	
MNHN-1264			F	M	M	M	M	M	non							M	F	F	F	F	F	train	
MNHN-1265			M	M	M	M	M	M	train							M	M	M	M	M	M	non	
MNHN-1270			M	M	M	M	M	M	non							M	M	M	M	F	M	train	
MNHN-1271			M	M	M	M	M	M	train							M	M	M	M	M	M	train	
MNHN-1272			F	F	F	F	F	F	train							F	F	F	F	F	F	train	
MNHN-1273			F	F	F	F	F	F	non							F	F	F	F	F	F	non	
MNHN-1274			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1275																							
MNHN-1276			F	F	F	F	M	F	train														
MNHN-1277																							
MNHN-1278																							
MNHN-1279																							
MNHN-1281			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1282			F	F	F	F	F	F	non														
MNHN-1283			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1284			F	F	F	M	F	F	train														
MNHN-1285			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1286			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1289			F	F	F	F	F	F	non														
MNHN-1290																							
MNHN-1292			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1293			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1294			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1296			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1297			F	F	F	M	F	F	non														
MNHN-1298			F	F	F	F	F	F	train														
MNHN-1299			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1300			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1301			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1302			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1304			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1305			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1307			F	F	F	M	F	F	non														
MNHN-1308			F	F	F	F	F	F	train														
MNHN-1309			F	F	F	F	F	F	train														
MNHN-1310			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1312			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1313			M	M	M	M	M	M	train														
MNHN-1314			F	F	F	F	F	F	non														
MNHN-1316																							
MNHN-1320			F	F	F	F	F	F	train														
MNHN-1323			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1324			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1327			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1328																							
MNHN-1333			M	M	M	M	M	M	non														
MNHN-1337																							

INDIVIDU	CAH MC	CAH MG	ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. CLASSIQUE (MC)						ANALYSES DISCRIMINANTES MORPHO. GEOMETRIQUE (MG)							
			MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MC	MG-DA	LDA	QDA	PLS-DA	KNN	NN	ENTRAINEMENT AD MG
MNHN-256			F	F	F	F	F	F	non	M	F	M	F	F	F	train
MNHN-258			M	F	M	F	M	F	train	F	F	F	F	F	F	train
MNHN-1988-254			M	M	M	M	M	M	train	M	M	F	M	F	M	non
MNHN-1995-237			M	M	M	M	M	M	train	F	M	F	M	F	M	non
MNHN-1996-2468			F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	F	M	F	train
MNHN-1945																
KT83			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
K212.1			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
K151.1			F	F	F	F	F	F	non	M	F	M	M	M	M	non
K212.2			F	F	F	F	M	F	non	M	M	M	M	M	M	non
K133.4			F	F	F	M	M	F	non	M	M	M	M	M	M	non
KT89			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
KT67			F	F	F	M	F	F	non	M	M	M	M	M	M	non
K125.1			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	M	M	non
K249.1			M	M	M	M	M	M	non	M	M	M	M	F	M	non
K233.1			M	M	M	M	M	M	non							
S3602.35			M	M	M	M	M	M	non	M	M	F	M	M	M	non
S3602.66			F	F	F	F	F	F	non	M	F	F	M	F	F	non
S3602.52			F	F	F	F	F	F	non	M	M	F	M	F	M	non
S3602.8			F	F	F	F	F	F	non							
S3602.5			F	F	F	M	F	F	non	M	F	F	F	F	F	non
S3602.69			F	F	F	M	M	F	non	M	M	M	M	M	M	

ENTRAINEMENT AD MC (ou MG) indique si les individus participent au non à l'établissement des règles de décisions dans les analyses discriminantes.

BRASSARD Colline

**LE CHIEN EN EGYPTE ANCIENNE :
APPROCHE ARCHEOZOOLOGIQUE ET APPORTS DE LA CRANIOLOGIE.
APPLICATION A UNE SERIE DE CHIENS MOMIFIES (EL-DEIR)
ET COMPARAISON AVEC DES CHIENS ACTUELS ET ANCIENS (KERMA).**

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 15 décembre 2017

RESUME : Parmi les millions d'animaux momifiés par les anciens égyptiens, le chien est l'un des plus représentés. L'Égyptologie et l'Archéozoologie, en étudiant respectivement les textes et les représentations d'une part, et les vestiges animaux d'autres part, ont donné de véritables clefs pour comprendre ce contexte chrono-culturel si particulier. L'objectif de la première partie de cette thèse était de donner au lecteur les principales connaissances utiles à l'étude du crâne (sans la mandibule) du chien en Egypte ancienne, cet ensemble squelettique étant souvent bien conservé, en proposant une approche interdisciplinaire, entre Sciences naturelles et Histoire, pour mieux appréhender les relations Homme-chien au cours du temps. La deuxième partie, expérimentale, a consisté en l'étude d'une série d'environ 140 crânes de chiens momifiés adultes provenant des nécropoles E9, N22 et P5 du site d'El-Deir dans l'oasis de Kharga. Une étude morphologique et morphométrique a été effectuée : les particularités dentaires et pathologies ont été étudiées, de même que des caractères qualitatifs cités dans la littérature pour la détermination du sexe. Morphométries classique et géométrique ont été appliquées conjointement afin de tenter d'identifier morphotypes et sexes. Les critères utilisés ont été préalablement testés sur une collection de référence constituée de chiens de races variées et de sexes connus, de période actuelle (collection de F. Petters au MNHN, chiens du Soudan actuel au Muséum de Genève) mais aussi issus d'un contexte archéologique voisin (chiens de Kerma, Muséum de Genève). Les résultats obtenus suggèrent que ces chiens proviendraient d'un élevage confiné, propice à des conditions sanitaires médiocres et aux mauvais traitements. Les chiens sont de morphotypes variés avec une majorité de parias semblables aux chiens de Kerma. La possibilité d'une reproduction locale avec une forte consanguinité est avancée. Enfin, la validation croisée des méthodes utilisées pour la détermination du sexe sur des chiens de races variées incite à la prudence quant à l'utilisation de critères fréquemment utilisés en Archéozoologie.

MOTS CLES :

- Archéozoologie	- Craniologie
- Canidés	- Egyptologie
- Chien	- Morphométrie

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Patrick MERTENS
1er Assesseur : Monsieur le Professeur Antonin TORTEREAU
2ème Assesseur : Madame le Professeur Caroline BOULOCHER
Membre invité : Madame Cécile CALLOU
Membre invité : Monsieur Raoul PERROT

DATE DE SOUTENANCE : 15 décembre 2017

**ADRESSE DE L'AUTEUR : 24 rue Monsigny
94 400 VITRY-SUR-SEINE**