



HAL
open science

Diversité biologique des enfants décédés en période périnatale et traitements funéraires au Kerma classique : Les exemples de la nécropole 8B-51 (Kerma classique, Nord Soudan) et des cimetières de Blandy-les-Tours (Xe-XIIe siècle, France) et de Provins (XIIIe-XVIIIe siècle, France)

Caroline Partiot

► **To cite this version:**

Caroline Partiot. Diversité biologique des enfants décédés en période périnatale et traitements funéraires au Kerma classique : Les exemples de la nécropole 8B-51 (Kerma classique, Nord Soudan) et des cimetières de Blandy-les-Tours (Xe-XIIe siècle, France) et de Provins (XIIIe-XVIIIe siècle, France). Anthropologie biologique. Université de Bordeaux, 2018. Français. NNT : 2018BORD0252 . tel-02157918v1

HAL Id: tel-02157918

<https://theses.hal.science/tel-02157918v1>

Submitted on 17 Jun 2019 (v1), last revised 18 Jun 2019 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE PRÉSENTÉE POUR OBTENIR LE GRADE DE

**DOCTEUR DE
L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ET ENVIRONNEMENT

SPECIALITÉ ANTHROPOLOGIE BIOLOGIQUE

Par Caroline PARTIOT

**Diversité biologique des enfants décédés en période
périnatale et traitements funéraires au Kerma classique**

Les exemples de la nécropole 8B-51 (Kerma classique, Soudan)

et des cimetières de Blandy-les Tours (X^e-XII^e siècle, France)

et de Provins (XIII^e-XVIII^e siècle, France)

sous la direction de Bruno Maureille

et la co-direction de Mark Guillon et Dominique Castex

Thèse soutenue le 28 novembre 2018

Membres du jury :

M. ADALIAN Pascal, Professeur à l'Université d'Aix-Marseille	Président / Rapporteur
M. HOLLIDAY Trenton, Professeur à l'Université Tulane (Nouvelle-Orléans, USA)	Rapporteur
Mme CRÈVECŒUR Isabelle, Chargée de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA	Examinatrice
M. TALLET Pierre, Professeur à l'Université de la Sorbonne, Paris IV	Examinateur
Mme THOMAS Aline, Maître de conférences, Muséum national d'Histoire naturelle	Examinatrice
M. MAUREILLE Bruno, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA	Directeur
M. GUILLON Mark, Chargé de Recherche à l'Inrap	Co-directeur
Mme CASTEX Dominique, Directrice de Recherche CNRS, UMR 5199 PACEA	Co-directrice



« Ne dis pas : « Moi, je suis trop jeune pour que tu me ravisses », tu ne connais pas (l'heure de) ta mort. La mort vient, elle domine l'enfant qui est dans le giron de sa mère, comme celui qui s'est fait vieillard ».

La sagesse d'Ani, Maxime I, XIV, 3, traduction de l'égyptien hiéroglyphique par Suys (1935), relevé hiéroglyphique de Quack (1994)

À Papi, Mamie et Daddy,

Remerciements

Cette thèse n'aurait pas été possible sans la collaboration et le soutien d'un grand nombre de personnes auxquelles je souhaite exprimer ma reconnaissance. Je tiens en premier lieu à adresser mes remerciements à l'ensemble des membres du jury m'ayant fait l'honneur de juger ce travail :

- M. Pascal Adalian, Professeur à l'Université d'Aix-Marseille,
- Mme Dominique Castex, Directrice de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA,
- Mme Isabelle Crèveœur, Chargée de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA,
- M. Mark Guillon, Chargé de recherche à l'Inrap, UMR 5199 PACEA,
- M. Trenton Holliday, Professeur à l'Université Tulane (Nouvelle-Orléans, USA),
- M. Bruno Maureille, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA,
- M. Pierre Tallet, Professeur à l'Université de la Sorbonne, Paris IV,
- Mme Aline Thomas, Maître de conférences du Muséum national d'Histoire naturelle.

Je remercie particulièrement M. Pascal Adalian et M. Trenton Holliday d'avoir accepté d'en être rapporteurs.

J'exprime toute ma reconnaissance à mes trois directeurs de thèse, Bruno Maureille, Mark Guillon et Dominique Castex, pour la confiance qu'ils m'ont accordée, ainsi que pour leur soutien et disponibilité sans faille. Merci à Bruno Maureille d'avoir conçu et porté ce projet, ce qui m'a offert l'opportunité de travailler sur les deux versants de ma passion, l'Anthropologie biologique et l'étude des populations nilotiques de l'Antiquité. Merci de m'avoir portée par votre investissement et votre appui permanents depuis mon année de Master 2. Merci à Mark Guillon pour son encadrement toujours enthousiaste et optimiste, ainsi que pour sa volonté de m'associer à ses projets et collaborations. Merci à Dominique Castex qui a été ma première interlocutrice à Bordeaux, et qui m'a soutenue dans mon projet de thèse alors que j'étais encore en Master d'Égyptologie à Paris : merci pour votre soutien et vos conseils avisés.

Cette thèse n'aurait pas été la même sans votre *triumvirat* et sa complémentarité autant sur le plan scientifique qu'humain. Merci à tous les trois pour votre expérience, votre rigueur et votre encadrement toujours bienveillant.

J'adresse également mes remerciements aux membres permanents de mon Comité de suivi de thèse, messieurs les professeurs Alan Mann et Christopher Knüsel, pour leur aide et leurs conseils tout au long de ces trois années.

Ce travail a été rendu possible grâce à une bourse d'allocation au mérite attribuée par le Ministère de l'Enseignement et de la Recherche à l'issue du concours organisé par l'École doctorale Sciences et Environnement (ED 304), dont je remercie le directeur, M. Frédéric Garabetian, et la secrétaire, Mme Brigitte Bordes. Il a été effectué grâce aux conditions favorables mises à disposition des doctorants par le LaScArBx (ANR-10-LABX-52), l'UMR 5199 PACEA ainsi que par l'aide ponctuelle de son Comité de Pilotage. Je remercie Anne Delagnes, directrice du laboratoire, son prédécesseur Bruno Maureille, ainsi que Christine Couture-Veschambre, directrice adjointe, et Catherine Morel-Chevillet, responsable administrative et financière, de m'avoir accueillie au sein de l'UMR et apporté tous les moyens me permettant de mener à bien cette recherche.

Je souhaite exprimer ma reconnaissance envers l'ensemble des enseignants du Master d'Anthropologie - Préhistoire de l'Université de Bordeaux et à son directeur M. Jacques Jaubert, à mes autres encadrantes de Master 2, Aline Thomas et Émilie Dodré, ainsi qu'à tout le personnel permanent ou contractuel de l'unité. Toute ma gratitude envers celles et ceux qui m'ont apporté leurs conseils, leurs encouragements ou leur aide directe, dont en particulier Henri Duday, Olivier Dutour, Christopher Knüsel, Anne-marie Tillier, Yann Heuzé et Sébastien Villotte, ainsi que Priscilla Bayle, Maryelle Bessou, Emmy Bocaege, Jaroslav Bruzek, David Cochard, Antony Colombo, Christine Couture-Veschambre, Hélène Coqueugniot, Patrice Courtaud, Isabelle Crèveœur, Marie-France Deguilloux, Gauthier Devilder, Sylvain Ducasse, Isabelle Esqurial, Cathy Haget, Jean- Bernard Huchet, Ronan Ledevin, Arnaud Lenoble, Marie-Hélène Pémonge, Arnaud Robin, Stéphane Rottier, Frédéric Santos, Antoine Souron et Vitale Sparacello. Mes remerciements à Olivier Dutour pour m'avoir fait bénéficier de son avis éclairant concernant la variabilité des enthèses. Un immense merci à Frédéric Santos avec qui j'ai collaboré pour les aspects statistiques de cette thèse, pour sa très grande patience et disponibilité. Merci à Maryelle Bessou pour son soutien amical depuis le Master 2, ainsi que pour la réalisation et l'aide à la lecture des radiographies, de même qu'à Ronan Ledevin et la plateforme PLACAMAT pour l'aide à l'exploitation des données scanners. Un grand merci au

pôle administratif de l'unité, Régine Wortmann, Jean-François Caro, Nathalie Kellay et Graziella Chaminaud, pour leur assistance autant que pour leur bonne humeur qui a égayé tant de lundis matin.

J'exprime toute ma reconnaissance envers l'UMR 7268 ADES de Marseille, son directeur M. Michel Signoli et le professeur M. Pascal Adalian, qui ont accepté de m'accueillir dans le laboratoire pour réaliser l'étude de la collection virtuelle d'individus actuels. Un très grand merci aux personnes ayant constitué la base de données scanner (Louise Corron, Clémence Delteil, Mélissa Niel, Emmanuelle Lesieur et Floriane Remy), à toute l'équipe pour ce séjour si enrichissant, ainsi qu'aux personnes que j'ai pu côtoyer durant ces trois semaines (Emeline Verna, Yann Ardagna, Mélissa Niel, Clémence Delteil, Clémence Mopin et Florence Petit).

Du côté parisien, un très grand merci tout d'abord à Valérie Delattre de m'avoir donné accès à la collection de Blandy-les-Tours déposée à l'Inrap Centre-Île-de-France : merci pour la gentillesse de ton accueil, ainsi que pour ta réactivité. Une pensée particulière également pour les membres du Centre de Recherches Égyptologiques de la Sorbonne Paris IV sans lesquels je n'en serais pas là, dont en premier lieu Mme Dominique Valbelle, M. Pierre Tallet, Mme Claire Somaglino, Mme Nathalie Lienhard et M. Lorenzo Medini, Mme Bénédicte Lhoyer et M. Marc Maillot, ainsi qu'à mes anciennes collègues étudiantes Mathilde Prévost, Marie Alvado et Florence Disson. Mes remerciements s'adressent particulièrement à Mme Dominique Valbelle pour avoir répondu à mes questions, ainsi qu'à Mathilde pour son aide lors de ces dernières semaines. Merci Marie de m'avoir informée de l'existence du stage d'Anthropologie biologique proposé par l'Institut de Paléontologie Humaine, et merci à Mme Dominique Grimaud-Hervé de m'avoir acceptée dans ce stage. Mes remerciements également à Émilie Portat du service archéologique de la ville de Chartres, dont le travail sur Provins a constitué une base très importante.

Un merci tout particulier à la bibliothèque d'Égyptologie Jacques Vandier de l'Université de Lille III qui m'a si souvent accueillie, ainsi qu'à sa documentaliste Mme Sylvie Vérité dont l'aide pour les références bibliographiques dans les dernières semaines de ma rédaction a été précieuse. Toute ma reconnaissance va de plus à Mme Brigitte Gratien avec qui les discussions sur le Kerma ont été fructueuses, je suis heureuse d'avoir pu bénéficier des conseils d'une des co-inventrices du Kerma. *I would also like to thank Ms. Elena D'Itria from the University of Naples for her useful comments on the kerma amulets from the necropolis 8B-51. I'm looking forward to see you in the Institut de Papyrologie of Lille, or at the next Sudan*

Studies. Je remercie de même M. Stefan Van Dongen de l'Université d'Anvers pour avoir relu et validé une partie de notre protocole d'étude statistique des asymétries fluctuantes.

Je ferai également un détour par l'Australie et l'Université de Macquarie pour remercier M. Yann Tristant pour son aide sur la partie funéraire, ainsi qu'Adam et Olivier pour les souvenirs mémorables face aux pyramides. Une pensée également à toute l'équipe de la fouille de la Grotte des Bambous, David Cochard, Arnaud Lenoble, Corentin Bochaton et Monica Gala, grâce à qui j'ai eu la chance durant ma thèse de faire un détour par la Guadeloupe, entre bébés en grottes et ~~expéditions~~ promenades dominicales. Merci à mes secondes observatrices, Céline Jacqueroūd, Inès Frighetto et Claire-Élise Fischer, qui m'ont permis de réaliser mes tests inter-observateurs. Toute ma gratitude également aux personnes qui ont relu des parties de ma thèse, M. Sacha Kacki, M. Sébastien Villotte, M. Yann Heuzé, Mme Géraldine Sachau-Carcel, Mme Valérie Delattre, M. Christopher Knüsel et Mme Claire-Élise Fischer.

J'ai naturellement aussi et simplement une pensée reconnaissante pour Francis Geus, direction de la Mission archéologique de l'île de Saï de 1993 à 2005. Maître de conférences à l'Université Charles de Gaulle - Lille III, Francis Geus était un « amoureux » du Soudan, pays qui a plus que compté dans sa vie. Il a permis à de nombreux chercheurs d'exprimer leurs compétences dans un environnement très favorable. C'est ainsi que Bruno Maureille, Pascal Murail et David Peressinotto ont pu fouiller la nécropole 8B-51 avec l'aide et la collaboration de fouilleurs soudanais habitant l'île. C'est aussi grâce aux qualités d'observation de Morgan De Dapper et Rudi Goossens (tous deux de l'Université de Gent) que cette fouille a été possible.

Un grand merci à tous les doctorants, néo-docteurs et post-doctorants avec lesquels j'ai partagé tout ou partie de ces trois années et qui ont contribué à les rendre si spéciales, dont en particulier Géraldine Sachau-Carcel, Mélie Le Roy, Sacha Kacki, Maïté Rivollat, Mathilde Samsel, Mona Le Luyer, Léonie Rey, Nga Nguyen, Elsa Garot, Nada Elias, Claire-Élise Fischer, Marie Matu, Sélim Natahi, Rebeka Rmoutilova, Dany Coutinho-Nogueira, Mikel Arlegui, Véronique Forbes, Éline Schotsmans, Jessica Joganic, Pierre Guyomarc'h, Antoine Dumas, Nicolas Antunes, Tiphaine Maurin, Mathieu Bosq, Lysianna Ledoux, Marion Bindé et Anthony Sécher. Un merci particulier à Géraldine, pour ton aide, ta disponibilité, tes conseils toujours avisés et ton soutien depuis Bruch (avec une pensée au reste de la team bretonne Jean-Marie et Margot). Un merci spécial à Sacha pour ton aide, tes encouragements et tes conseils précieux, que ce soit autour d'un café ou au Carpe... Un grand merci à Anthony pour m'avoir aidée à concevoir et à utiliser le Système d'Information Géographique de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï, et pour nous avoir fait mourir de rire avec certains de tes mails. Une mention

spéciale avec mille mercis à Claire-Élise Fischer, pour son soutien sur tous les plans durant ces deux dernières années. Merci de les avoir rendues exceptionnelles par ta bonne humeur, tes attentions, tes messages subliminaux placardés dans notre salle autant que par le partage de certaines spécialités réunionnaises. Pour plagier quelqu'un, « un seul être vous manque et tout le labo est dépeuplé... » .

Toutes mes pensées à mes amis d'ici et d'ailleurs, dont les anciens des Masters de Bordeaux et de Paris (Agathe Duchateau, Valentin Miclon, Samuel Bedecarrats, Armelle Sandras, Manon d'Arco, Clément Viau, Gaëlle Jouan, Myriam Jordana, Marie Théry, Koren Abanozian, Mickaël Rouzic, Florence Disson, Mathilde Barbay et Thomas Lugagne-Delpon), les Archéos du Ch'Nord (Justine, Paulo et Léon, Antho, Rominou et Marine, Caro, Lord Adam, Gabi et Loré, Ps : une pensée à Antho pour m'avoir fait visiter Marseille, sa ville d'adoption). Merci aux anciens du Lycée Franco-allemand et d'avant qui ont été les premiers témoins (parfois malgré eux) de mon ~~obsession~~ intérêt pour les squelettes et la vallée du Nil, Lucie Neuville, Ambre Maucorps, Oriane Grison, Marine Doppler, Marine Bédu, Alexandre Jung-Petel (*herzlichen Dank für deine Unterstützung*) et les stéphanois-qu'on-aime-quand-même Camille, Pierre et Charline. Merci Camille pour ton aide et ton regard de sage-femme. Un très grand merci à toute ma belle-famille, Caroline, Serge, Jordan, Marcel, Yveline et Nancy, Jo, Marie et Léane, Jerem, Amande et Petit-Pois, pour leur soutien depuis de nombreuses années. Merci d'avoir offert que votre maison devienne parfois une annexe de laboratoire ou d'entreprise d'imprimerie...

Un immense merci à toute ma famille, à ma grand-mère qui m'a montré avec nos discussions sur l'emballotement que le passé si lointain est parfois en réalité si proche, à mes sœurs Sandrine et Mathilde, ainsi que Cyrille, Valentin, Augustin, Charlotte et Timothée.

Un autre immense merci à mes parents, Maryse et Jean-Pierre, qui me soutiennent dans ma passion de manière indéfectible depuis plus de vingt ans, et sans l'appui desquels je n'aurais pas pu suivre cette voie. Si j'en suis là c'est grâce à vous.

Mille mercis enfin à Grégory, ma pierre d'assise, dont le soutien est permanent dans les moments de joie comme dans les moments difficiles, dont la patience est infinie et dont l'aide m'est si précieuse.

Sommaire

REMERCIEMENTS	7
INTRODUCTION	25
PARTIE I. ACQUIS, ENJEUX ET PROBLÉMATIQUES	31
CHAPITRE I. TERMINOLOGIE GÉNÉRALE, PERSPECTIVE ANTHROPOLOGIQUE ET SOCIALE	33
I. TERMINOLOGIES ET DÉFINITIONS	34
I.1. Le développement, la croissance et la maturation	34
I.2. Embryon, fœtus et nouveau-né	36
I.3. La périnatalité	38
II. MORBIDITE ET MORTALITE PERINATALE, PERSPECTIVE ANTHROPOLOGIQUE ET SOCIALE DANS LES SOCIÉTÉS ACTUELLES	41
II.1. Statistiques générales.....	41
II.2. Statuts actuels de la périnatalité.....	45
III. LA MORTALITE PERINATALE DANS LES POPULATIONS DU PASSE	49
III.1. Statistiques générales	49
III.2. Les individus en période périnatale en contexte archéologique.....	50
III.3. L'exemple de la pratique du répit à partir du Haut Moyen-Âge	54
SYNTHÈSE	56
CHAPITRE II. LA POSSIBILITÉ D'UN ÊTRE, DÉTERMINISMES DE LA VARIABILITÉ ET RAPPELS OSTÉOLOGIQUES	59
I. À L'ORIGINE DE LA CLASSE D'ÂGE PERINATALE : RAPPELS EMBRYOLOGIQUES ET PROCESSUS D'OSSIFICATION DU SQUELETTE	60
I.1. Rappels embryologiques.....	60
I.2. L'ostéof ormation, principes généraux	63
II. DESCRIPTION ANATOMIQUE ET VARIABILITE DE L'INDIVIDU A TERME	67
II.1. Occipital.....	67
II.2. Temporal.....	69
II.4. Pariétal	74
II.5. H émi-frontal	75
II.6. Os nasaux.....	76
II.7. Labyrinthe ethmoïdal.....	76
II.8. Cornet nasal inférieur	77
II.9. Lacrymal.....	78
II.10. Vomer	78
II.11. Zygomatique.....	78

II.12. Maxillaire.....	79
II.13. Palatin	81
II.14. Hémi-mandibule	82
II.15. Os hyoïde	83
II.16. Colonne vertébrale.....	83
II.17. Manubrium et sternum.....	85
II.18. Côtes	85
II.19. Clavicule.....	86
II.20. Scapula.....	86
II.21. Humérus.....	88
II.22. Radius	89
II.23. Ulna	90
II.24. Main.....	91
II.25. Ceinture pelvienne	92
II.26. Fémur.....	94
II.27. Tibia.....	95
II.28. Fibula.....	96
II.29. Pied	97
III. DETERMINISME DE LA VARIABILITE	99
III.1. Concepts et définitions générales	99
III.2. Facteurs de variabilité	100
SYNTHÈSE	108
CHAPITRE III. LA POSSIBILITÉ D'UNE MORT, CRITÈRES DE VITALITÉ, DE MORBIDITÉ ET DE MORTALITÉ	111
I. CRITERES DE MORBIDITE ET DE MORTALITE.....	113
I.1. Avant la période périnatale : les anomalies embryonnaires.....	113
I.2. Marqueurs squelettiques de la morbidité et de la mortalité aux stades fœtal et post-natal	115
I.2.1. Anomalies du développement.....	116
I.2.1.1 Anomalies touchant le bloc crânio-facial.....	116
I.2.1.2. Anomalies infra-crâniennes	118
I.2.1.3. Syndromes, séquences et ensembles d'anomalies morphologiques	121
I.2.2. Pathologies infectieuses	124
I.2.3. Désordres métaboliques	128
I.2.4. Marqueurs de stress non spécifiques.....	129
I.2.5. Traumatismes de la naissance	131
II. CRITÈRES DE VITALITÉ.....	134
II.1. La ligne néonatale.....	136
II.2. Les marqueurs isotopiques	137
SYNTHÈSE	139
PARTIE II. MATÉRIEL ET MÉTHODES : CORPUS ARCHÉOLOGIQUE ET CORPUS VIRTUEL	141
CHAPITRE IV. CORPUS ARCHÉOLOGIQUE : CONTEXTES GÉOGRAPHIQUES ET CHRONOLOGIQUES	143
I. LA NECROPOLE 8B-51 DE L'ILE DE SA� (NORD-SOUDAN)	144
I.1. Histoire abrégée du Soudan et du royaume de Kerma	144
I.2. L'�le de Sa�.....	148

I.2.1. Aperçu historique et occupations de l'île.....	148
I.2.2. Historique des découvertes	150
I.2.3. La nécropole 8B-51.....	150
II. L'ÉGLISE DITE « ANONYME » DE BLANDY-LES-TOURS (FRANCE).....	152
II.1. Aperçu géographique et historique	152
II.2. L'intervention et le site archéologique	154
III. L'ÉGLISE ET LE PRIEURÉ SAINT-AYOUL DE PROVINS (FRANCE).....	157
III.1. Situation géographique.....	157
III.2. Aperçu historique	159
III.3. L'église paroissiale et le prieuré de Saint-Ayoul, Provins (France).....	162
III.4. Les interventions archéologiques	163
III.5. Travaux de recherche de Portat (2018)	166
IV. PROBLEMATIQUE ARCHEO-ANTHROPOLOGIQUE COMMUNE DES SITES DE PROVINS ET BLANDY-LES-TOURS : LA PRATIQUE DU REPIT ET SES ESTIMATEURS ARCHEOLOGIQUES	166
SYNTHÈSE	169
CHAPITRE V. CORPUS ARCHÉOLOGIQUE, CARACTÉRISATION BIOLOGIQUE ET SÉLECTION DES INDIVIDUS	171
I. LA DÉTERMINATION DU SEXE DES INDIVIDUS IMMATURES	173
II. L'ESTIMATION DE L'ÂGE DES INDIVIDUS IMMATURES	174
II.1. L'âge dentaire, maturation et éruption.....	175
II.2. Âge squelettique : la croissance osseuse.....	176
II.3. Âge squelettique : la maturation osseuse.....	177
III. SÉLECTION DE LA MÉTHODE D'ESTIMATION DE L'ÂGE	177
IV. SÉLECTION DES ESTIMATEURS D'ÂGE POUR NOTRE ÉTUDE	182
IV.1. Utilisation conjointe des mesures acquises du côté gauche et du côté droit ...	182
IV.2. Utilisation conjointe des estimations d'âge obtenues grâce à des longueurs diaphysaires d'éléments osseux différents	183
V. SÉLECTION DES VARIABLES UTILISÉES	184
V.1. Conservation imparfaite de la longueur diaphysaire d'intérêt.....	184
V.2. Non conservation des os sur les longueurs diaphysaires d'intérêt	186
VI. CORPUS : EFFECTIFS ET DISTRIBUTIONS	186
VI.1. Distribution par site archéologique	186
VI.2. Distribution par âge, sites confondus	187
VI.3. Distribution par âge et par sites.....	188
VI.3.1. Île de Saï.....	188
VI.3.2. Provins	188
VI.3.3. Blandy-les-Tours.....	189
V.4. Distribution par âges et par contextes géographiques et chronologiques.....	190
VII.4. Détermination de sous-classes d'âge	190
VII.4.1. Définitions	190
VII.4.2. Distribution des individus en fonction des sous-classes d'âge	191
VII.4.3. Distribution des individus en fonction des sous-classes et des trois séries.....	191
SYNTHÈSE	192

CHAPITRE VI. CORPUS ARCHÉOLOGIQUE, CONSERVATION, MÉTHODES ET PROTOCOLE D'ÉTUDE BIOLOGIQUE..... 195

I.	PROTOCOLE D'ÉTUDE MÉTRIQUE	196
I.1.	Sélection des variables métriques	196
I.1.1.	Aperçu général	196
I.1.2.	Origines des variables dans la littérature scientifique	197
I.1.3.	Régions anatomiques concernées par les mesures	197
I.2.	Répétabilité et reproductibilité des variables	198
I.2.1.	Choix du test	198
I.2.2.	Tests inter-observateurs	199
I.2.2.	Tests intra-observateurs	200
I.3.	Généralités statistiques.....	201
II.	PROTOCOLE D'ÉTUDE NON MÉTRIQUE.....	202
II.1.	Les variations anatomiques non métriques	202
II.1.1.	Rappels généraux.....	202
II.1.2.	Les VANM de l'individu en période périnatale	203
II.1.3.	Sélection des VANM pérennes.....	204
II.1.3.1.	VANM pérennes crâniennes	204
II.1.3.1.	VANM pérennes infra-crâniennes	205
II.1.4.	Sélection des VANM transitoires et élaboration du protocole	206
II.1.4.1.	VANM transitoires documentées dans la littérature	206
II.1.4.2.	VANM transitoires proposées dans la présente étude	206
II.1.5.	Cas des VANM dentaires	206
II.2.	Les indicateurs de maturation.....	207
III.1.	Anomalies « manifestes ».....	207
III.2.	Anomalies « discrètes ».....	208
III.3.	Marqueurs de stress non spécifiques	210
	SYNTHÈSE	211

CHAPITRE VII. CORPUS VIRTUEL : ANALYSES DE SCANNERS MÉDICAUX 213

I.	MATÉRIEL	214
I.1.	Origine du corpus.....	214
I.2.	Données associées aux examens scanners	215
I.3.	Caractérisation du corpus.....	216
I.3.1.	Distribution par âge.....	216
I.3.2.	Vitalité et mortalité des sujets	217
I.3.3.	Morbidité des sujets	218
II.	MÉTHODES	218
	SYNTHÈSE	221

PARTIE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION : VARIABILITÉ MÉTRIQUE..... 223

CHAPITRE VIII. VARIABILITÉ MÉTRIQUE ET ANALYSES DE CONFORMATION : INDICES ANTHROPOMÉTRIQUES..... 225

I.	PROTOCOLE	226
I.1.	Sélection des indices utilisés.....	226
I.2.	Analyses statistiques	228
II.	RÉSULTATS : VARIABILITÉ GÉNÉRALE DU CORPUS	229

II.1. Clavicule.....	230
II.2. Humérus.....	230
II.3. Radius	231
II.4. Ulna	231
II.5. Ceinture du membre inférieur.....	231
II.6. Fémur.....	232
II.7. Tibia.....	232
II.8. Fibula.....	232
II.9. Synthèse - corpus complet.....	233
III. RESULTATS, VARIABILITE INDIVIDUELLE, INTER-POPULATIONNELLE ET RELATION A L'AGE.....	234
III.1. Résultats généraux.....	234
III.2. Analyses détaillées par indice	235
III.2.1. Indices de proportions relatives entre des éléments osseux distincts.....	236
III.2.1.1. Indice claviculo-huméral ICL2 ($CI1 \times 100 / Hu1$).....	236
III.2.1.2. Indice huméro-fémoral IH2, $Hu1 \times 100 / F1$	237
III.2.1.3. Indice brachial IH3, $Ra1 \times 100 / Hu1$	239
III.2.1.4. Indice ischio-pubien IP1G, $Pu1 \times 100 / Is1$	240
III.2.1.5. Indice intermembral IF5, $(Hu1 + R1) \times 100 / (Fe1 + T1)$	241
III.2.1.6. Indice crural du tibia IT3-G, $T1 \times 100 / Fe1$	242
III.2.2. Indices de proportions relatives à l'échelle d'un élément osseux	242
III.2.2.1. Indices de robustesse	242
III.2.2.2. Indices de largeurs proximales	243
III.2.2.3. Indices de largeurs distales	248
III.2.2.4. Indices généraux.....	254
IV. SYNTHESE ET DISCUSSION : REGARD SUR LA VARIABILITE DE CONFORMATION ET SES FACTEURS DETERMINANTS.....	258
IV.1. Proportions relatives significativement corrélées à l'âge central au décès	258
IV.1.1. Proportions relatives entre segments osseux.....	258
IV.1.2. Proportions relatives touchant un seul élément osseux.....	260
IV.2. Proportions relatives traduisant des différences d'ordre populationnel	260
SYNTHESE	263
CHAPITRE IX. VARIABILITÉ MÉTRIQUE ET INSTABILITÉ DU DÉVELOPPEMENT : LES ASYMÉTRIES DIRECTIONNELLES ET FLUCTUANTES	265
I. LES ASYMETRIES : APERÇU DES CONNAISSANCES ET ENJEUX	268
I.1. Les asymétries : définitions.....	268
I.2. Signification développementale de l'asymétrie fluctuante	271
I.3. Pattern d'asymétries du squelette adulte.....	272
I.4. Asymétries squelettiques du sujet en période périnatale : aperçu et problématiques	273
II. AXE 1 : IDENTIFICATION DE LA PRESENCE OU ABSENCE D'ASYMETRIES DANS NOTRE CORPUS.....	275
II.1. Méthodologie générale	275
II.1.1. Les méthodes « classiques », un difficile consensus	275
II.1.2. Méthodologie générale choisie pour la présente étude.....	277
II.2. Axe 1, première partie : protocole de sélection des variables à tester	278
E0 : étape préliminaire, prise en compte de la répétabilité.....	278

E1 : recherche d'une dépendance entre l'asymétrie et l'ordre de grandeur de la mesure	280
E2 : recherche d'asymétrie directionnelle	280
E3 : traitement des variables ne présentant pas d'asymétrie directionnelle significative	281
E4 : intégration de l'erreur de mesure	281
II.3. Résultats de la première phase de l'Axe 1 : sélection des variables exprimant potentiellement de l'asymétrie fluctuante et de l'asymétrie directionnelle	283
III.3.1. Variables pour lesquelles une asymétrie directionnelle peut être soupçonnée	283
III.3.2. Variables pour lesquelles une asymétrie fluctuante peut être soupçonnée	283
II.4. Axe 1, seconde partie : application des protocoles classiques d'estimation d'asymétrie fluctuante et d'asymétrie directionnelle sur les variables sélectionnées	284
E0 : prérequis aux tests d'évaluation de l'asymétrie directionnelle et de l'asymétrie fluctuante, dépendance à l'ordre de grandeur de la mesure et normalité des données	284
E1 : identification de la présence / absence d'asymétrie fluctuante et d'asymétrie directionnelle (Van Dongen et collaborateurs, 1999).....	285
E2 : estimation quantitative de l'asymétrie fluctuante et de l'asymétrie directionnelle (Palmer et Strobeck 1986).....	286
II.5. Résultats et discussion de l'étape de l'axe 1 (ii), identification des variables exprimant de l'asymétrie fluctuante et de l'asymétrie directionnelle dans le corpus archéologique	287
II.5.1. Présence et quantification de l'asymétrie directionnelle dans le corpus archéologique	287
II.5.2. Présence et quantification de l'asymétrie fluctuante dans le corpus archéologique	288
III. VARIABILITÉ INTER-POPULATIONNELLE	289
SYNTHÈSE	292
PARTIE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS : VARIABILITÉ NON MÉTRIQUE	295
CHAPITRE X. VARIATIONS ANATOMIQUES NON MÉTRIQUES (VANM)	297
I.1. Bloc crânio-facial	299
I.1.1. Occipital	299
I.1.1.1. Processus de Kerckring	299
I.1.1.2. Caractères de la pars lateralis	302
I.1.2. Pariétal	308
I.1.2. Hémi-frontal	309
I.1.3. Hémi-mandibule	312
I.1.4. Os zygomatique	312
I.1.5. VANM dentaires	314
I.2. Squelette infra-crânien	315
I.2.1. Rachis	315
I.2.2. Gril costal	316
I.2.3. Ceinture du membre supérieur	317
I.2.4. Membres supérieurs et inférieurs	321
I.3. Synthèse	322
II. VARIATIONS ANATOMIQUES NON METRIQUES DU CORPUS VIRTUEL	324
II.1. Bloc crânio-facial	324
II.1.1. Processus de Kerckring	324
II.1.3. Os suturaires	325

II.2. Gril costal	326
II.2.1. Réduction du gril costal, « côte manquante »	326
II.2.2. Côtes lombaires ou 13 ^{èmes} côtes	328
II.2.3. Côtes bifides	331
II.3. Ceinture du membre supérieur.....	333
II.3.1. Epispinus notch.....	333
II.3.2. Constriction de la scapula.....	335
II.4. Synthèse : anomalies de nombre du gril costal.....	338
SYNTHÈSE	339
CHAPITRE XI. INDICATEURS DE MATURATION.....	343
I. INDICATEURS DE MATURATION SQUELETTIQUE, CORPUS ARCHEOLOGIQUE	
344	
I.1. Bloc crânio-facial.....	344
I.1.1. Anneau tympanique	344
I.1.2. Fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal ...	346
I.1.3. Fermeture du canal hypoglosse.....	349
I.2. Squelette infra-crânien : points d'ossifications secondaires de Béclard et de Todd	
.....	351
II. INDICATEURS DE MATURATION SQUELETTIQUE DANS LE CORPUS VIRTUEL :	
LE POINT DE BECLARD ET LE POINT DE TODD	352
II.1. Fréquences générales.....	352
II.2. Latéralité.....	353
II.3. Corrélation avec les données médicales	353
SYNTHÈSE	356
CHAPITRE XII. VARIABILITÉ NON MÉTRIQUE INÉDITE ET ONTOGÉNÈSE :	
LA PERFORATION DE LA PAROI LINGUALE DES GERMES DES INCISIVES	
SUPÉRIEURES.....	359
I. MATÉRIEL ET MÉTHODES	360
II. RÉSULTATS	361
II.1. Fréquences.....	361
II.1.1. Sujet néandertalien du Moustier 2	361
II.1.2. Corpus archéologique	362
II.2. Analyse morphologique du trait	363
II.2.1. Étude macroscopique.....	363
II.2.2. Analyses micro-scanner.....	365
III. DISCUSSION.....	367
III.1. Chronologie et apparition du trait	367
III.1.1. Rappels d'odontogénie.....	367
III.1.2. Degré de maturation de la dent et moment d'apparition du trait.....	370
III.2. Étiologie du trait : hypothèses.....	372
III.2.1. Hypothèse 0 : une variation anatomique non métrique ?	373
III.2.3. Hypothèse 1 : Les "prenatal dental defects", perturbation endogène et	
exogène de la minéralisation dentaire	375
III.2.3.1. Hypothèse 1A : un stress in utero ?.....	375
III.2.3.1. Hypothèse 1B : une perturbation génétique ?.....	376
III.2.2. Hypothèse 1 : une perturbation « mécanique » de la minéralisation	
dentaire ?	377

SYNTHÈSE	378
----------------	-----

CHAPITRE XIII. VARIABILITÉ NON MÉTRIQUE ET COMPORTEMENT : LA RÉGION DE LA TUBÉROSITÉ BICIPITALE 381

I. RAPPELS BIOLOGIQUES ET ANATOMIQUES	383
I.1. Biologie des enthèses, rappels	383
I.2. Anatomie du radius et de la région bicipitale.....	385
II. MATÉRIEL	388
III. VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DE L'ENTHESE	389
III.1. Méthode : système de cotation macroscopique des reliefs de l'enthèse.....	390
III.2. Résultats	391
III.2.1. Variabilité générale des reliefs	391
III.2.2. Symétrie gauche / droite	391
III.2.3. Analyses de corrélations.....	391
III.2.4. Distribution des types reliefs en fonction des échantillons	392
IV. ASPECT DE LA SURFACE CORTICALE DANS LA REGION BICIPITALE	392
IV. ORIGINES DE LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DE L'ENTHESE : DISCUSSION ET PERSPECTIVES	396
V.1. Hypothèse taphonomique	396
V.2. Hypothèse de la croissance.....	396
V.3. Hypothèse pathologique	398
V.4. Hypothèse de l'hyperostéolyse d'immobilisation	398
V.4.1. Influence de l'immobilisation musculaire sur le développement osseux de l'enthèse.....	398
V.4.2. Croisement de données biologiques et anthropologiques.....	400
V.4.3. Un « marqueur d'inactivité » ?.....	403
V.4.4. Pourquoi la région de la tubérosité bicipitale ?	404
SYNTHÈSE	407

CHAPITRE XIV. VARIABILITÉ NON MÉTRIQUE ET CRITÈRES DE MORBIDITÉ : L'EXEMPLE DES CÔTES SURNUMÉRAIRES CERVICALES..... 411

I. ONTOGÉNIE DU RACHIS : RAPPELS GÉNÉRAUX, D'APRÈS BARNES (1994) ...	412
I.1 Stade embryonnaire blastémal (mésenchymateux).....	413
I.2. Stade cartilagineux.....	414
I.3. Stade ostéogénique.....	414
I.4. Segmentation irrégulière des côtes et apparition de côtes cervicales.....	415
II. VARIABILITÉ MORPHOLOGIQUE DES CÔTES CERVICALES DANS LES POPULATIONS ADULTES : APERÇU DES CONNAISSANCES	416
II.1. Identification des côtes surnuméraires cervicales chez l'adulte	416
II.2. Diversité inter-individuelle chez l'adulte	417
II.2.1. Côtes cervicales « atrophiées », « rudimentaires » ou de classe I	417
II.2.2. Côte cervicale " <i>phalanx-like</i> " ou de classe II	418
II.2.3. Côte cervicale développée ou " <i>rib-like</i> " ou de classes III et IV	418
II.2.4. Spectre de variations.....	418
II.3. Diversité intra-individuelle.....	419
III. MATÉRIEL ET MÉTHODES	420

III.1. Échantillon archéologique.....	420
III.2. Corpus virtuel.....	421
IV. RÉSULTATS, CORPUS ARCHÉOLOGIQUE.....	422
IV.1. Fréquences générales.....	422
IV.2. Variabilité métrique.....	423
IV.3. Variabilité morphologique et proposition de classification.....	424
V. RÉSULTATS, CORPUS VIRTUEL.....	425
V.1. Fréquences générales.....	425
V.2. Variabilité morphologique.....	428
VI. DISCUSSION : COMPARAISONS DE FRÉQUENCES.....	429
VI.1. Hypothèse n°1 : la côte cervicale en tant que critère populationnel / épi-génétique.....	430
VI.2. Hypothèse n°2 : les côtes cervicales fusionneraient avec le processus transverse pour former le foramen transversaire.....	431
VI.3. Hypothèse n°3 : les côtes cervicales en tant que critère de morbidité.....	432
VII. DISCUSSION : LES CÔTES CERVICALES DES INDIVIDUS EN PÉRIODE PÉRINATALE, FACTEUR OU SIGNAL PATHOLOGIQUE ?.....	434
VII.1. Hypothèse 1 : la côte surnuméraire cervicale, facteur pathologique ?.....	434
VII.1.1. Relations anatomiques des structures et pathologies causées par la côte surnuméraire cervicale chez l'adulte.....	434
VII.1.2. Pathologies causées par la présence d'une côte cervicale chez l'individu immature.....	436
VII.2. Hypothèse 2 : les côtes cervicales, signal pathologique ?.....	437
VII.2.1. Un lien existant avec la présence d'anomalies congénitales.....	437
VII.2.2. Responsabilité des mutations et conservation du nombre de vertèbres cervicales.....	438
VIII. ANALYSES DES CORPUS ARCHEOLOGIQUE ET VIRTUEL : SYNTHÈSE ET CONCLUSION.....	440
VIII.1. Perspective biologique.....	440
VIII.2. Perspective archéo-anthropologique.....	440
SYNTHÈSE.....	441
PARTIE V. CROISEMENT DE DONNÉES BIO-ARCHÉOLOGIQUES ET CONCLUSION GÉNÉRALE.....	445
CHAPITRE XV. LA NÉCROPOLE 8B-51 DE L'ÎLE DE SAÏ, ÉTUDE ARCHÉO-ANTHROPOLOGIQUE ET CROISEMENT DE DONNÉES BIO-ARCHÉOLOGIQUES.....	447
I. CADRE HISTORIQUE ET CULTUREL.....	448
I.1. Les cultures Kerma - Rappels historiques.....	448
I.2. Bref aperçu des relations entre les civilisations Kerma et égyptienne.....	450
II. PRATIQUES FUNÉRAIRES DEDIEES AUX ENFANTS DANS LES SOCIÉTÉS NILOTIQUES DE L'ANTIQUITE : BILAN ET APPROCHE COMPARATIVE AVEC LES PRATIQUES DEDIEES AUX ADULTES.....	452
II.1. La place de l'enfant dans la société égyptienne.....	452
II.2. Traitements funéraires des individus immatures dans les sociétés égyptiennes, du Paléolithique Moyen aux périodes dynastiques.....	454
II.2.1. Aperçu général des données archéologique.....	454
II.2.2. Apport des recherches les plus récentes.....	457

II.3. Pratiques funéraires attribuées aux adultes dans les populations Kerma.....	459
III. CONTEXTE DU SITE	460
III.1. Situation géographique de l'île.....	460
III.2. Contexte archéologique de l'île.....	463
IV. LE SITE DE LA NECROPOLE 8B-51	465
IV.1. Campagnes de terrain.....	465
IV.2. Premières études biologiques et composition par âge.....	467
V. MATERIEL ET METHODES	469
VI. RESULTATS	470
VI.1. Répartition générale des sépultures.....	470
VI.2. Format des fosses et répartition spatiale	472
VI.3. Orientations des tombes et des individus	473
VI.3.1. Orientations des fosses.....	473
VI.3.1. Orientations des individus.....	473
VI.4. Architecture des fosses.....	475
VI.4.1. Bords des fosses	476
VI.4.2. Surélévation des membres.....	477
VI.5. Positions et attitudes des sujets	478
VI.5.1. Positions générales.....	478
VI.5.2. Attitudes des membres supérieurs.....	481
VI.5.3. Attitudes des membres inférieurs.....	483
VI.5.4. Association des attitudes des membres supérieurs et inférieurs.....	485
VI.5. Aménagements des sépultures et dépôts de matériel funéraire.....	486
VI.5.1. Présence d'un lit funéraire (angareb)	486
VI.5.3. Structures et dépôts matériels divers.....	487
VI.5.2. Présence de végétaux	488
VI.5.3. Présence de tissu	489
VI.5.4. Présence de céramique	490
VI.5.5. Bracelet de perles et perles isolées.....	491
VI.5.6. Amulettes	492
VI.5.7. Synthèse des sépultures avec matériel	493
VI.6. Mode de dépôt des individus.....	495
VI.6.1. Inhumation primaire ou secondaire.....	495
VI.6.2. Milieu de décomposition.....	497
VI.7. Données biologiques et proximités intra-sites	499
VI.7.1. Les côtes surnuméraires cervicales	499
VI.7.2. Variations anatomiques non métriques	501
VII. SYNTHESE ET DISCUSSION	502
VII.1. Synthèse des pratiques funéraires et comparaison avec les résultats de la première étude (Murail <i>et al.</i> , 2004 ; Maureille <i>et al.</i> , 2006).....	502
VII.2. Comparaison avec les adultes du registre Kerma	504
VII.3. Comparaison des traitements observés dans la nécropole 8B-51 avec ceux observés en Égypte.....	506
SYNTÈSE	508
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES.....	511
I. VARIABILITE INTER-INDIVIDUELLE, INTER-POPULATIONNELLE ET RELATIVE A L'AGE	512
I.1. Variabilité inter-individuelle et diversité liée à l'âge.....	512
I.1.1. Résultats généraux	512

I.I.2. Une perspective : « l'estimation secondaire » des longueurs diaphysaires, une piste pour l'estimation de l'âge osseux ?.....	514
I.2. Variabilité inter-populationnelle.....	514
I.3. Variabilité intra-populationnelle.....	516
II. CRITERES DE VITALITE.....	518
II.1. Les dimensions relatives, un possible indicateur de vie extra-utérine ?.....	518
II.2. La mécano-sensibilité des enthèses, une piste pour l'identification de marqueurs de vitalité ?.....	521
III. CRITÈRES DE MORBIDITÉ.....	521
III.1. Les côtes surnuméraires cervicales, un indicateur à exploiter dans de futures études.....	521
III.2. Les asymétries, un critère de morbidité à investir.....	523
III.3. Et les asymétries des caractères non métriques ?.....	524
IV. STATUT DES INDIVIDUS DECEDES EN PERIODE PERINATALE DANS LES POPULATIONS DE BLANDY-LES-TOURS, PROVINS ET SAÏ.....	526
V. PERSPECTIVES : DIVERSITE DES TEMPS PASSES ET DIVERSITE EMERGENTE.....	528
BIBLIOGRAPHIE.....	531
TABLE DES FIGURES.....	587
LISTE DES TABLEAUX.....	599
LISTE DES ANNEXES.....	609
ANNEXES.....	611

Introduction

« Au commencement était le drame » pourrait-il être inscrit en *incipit* de tout travail sur la mortalité périnatale. Le décès de l'enfant à naître représente en premier lieu le paradoxe douloureux d'une existence interrompue dès ses premiers instants, l'issue abrupte d'une présence attendue. La mort à l'aube de la vie, c'est aussi une tragédie séculaire dont le premier acte remonte au début de l'humanité, l'histoire d'un phénomène qui transcende cultures et époques et que les avancées médicales peinent à reléguer au registre de l'exceptionnel. Ce plus vieux drame du monde constitue, enfin, le point de départ de notre travail sur la diversité biologique et les traitements funéraires des tout-petits.

En dépit de la fréquence du phénomène dans les populations du passé, les enfants décédés en période périnatale se sont longtemps vus délaissés dans les travaux historiques, archéologiques, anthropologiques et paléanthropologiques. Du point de vue des spécialistes, les taux de mortalité infantiles très élevés appuyaient alors les théories mettant en avant une absence de considération de la part des parents, représentés comme peu enclins à manifester de la compassion ou de l'affection pour des nouveau-nés dont la survie relève le plus souvent de l'exception (Ariès, 1960, 1975, 1977 ; Néraudau, 1987 ; Golden, 1992 ; Pearce, 2001). En ce qui concerne les disciplines archéologiques et malgré les travaux déplorant cet état de fait dès les années 1960 (Johnston, 1968), les méthodes de fouille demeuraient jusque dans les années 1990 peu adaptées à la découverte d'éléments osseux de dimensions aussi réduites, et les sujets les plus jeunes étaient rarement retrouvés dans les sites (Dedet *et al.*, 1991).

La reconnaissance de l'intérêt scientifique des observations portant sur les individus immatures en Anthropologie biologique et Paléanthropologie émerge dans ce contexte des années 1970-80, portée à la fois par les études de genre anglo-saxonnes (Lewis, 2007 ; Halcrow et Tayles, 2008a) et le développement de l'archéothanatologie (*e.g.* Fazekas et Kósa, 1978 ; Duday *et al.*, 1990, 1995 ; Tillier et Duday, 1990a ; Tillier, 2000b ; a ; Garcin, 2009 ; Power, 2011 ; Le Roy, 2015 ; Corron, 2016). Les premières mettent la femme et l'enfant au centre des

problématiques d'études, tandis que la mise en évidence d'un soin particulier apporté à l'inhumation des individus immatures, et notamment des nouveau-nés, incite à désavouer les théories minorant l'attachement qui leur est porté par les populations anciennes. Les études sur les sujets décédés en période périnatale s'appuient dès lors sur les découvertes de plus en plus nombreuses de sites archéologiques en ayant livré, voire de sites spécifiquement dédiés à ces derniers (*e.g.* Dedet *et al.*, 1991 ; Duday *et al.*, 1995 ; Ulrich-Bochsler, 1997a ; Guillon *et al.*, 1998 ; Delattre, 2008 ; Portat, 2018). Elles se fondent, de même, sur des méthodes d'estimation de l'âge développées majoritairement pour la pratique médico-légale (*e.g.* Balthazard, 1921 ; Olivier et Pineau, 1958 ; Palkama *et al.*, 1962 ; Akiyoshi, 1976 ; Fazekas et Kósa, 1978).

Alors que les analyses biologiques portant sur les individus adultes intègrent l'étude de la variabilité comme une composante majeure, celles portant sur les tout-petits demeurent principalement axées sur l'estimation de l'âge au décès. Elles s'appuient sur la parution de nouveaux ouvrages de référence sur l'ostéologie des sujets immatures, dont Scheuer et Black (2000) et sa seconde édition (Cunningham *et al.*, 2016), de même que sur la fiabilité des méthodes d'estimation de l'âge, garantie par l'existence d'une croissance longitudinale rapide au cours de la période périnatale (Corron, 2016). Ces méthodes demeurent toutefois fortement dépendantes des populations de référence à partir desquelles elles ont été élaborées, tandis que leur applicabilité dans un échantillon autre que celui ayant été utilisé pour sa construction demeure discutable (Sellier *et al.*, 1997 ; Guihard-Costa, 1998 ; Tillier, 2005). Ces standards de croissance s'appuient par ailleurs sur l'hypothèse d'une variabilité inter-individuelle faible des trajectoires de développement, ce qui ne prend pas en compte les effets des multiples facteurs responsables de la diversité de cette classe d'âge (Guihard-Costa *et al.*, 2000). Le manque de données relatives à la variabilité ostéologique représente ainsi une limite substantielle, et cela autant pour l'ajustement des méthodes d'estimation de l'âge aux différents contextes d'application que pour l'approfondissement des analyses biologiques individuelles et « populationnelles »¹.

Contrairement aux analyses portant sur les individus adultes, rares sont les axes d'étude biologique permettant de replacer un individu décédé en période périnatale dans le cadre de la variabilité individuelle ou populationnelle de cette classe d'âge. Dépasser les écarts de format afin d'appréhender les différences de conformation entre les groupes n'est pas facilité par la primauté des analyses visant à établir une méthode d'estimation de l'âge. En l'absence de

¹ Si l'adjectif n'est pas reconnu par l'Académie française, nous nous permettons toutefois de l'employer ici, pour plus de facilité, en référence aux différentes séries du corpus archéologique.

référentiel général, il est de surcroît particulièrement complexe d’approfondir les analyses comparatives avec les autres taxons, et notamment avec les fossiles de la lignée humaine. La question demeure également de savoir s’il est déjà possible d’identifier au niveau osseux, chez ces individus n’ayant pas ou peu vécu dans un environnement *ex utero*, les marques du traitement dont ils ont pu faire l’objet de leur vivant.

À cet enjeu de documentation de la variabilité générale s’ajoute celui de la complexité à distinguer, sur os sec, un individu né vivant d’un sujet mort-né. L’estimation de l’âge osseux n’est pas en cela un indicateur suffisamment déterminant au regard de la variabilité de la stature autour du terme gestationnel (Bruzek *et al.*, 1997). Les éléments permettant d’appréhender, sur os sec, autant l’état sanitaire de l’individu décédé dans cette classe d’âge que son état de vitalité à la naissance sont rares. Le fait qu’il s’agisse ou non d’un mort-né, tout comme le temps de survie post-natal en cas de naissance vivante, constituent toutefois des critères particulièrement déterminants par rapport au statut de l’enfant et à sa considération comme un individu à part entière, dans les sociétés actuelles comme dans certaines populations du passé. Les différences de traitement funéraire qui en dérivent pouvant être majeures, l’identification d’estimateurs de morbidité, de mortalité et de vitalité demeure au premier plan des enjeux de l’étude biologique.

L’intérêt scientifique de l’étude des tout-petits se révèle donc à deux échelles. Au niveau individuel, les analyses ont pour objectif d’offrir une approche de la courte trajectoire de vie du sujet, afin d’appréhender sa place dans la communauté de laquelle il est issu. Au niveau du groupe, l’enfant est désormais reconnu comme un potentiel “*proxy*” de l’environnement dans lequel il a évolué (Halcrow et Tayles, 2011 ; Han *et al.*, 2017 ; Lewis, 2017b ; a). C’est dans ce contexte que nous est apparu l’intérêt d’investir le sujet de la diversité biologique métrique et non métrique des sujets décédés en période périnatale. Nous avons choisi de travailler selon deux axes de recherche, à partir de trois collections archéologiques et d’une collection actuelle virtuelle. **Le premier axe se proposera de caractériser la variabilité de nos corpus dans ses composantes intra-individuelles, inter-individuelles, populationnelles, ainsi que du point de vue des corrélations à l’âge au décès.** Nous approfondirons l’hypothèse selon laquelle des différences de conformation à l’intérieur de la classe d’âge ou entre les groupes kerma et européen seraient observables, de même que nous chercherons à déterminer si une dissymétrie des traits métriques et non métriques s’exprimant de manière bilatérale peut être présente dès ce moment de la vie. Notre démarche visera également à observer des variations anatomiques non métriques inédites dans cette classe d’âge et à documenter leurs fréquences. **Le second axe aura pour objectif d’identifier des caractères permettant d’estimer l’état de morbidité et**

de vitalité à la naissance de l'individu. Ces analyses auront pour objectif d'apporter des éléments de réponse à une question actuelle : est-il possible d'estimer, à partir d'un examen macroscopique des restes osseux, si l'individu a fait l'objet d'une survie post-partum ou si son état sanitaire pouvait au contraire contrevenir à cette dernière ? Dans une perspective d'application, il s'agira ensuite de **croiser les résultats de ces analyses biologiques avec les données archéologiques d'un des sites étudiés, la nécropole 8B-51 de l'île de Saï (Soudan)**, et cela afin de discuter des traitements funéraires dévolus aux sujets immatures dans une des plus grandes civilisations de l'Afrique antique, le royaume de Kerma. Nous privilégierons une recherche exploratoire se traduisant par une structure de mémoire quelque peu atypique, soit des **chapitres thématiques** devant faciliter, à terme, la valorisation de chacun d'entre eux sous forme de publications.

Ce travail ne pourra se départir d'une première partie destinée à proposer une réflexion générale sur la définition même de l'individu en période périnatale. Après un retour sur la terminologie de la périnatalité, ses statistiques générales et les questions soulevées par le statut du fœtus et nouveau-né dans les populations anciennes et actuelles (Chapitre I), nous proposerons un bilan sur le contexte du premier axe de notre problématique, à savoir leur diversité squelettique générale (Chapitre II). Ce chapitre livrera un état des lieux synthétique sur l'ostéologie de la classe d'âge étudiée ainsi que les facteurs responsables de l'apparition d'une variabilité biologique, et notamment de ses composantes individuelles et populationnelles. Le Chapitre III exposera enfin la toile de fond du second axe de notre problématique, celle du potentiel décès du sujet et de la difficulté à déceler ses causes sur os sec. Nous reprendrons ici les principaux marqueurs de la morbidité, voire de la mortalité du nouveau-né, de même que les rares indicateurs attestant de sa naissance vivante.

La seconde partie de notre travail sera destinée à présenter les deux corpus rassemblés pour cette étude, ainsi que la démarche méthodologique choisie. Après avoir introduit les contextes géographiques et chronologiques des trois collections **de l'île de Saï, de Blandy-les-Tours (X^e-XII^e siècles, France) et de Provins (XIII^e-XVIII^e siècles, France)** qui forment le corpus archéologique (Chapitre IV), nous reviendrons sur la sélection des individus *via* le choix de la méthode d'estimation d'âge, de même que sur leur distribution par âge et par site (Chapitre V). Le Chapitre VI exposera le protocole d'analyses métriques et non métriques développé pour l'étude du corpus archéologique, tandis que le Chapitre VII détaillera l'origine, la composition et le protocole appliqué au **corpus virtuel composé d'individus actuels (Hôpital de la Timone et UMR 7268 ADES, Marseille)**. Celui-ci se distingue notamment par sa base de

données individuelles et médicales (âge réel, présence d'anomalies du développement, cause de décès, etc.). Pour des raisons explicitées ci-après, le corpus virtuel sera le support d'analyses de type uniquement non métrique, dont les résultats seront exposés dans les chapitres X, XI et XIV.

La présentation et la discussion des résultats seront structurées en deux parties, la première (Partie III) réunissant les analyses métriques effectuées uniquement sur le corpus archéologique, et la deuxième (Partie IV) les analyses non métriques réalisées sur les deux corpus. Parmi les analyses métriques, nous privilégierons une première approche *via* l'étude d'indices anthropométriques destinée à aborder la variabilité de conformation des éléments osseux d'un point de vue général, puis en fonction de l'âge estimé au décès et des groupes populationnels (Chapitre VIII). Dans la mesure où ces analyses peuvent être systématisées dans le cadre de l'étude biologique de sujets appartenant à la classe d'âge périnatale, les résultats de ce chapitre seront particulièrement détaillés afin de favoriser de futures comparaisons avec d'autres corpus. Cette partie d'analyses métriques sera complétée par une étude, à notre connaissance inédite sur os sec et dans cette classe d'âge (Chapitre IX), visant à quantifier la présence de très fines asymétries droite-gauche, soit sous la forme d'un côté aléatoirement plus grand que l'autre (asymétries fluctuantes), soit par celui d'un côté systématiquement plus grand que l'autre (asymétries directionnelles). Ces analyses permettront de discuter la variabilité du corpus archéologique d'un point de vue métrique à l'échelle intra-individuelle, ainsi que de l'existence de différences entre les deux groupes populationnels. En raison du lien entre asymétries et perturbations du développement *in utero*, ces différences seront interprétées au regard des problématiques relatives aux indicateurs de morbidité.

S'ensuivra la partie IV dédiée aux résultats des analyses non métriques, dont les premières poursuivront l'étude de la diversité générale, intra-individuelle et populationnelle avec la cotation de variations anatomiques non métriques dans le corpus archéologique et dans le corpus virtuel (Chapitre X). Ce chapitre sera complété par une étude se proposant de discuter, dans les deux corpus, la variabilité des indicateurs classiques de maturation, ainsi que leur rapport à l'âge au décès (Chapitre XI). Une séparation en deux chapitres a été privilégiée dans la mesure où les deux thématiques, bien que proches au niveau de la méthodologie avec laquelle elles sont abordées, relèvent d'axes problématiques bien distincts. Il s'agit pour la première d'analyser la présence de caractères dont la variabilité réside dans une présence ou une absence plus ou moins aléatoire, tandis que la seconde implique l'observation de phénomènes dont la présence est biologiquement inéluctable.

Nous approfondirons ensuite la question du lien pouvant être mis en évidence entre trois caractères non métriques particuliers et certains facteurs de diversité abordés dans la partie introductive, en premier lieu grâce à l'étude d'un caractère dentaire inédit commun à l'homme moderne et à un néandertalien (Chapitre XII). Nous poursuivrons avec une analyse exploratoire de la variabilité morphologique de la surface corticale dans le corpus archéologique, en nous concentrant sur la région d'insertion du biceps brachial. Certaines différences populationnelles observées seront discutées au regard de leur lien possible avec un facteur culturel et comportemental (Chapitre XIII). Cette quatrième partie se conclura avec l'étude comparative d'un caractère observé dans la série soudanaise et dans le corpus virtuel, la côte surnuméraire cervicale (Chapitre XIV), dont le lien avec des anomalies du développement pourra amener à discuter la valeur en tant que critère de morbidité.

Au terme de ce travail, nous présenterons en dernière partie (Partie V) les résultats de notre analyse archéo-anthropologique du site de l'île de Saï (Chapitre XV). Le croisement des données avec les résultats de l'étude biologique et l'élaboration d'un Système d'Information Géographique permettront de discuter le traitement funéraire appliqué aux individus décédés en période périnatale, dans le but d'en tirer des réflexions sur leur statut dans la société du Kerma. La conclusion nous conduira enfin à replacer nos résultats dans le cadre de notre problématique générale, ainsi qu'à aborder les perspectives soulevées par cette recherche.

Partie I.
Acquis, enjeux et problématiques

Chapitre I.

Terminologie générale, perspective anthropologique et sociale

« Peu importe l'âge auquel meurt un enfant : si le passé est court, demain est sans limites. Nous portons le deuil le plus noir, celui du possible. Tous les parents pleurent les mêmes larmes : ils ont des souvenirs d'avenir » (Laurens, 1995, p. 62).

La mort périnatale relève toujours d'une catégorie à part des autres morts plus âgées, celle de la « mort immature, mort scandaleuse » (Gélis, 2007 ; Baills-Talbi et Dasen, 2008). Elle incarne le paradoxe, voire l'oxymore de la « naissance morte », comme l'exprime la traduction littérale du terme allemand „*Totgeburt*“ ou « mort-né » (Schalk, 2017). Dans les pays bénéficiant d'un système de soin qualitatif, le fait qu'une grossesse se concrétise par une naissance vivante, puis par une survie du nouveau-né est devenu la norme (Schalk, 2017). Imhof (1986, p. 82) mentionne à cet endroit « une pédiatrie arrivée à un point qui confine au luxe : l'extraordinaire a pris la place de l'ordinaire de jadis ». Cette évolution est à mettre au crédit des progrès récents des disciplines biologiques et médicales, lesquelles ont considérablement amélioré les connaissances autour du développement embryologique et fœtal. Ce moment de la vie est ainsi en passe d'être extrêmement bien documenté.

Grâce à ces acquis médicaux, la terminologie relative à la périnatalité est devenue non seulement pléthorique, mais également variable entre les disciplines, les axes d'études et les pays. Les termes et concepts employés par les anthropologues ne sont pas toujours les mêmes que ceux utilisés dans le domaine médical, au sein duquel les concepts d'usages varient même entre obstétriciens et embryologistes (Cunningham *et al.*, 2016).

Les définitions de ces notions de base pouvant également changer entre le registre anglo-saxon (Cunningham *et al.*, 2016 ; Lewis, 2017b ; a) et, le cas échéant, français (Tillier et Duday, 1990a ; Duday *et al.*, 1995 ; Buchet et Ségué, 2008 ; Garcin, 2009 ; Le Roy, 2015), il demeure nécessaire dans un premier temps de définir les termes employés avant même de définir l'objet d'étude, à savoir l'individu en période périnatale.

La mort de ces très jeunes enfants représente un enjeu sociétal fondamental (Lawn *et al.*, 2005, 2010, 2011 ; Zupan et Åhman, 2006 ; Frøen *et al.*, 2009). Portée par la question de l'individualité de sujets n'ayant que peu ou pas vécu, cette problématique transcende les époques et les cultures (Gélis, 2007). La baisse récente des fréquences de mortalité périnatale (*Cf. infra*, chap. I, II.1.) dans les pays industrialisés est loin d'avoir rendu caduques les questionnements autour du deuil périnatal, et permettent d'éclairer ce qui est longtemps resté un événement courant et pratiquement inévitable dans les populations du passé (Lawn *et al.*, 2005 ; Zupan et Åhman, 2006 ; Charrier et Clavandier, 2015 ; Clavandier, 2016 ; Schalk, 2017 ; Clavandier *et al.*, 2018).

I. Terminologies et définitions

I.1. Le développement, la croissance et la maturation

Le **développement** désigne "*a progression of changes, either quantitative or qualitative, that lead from an undifferentiated or immature state to a highly organized, specialized, and mature state*" (Bogin et Smith, 2000, p. 519). Il s'agit d'un processus corrélé à l'âge calendaire, même si le développement n'est pas une fonction linéaire de cet âge (Eveleth et Tanner, 1990 ; Cameron et Bogin, 2012 ; Bogin, 1999). Le développement présente deux composantes, l'accroissement en taille (la notion de "*size*") d'une part, et les processus de maturation d'autre part (la notion de "*shape*"). Là-encore, ces deux composantes sont corrélées entre elles sans pour autant l'être de manière stable. La **croissance** est définie comme un processus quantitatif impliquant la notion d'accroissement de taille et donnant des indications de dimension (Bogin, 1999 ; Cunningham *et al.*, 2016). La **maturation** est pour sa part un continuum comprenant un ensemble de phénomènes (de type ossification et fusion) par l'intermédiaire desquels le squelette acquiert sa forme définitive (adulte). Ces acceptions ne sont toutefois pas analogues aux définitions anglo-saxonnes. L'ouvrage de référence de Scheuer et Black (2016, p. 4) définit en effet la croissance (*growth*) comme incluant des données de taille (*size*) et de forme ou conformation (*shape*) : "*the progressive incremental changes in size and morphology that occurs throughout the development of the individual*", ce qui correspond

plutôt à la définition du développement dans le registre anthropologique français (Garcin, 2009 ; Portat, 2018).

L'âge biologique est un stade dans le continuum que constitue le processus de maturation (Cunningham *et al.*, 2016). Il comprend l'âge squelettique et l'âge dentaire (Buchet et Séguy, 2008). **L'âge squelettique** se réfère aux trois étapes de maturation de l'os : l'apparition du point d'ossification primaire, l'acquisition d'une conformation et d'une taille mature, ainsi que la fusion entre l'élément osseux et les points d'ossification secondaires (Cunningham *et al.*, 2016). Il peut donc être obtenu pour un individu en comparant sa maturation aux patterns d'apparition des points d'ossification. **L'âge dentaire** fait quant à lui référence aux processus dentaires de **minéralisation** (développement successif des différents tissus dentaires) et d'**éruption**, soit l'émergence du germe de la partie interne vers la partie externe de l'os alvéolaire, ou de la gencive sur le vivant (Moorrees *et al.*, 1963a ; Cunningham *et al.*, 2016). Ces processus, et en particulier celui de la minéralisation, sont décrits comme moins variables que l'âge squelettique (*Cf. infra*, chap. V, II.1.) car moins soumis aux pressions environnementales et physiologiques (Lewis et Garn, 1960 ; Demirjian, 1986 ; Heuzé, 2004 ; Buchet *et al.*, 2006 ; Heuzé et Braga, 2008). Considéré comme très proche de l'âge chronologique, l'âge dentaire est par exemple obligatoirement mentionné dans les registres de naissance en Grande-Bretagne (Cunningham *et al.*, 2016). Il est aussi particulièrement employé dans les disciplines anthropologiques en raison de la fréquente bonne conservation des dents (Cunningham *et al.*, 2016).

L'âge chronologique, calendaire ou réel est quant à lui calculé en jours, semaines ou années à partir du jour de la naissance. C'est l'âge théoriquement notifié dans les registres de naissance. Le calcul de l'âge chronologique est théoriquement impossible pour la période prénatale, puisque le moment de la fécondation ne peut pas être déterminé avec précision. Il diffère du moment de l'insémination, et l'écart entre les deux événements est lui-même variable (Larsen, 2003 ; Cunningham *et al.*, 2016). Le point de référence majoritairement utilisé est donc le premier jour de la dernière période de menstruations, pris en compte pour la comptabilisation des **semaines d'aménorrhée** (ici notées **s.a.**) ou "*last menstrual period*" ("*LMP*"). Il peut en pratique faire également l'objet d'incertitudes, en particulier dans le cas de saignements post-fécondation (Larsen, 2003 ; Cochard, 2012). Les questions d'estimation d'âge biologique par rapport à l'âge chronologique seront développées ci-après, relativement à la classe d'âge étudiée (*Cf. infra*, chap. V, II.).

L'âge gestationnel obtenu est donc comptabilisé en semaines d'aménorrhée ou en mois lunaires (lesquels comptent 28 jours contrairement aux mois calendaires), et calculé à partir du *LMP*. Il est confirmé par les obstétriciens en fonction de la mesure de variables métriques *in utero via* examen échographique (Papageorghiou, 2010). La mesure utilisée en priorité est la mesure crânio-caudale entre le sommet de la tête et le postérieur ("*fetal crown rump length*", mesure communément abrégée en "*CRL*"). Ces mesures sont standardisées (figure 1) et fondées sur des normes de position du fœtus et de la coupe échographique (position horizontale et neutre, section mi-sagittale) et de résolution de l'appareil.

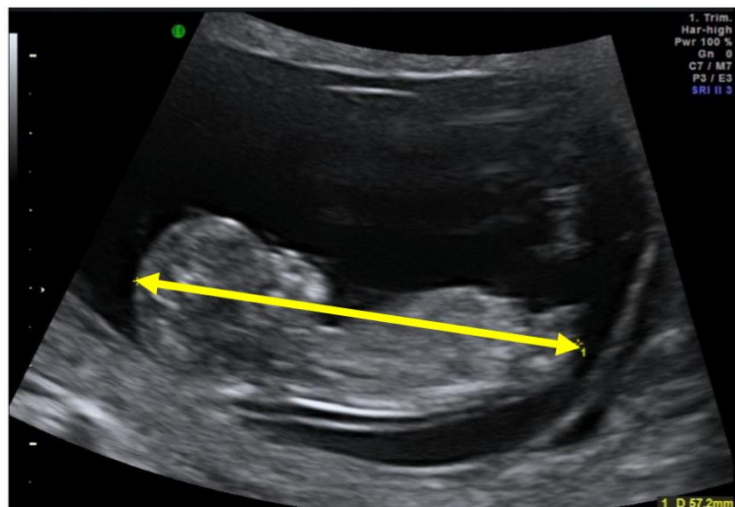


Figure 1. Repères corrects de la mesure crânio-caudale ou *CRL*, modifié d'après Papageorghiou (2010, p. 8)

La mesure *CRL*, théoriquement mesurée entre neuf et treize semaines d'aménorrhée, est interprétée au regard d'abaques de référence donnant l'âge en semaines et jours de gestation (Papageorghiou, 2010). Lorsque l'âge gestationnel calculé à partir de la *CRL* diffère de moins de sept jours de celui calculé à partir du *LMP*, cet âge est considéré comme fiable. Le diamètre bi-pariétal ("*bi-parietal thinning*", ou "*BPT*") est également utilisé (Papageorghiou, 2010).

I.2. Embryon, fœtus et nouveau-né

Les définitions bio-médicales distinguent l'**embryon** (durant les huit premières semaines de vie intra-utérine, *Cf. infra*, chap. II, I.1.) du **fœtus**, de la 9^e semaine de vie intra-utérine à la naissance (Larsen, 2003). La grossesse est conventionnellement décrite selon les définitions de l'Organisation Mondiale de la Santé ou OMS, et à sa suite dans les pays anglo-saxons et en Belgique, comme durant 40 semaines d'aménorrhée (Zupan et Åhman, 2006), c'est-à-dire dix mois lunaires ou 280 jours (Larsen, 2003). Le système médical français semble faire exception, avec une grossesse considérée comme comptant 41 semaines d'aménorrhée, soit 287 jours d'après le Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français

(CNGOF, 2015a). Cet écart plus ou moins arbitraire, qui reflète en pratique la variabilité de la durée de grossesse, peut par ailleurs avoir son importance dans les débats relatifs aux questions de dépassement de terme (*Cf. infra*, chap. II, III.2). On parle ensuite de **naissance vivante**, soit « l'expulsion ou l'extraction complète du corps de la mère, indépendamment de la durée de la gestation, d'un produit de la conception, qui, après cette séparation, respire, manifeste tout autre signe de vie, tel que battement de cœur, pulsation du cordon ombilical ou contraction effective d'un muscle soumis à l'action de la volonté, que le cordon ombilical ait été coupé ou non ou que le placenta soit ou non demeuré attaché ; tout produit d'une telle naissance est considéré comme enfant né vivant » (World Health Organization, 1998 ; Zupan et Åhman, 2006 ; United Nations and Statistical Office, 2014). Le **nouveau-né** désigne alors l'enfant dans le premier mois de vie *ex utero*.

On parle d'**avortement spontané** pour la cessation de la grossesse au cours de la période embryonnaire et d'**avortement spontané tardif** jusqu'à la veille de la présomption de viabilité (fixée actuellement par l'OMS à 22 semaines d'aménorrhée). Ce seuil est une limite artificielle qui reflète en réalité l'évolution des capacités de prise en charge des prématurés par le système médical (Schalk, 2017). Fixé par l'OMS à 28 s.a. ou 1000 g de poids de naissance jusqu'en 1977, il a ensuite été abaissé à 22 s.a. ou 500 g (Zupan et Åhman, 2006 ; Schalk, 2017). Toujours d'après ces définitions de l'OMS, la **mortalité fœtale** désigne le « décès d'un produit de la conception lorsque ce décès est survenu avant l'expulsion ou l'extraction complète du corps de la mère, indépendamment de la durée de la gestation » (Zupan et Åhman, 2006 ; United Nations and Statistical Office, 2014). On parle de **mort intra-utérine antepartum** si le décès a lieu avant la mise en travail, et de **mort intrapartum** s'il a lieu au cours de l'accouchement (Zupan et Åhman, 2006). La **mortinatalité** prend en compte les décès *in utero* à partir de la présomption de viabilité et inclue les mort-nés et sujets ayant fait l'objet d'interruptions médicales de grossesse (IMG). Le **décès** est défini par la « disparition permanente de tout signe de vie à un moment quelconque postérieur à la naissance vivante (cessation des fonctions vitales après la naissance sans possibilité de réanimation » (Zupan et Åhman, 2006 ; United Nations and Statistical Office, 2014). La **mortalité néonatale** désigne le décès d'un enfant entre la naissance et 27 jours de vie révolus, ce qui inclue la **mortalité néonatale précoce** (de la naissance au 6^e jour révolu) et la **mortalité néonatale tardive** (de 7 à 27 jours révolus). La **mortalité post-néonatale** désigne un décès entre le 28^e jour de vie et 364 jours révolus. Nous reviendrons plus précisément par la suite sur les questions relatives à ces différentes définitions et aux taux de mortalité associés (*Cf. infra*, chap. I, II.1.).

I.3. La périnatalité

Le terme de « **périnatal** » est un adjectif qui, de par sa composition, renvoie « à la période qui précède, accompagne ou suit immédiatement la naissance » (Schalk, 2017, p. 19), ou encore aux « circonstances entourant la naissance » (dictionnaire Larousse, 2010). Il est employé pour la première fois par Jean Bernard (1952, p. 532) dans la revue *Les Temps Modernes*, avant de devenir très fréquent dans la littérature scientifique et médicale internationale (Schalk, 2017). La période de la vie à laquelle l'adjectif fait référence est variable et plus ou moins étendue en fonction des disciplines. Dans la sémantique médicale, il renvoie avant tout à l'indicateur de santé publique qu'est la « **mortalité périnatale** » (Zupan et Åhman, 2006). Le terme de « **mortalité** » est issu du vocabulaire de l'épidémiologie et désigne, lorsqu'il s'agit d'un taux, « le nombre de décès en rapport avec une cause précise observé dans une population donnée, et pendant une période donnée ». Il est fréquemment associé au concept de « **morbidité** », critère statistique médical désignant, en référence à une population et également sous la forme d'un taux, le nombre de personnes atteintes par une maladie pendant une période donnée. À l'échelle individuelle, il peut être synonyme d'état de santé. La **santé** est pour sa part définie par l'OMS comme un « état complet de bien-être physique, mental et social, [ne consistant] pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité² ». Selon la définition actuelle de l'OMS, la **période périnatale** couvre l'intervalle entre 22 semaines d'aménorrhée révolues (moment où le fœtus est aujourd'hui présumé viable) et six jours révolus (soit au 7^e jour) après l'accouchement³. La période concernée, courte et précise, est issue d'études statistiques, épidémiologiques et démographiques. L'acceptation du terme de « sujet en période périnatale » est toutefois moins précise dans les disciplines de sciences humaines.

Ces distinctions strictes s'appliquent en effet dans un contexte médical hautement normé fondé sur la pratique clinique. Le calendrier de la grossesse autorise alors une précision extrême pour la datation de certains événements (Larsen, 2003), dont par exemple le début de gestation (au jour, voire au demi-jour près avec les stades de Carnegie, Cf. *infra*, chap. II, I.1.). L'élaboration de référentiels biométriques très complets sur de multiples variables (e.g. longueur crânio-caudale, clarté nucale, estimation du poids fœtal, etc., Cf. *supra*, chap. I, I.1.) a pour but d'identifier les phénomènes de déviation des trajectoires de développement d'un sujet par rapport à des trajectoires considérées, aujourd'hui et dans un contexte géographique donné, comme « normales » (CNGOF, 2015b, 2016). Le suivi médical

² Définitions de « morbidité », « mortalité » et « santé » dans le dictionnaire médical en ligne : <https://www.dictionnaire-medical.fr/>

³ <http://www.euro.who.int/en/health-topics/Life-stages/maternal-and-newborn-health>

de grossesse actuel disponible dans les pays bénéficiant d'un système de santé développé permet ainsi d'identifier les retards de croissance, les déficits de développement d'un organe ou encore les pathologies de manière précoce et précise. Toutes ces démarches ont un seul objectif : maintenir ou parvenir à un état de santé considéré comme optimal autant pour la mère que pour l'enfant. Ces référentiels terminologiques et biométriques ne peuvent toutefois pas être transposés sans nuances aux disciplines archéologiques. Les objectifs généraux des études archéo-anthropologiques se distinguent en effet fondamentalement de ceux de la pratique médicale évoqués précédemment, et les analyses excluent de fait le recours à un grand nombre de ces données fondamentales pour l'obstétricien (par exemple le diagnostic médical de la mère et de l'enfant, les dimensions corporelles, l'identification précise de la date de début de grossesse, etc.). L'âge biologique relève toujours d'une estimation, que ce soit dans le domaine médical ou dans le domaine archéo-anthropologique. Pour ce dernier, elle doit toutefois se limiter à certaines données comme les observations métriques et non métriques sur os sec (*Cf. infra*, chap. V), là où le praticien du milieu médical dispose au contraire de nombreuses autres variables (Papageorghiou, 2010 ; CNGOF, 2015a).

L'application du référentiel conceptuel médical aux disciplines archéo-anthropologiques n'est, de fait, pertinente que s'il a fait l'objet d'une adaptation aux problématiques d'étude et à leurs impératifs matériels. Considérer comme période périnatale l'intervalle entre la naissance et sept jours après l'accouchement fait ainsi difficilement sens en archéo-anthropologie. Le moment de la naissance est très rarement identifiable, et la limite à sept jours est rendue caduque par la précision des méthodes d'estimation de l'âge (avec des intervalles de confiance fréquemment à ± 2 semaines, *Cf. infra*, chap. V, III.), autant que par la variabilité de la stature à la naissance en raison de la variabilité individuelle, d'une naissance prématurée ou tardive (Buchet et Séguy, 2008). Certaines études bio-archéologiques privilégient donc souvent une limite supérieure à un mois calendaire ou 28 jours post-partum, soit un mois lunaire (Alesan *et al.*, 1999 ; Garcin, 2009 ; Cunningham *et al.*, 2016 ; Portat, 2018). Face à la variabilité de la stature à la naissance (Bruzek *et al.*, 1997), d'autres travaux considèrent comme des individus à terme tous les sujets dont la stature estimée est comprise entre 45 et 55 cm (Ulrich-Bochsler, 1997b), ce qui équivaut pour la limite supérieure à un âge central supérieur d'un mois post-partum, autour de 45,6 s.a d'après les formules de Fazekas et

Kósa (1978) révisées dans une communication orale par P. Sellier en 1993⁴, et publiées dans Schmitt et Georges (2008).

La limite inférieure de la mortalité fœtale à 22 semaines d'aménorrhée, soit 5,5 mois lunaires (qui correspond à la présomption de viabilité actuelle) est pour sa part souvent rejetée dans les travaux anthropologiques. Elle est perçue comme irréaliste relativement aux conditions sanitaires et capacités médicales des populations anciennes (Garcin, 2009 ; Portat, 2018). Les sujets les plus jeunes des séries archéologiques sont même souvent qualifiés de « mort-nés » (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006 ; Portat, 2018). Dans la mesure où cette dernière appellation préjuge du statut de vitalité à la naissance des sujets (lequel demeure en réalité inconnu), nous privilégierons la dénomination, plus neutre et qui sera développée par la suite, de « grand prématuré ». S'il est bien évidemment inenvisageable qu'un grand prématuré ait pu survivre dans les populations anciennes en l'absence de soins adéquats, la possibilité qu'il soit né vivant et ait survécu au moins quelques minutes ou heures ne peut en revanche absolument pas être exclue. Des cas de survie, avec état non léthargique et sur une trentaine de minutes, d'individus nés avant 28 s.a. et n'ayant fait l'objet d'aucune assistance médicale post-natale sont par ailleurs avérés (Roegiers, 2003). Ces potentielles premières respirations peuvent toutefois changer considérablement le statut de l'enfant (*Cf. infra*, chap. I, III.3.), comme c'était le cas au Moyen-Âge et à la Période moderne en Europe. La moindre manifestation de vie pouvait alors autoriser le baptême et permettre d'échapper à la damnation ou aux limbes (Gélis, 2007, 2013, 2015 ; Guillon, 2011 ; Portat, 2018).

Ce seuil très bas est toutefois celui pris en compte dans les études paléo-démographiques, qui considèrent comme période périnatale l'intervalle entre 6 mois lunaires gestationnels (soit 24 s.a.) et un mois civil après le terme, définition adaptée aux problématiques anthropologiques d'étude du recrutement des ensembles funéraires (Henry et Blum, 1988 ; Castex *et al.*, 1996). Il semble aussi davantage convenir au fait que cet âge de la vie est effectivement pris en considération par les sociétés anciennes en registre funéraire (Lewis, 2017a), comme en témoignent les inhumations de sujets dont l'âge estimé est autour de cette limite basse (*Cf. infra*, chap. V, VI.2.).

Dans le présent travail, nous avons considéré une définition étendue de la période périnatale en conservant, à l'instar de l'usage en paléodémographie, une limite inférieure très

⁴ « L'estimation de l'âge des fœtus et des enfants morts en période périnatale : une révision de Fazekas et Kósa (1978) », communication au colloque Croissance et Vieillesse, 21^e colloque du Groupement des Anthropologistes de Langue Française, Bordeaux, 13-15 mai 1993

basse (22 semaines d'aménorrhée), et en étendant la limite supérieure à deux mois lunaires post-partum, et ce pour plusieurs raisons. Du point de vue biologique, cet intervalle peu restrictif facilite l'appréciation de la diversité du squelette dans les premiers âges de la vie. Il autorise une vision plus fine de sa variabilité et des évolutions morphologiques entre le stade fœtal et le début de la période post-natale. Ce choix permet d'inclure à la fois des individus très jeunes qui n'ont pas ou très peu survécu (jusqu'à quelques jours), ainsi que des sujets (jusqu'à deux mois) dont on peut estimer qu'ils ont vécu plusieurs semaines. Inclure ces nouveau-nés d'âge osseux estimé entre un et deux mois nous est de fait apparu comme nécessaire, autant pour l'étude de la variabilité morphologique générale du squelette dans les premières semaines de vie que du point de vue des questions plus précises de vitalité, morbidité et mortalité à la naissance.

II. Morbidité et mortalité périnatale, perspective anthropologique et sociale dans les sociétés actuelles

II.1. Statistiques générales

La réduction des taux de mortalité infantile et périnatale est une dynamique extrêmement récente à l'échelle de l'humanité, avec un infléchissement brutal à partir de la seconde moitié du XX^e siècle (Schalk, 2017). Cette évolution touchant en premier lieu les pays à fort développement économique, elle s'est réellement confirmée en France après 1945 avec la création de la Sécurité Sociale et la gratuité des soins (Schalk, 2017). À l'échelle mondiale également, les campagnes internationales visant à améliorer les soins de santé se sont multipliées à partir des années 80. C'est le cas par exemple du *World Summit for Children* en 1990, de l'*United Nations Millenium Declaration*, ou encore de l'*United Nations Special Session on Children* en 2002 (Zupan et Åhman, 2006). En 2000, 189 pays se sont par ailleurs engagés à atteindre les objectifs fixés par les *Millennium Development Goals* concernant la pauvreté mondiale et la santé, dont le 4^e concernait la réduction des deux tiers de la mortalité infantile (Haines et Cassels, 2004). Toutes ces initiatives ont permis de faire passer l'indicateur qu'est le taux mondial de mortalité des enfants de moins de 5 ans (**TM5**) de 210 ‰ en 1955 à 150 ‰ en 1979, puis à 93 ‰ en 1990 (World Health Organization, 1998 ; Zupan et Åhman, 2006). Le TM5 était à cette date quatre fois plus élevé dans les pays en voie de développement que dans les pays considérés comme développés (Bhutta *et al.*, 2008). Malgré ce fort recul, le TM5 restait en l'an 2000 supérieur à 200 ‰ dans certains pays à bas revenus (Zupan et Åhman, 2006).

Cette diminution globale du taux de mortalité dans la petite enfance masque toutefois de fortes disparités, les premières étant d'ordre socio-géographique. Sur les 130 millions de naissances mondiales par an, plus de 10 millions de sujets décèdent avant leur cinquième anniversaire, dont 8 millions avant leur premier (Zupan et Åhman, 2006). On compte encore 3,3 millions de mort-nés, chiffre qui serait sous-estimé du fait d'un défaut d'enregistrement dans de nombreux pays (Zupan et Åhman, 2006 ; Frøen *et al.*, 2009, 2011 ; Lawn *et al.*, 2010, 2011). Un tiers de ces décès a lieu au cours de l'accouchement et 98 % dans des pays en voie de développement (Zupan et Åhman, 2006). On dénombre également 4 millions de décès néonataux, dont 3 millions de décès au cours de la première semaine de vie (figure 2), la période la plus à risque étant au cours du premier jour (Lawn *et al.*, 2005 ; Zupan et Åhman, 2006 ; Frøen *et al.*, 2009, 2011).

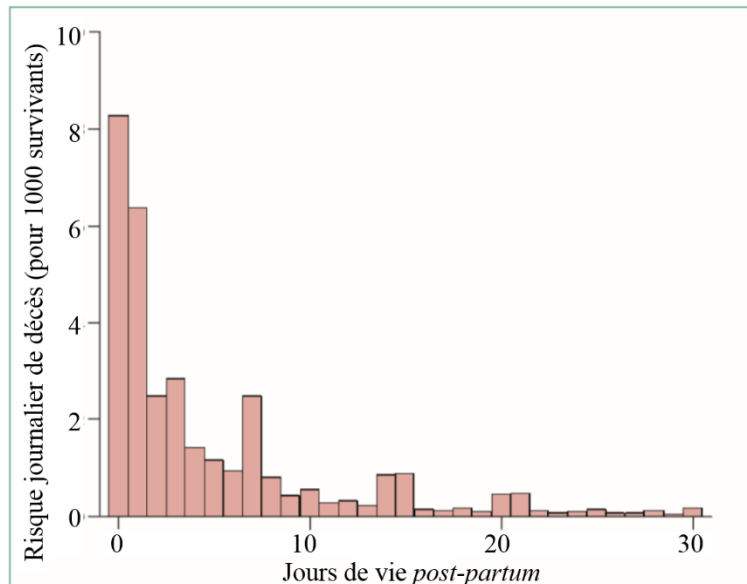


Figure 2. Risque journalier de décès pour 1000 survivants au cours du premier mois de vie, données obtenues sur 10048 sujets entre 1995 et 2003, d'après Lawn (2005, p. 13)

Plus de 70 % de l'ensemble des décès en période périnatale surviennent dans des pays à faible niveau de développement (figure 3), lesquels comptent un risque de décès périnatal neuf fois plus élevé que dans les pays à hauts revenus (Ntambue *et al.*, 2013). L'écart est encore plus grand si l'on considère uniquement les décès néonataux, qui surviennent à hauteur de 98 % dans les pays à faibles revenus (Nguyen Ngoc, 2006). Les chiffres pourraient là encore être sous-estimés dans certaines régions, du fait des différences d'enregistrement des données entre les différents systèmes de santé, ou encore de la sous-déclaration des naissances à la maison (Zupan et Åhman, 2006).

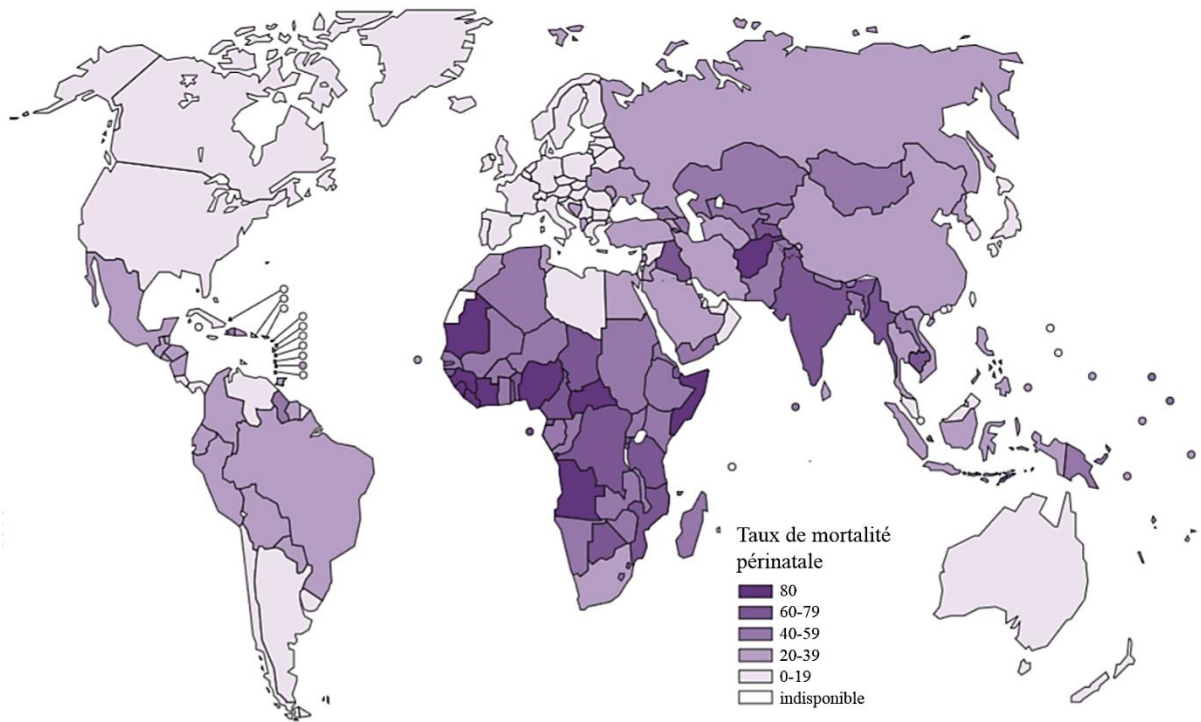


Figure 3. Taux de mortalité périnatale en l'an 2000 en fonction des pays, d'après Zupan et Ahman (2006, p. 15)

La diminution du taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans dissimule également des disparités entre les différentes sous-classes d'âge. Si le TM5 a globalement diminué, la baisse n'a pas touché toutes les classes d'âge de la même manière. Le taux de mortalité a diminué pour la période post-néonatale, mais pas pour la période périnatale au sens médical (entre 22 s.a. et sept jours post-partum) et pour la période néonatale jusqu'à 28 jours post-partum (World Health Organization, 1998 ; Zupan et Åhman, 2006). Entre 1980 et 2000, la mortalité périnatale dans les pays en voie de développement n'est passée que de 64 à 57 ‰ naissances, et la mortalité néonatale de 40 à 36 ‰ naissances vivantes, ce qui reste dix fois plus élevé que les taux dans les pays à hauts revenus (World Health Organization, 1998). Le taux de décès en période néonatale a même par la suite été identifié comme étant de nouveau en hausse (Lawn *et al.*, 2005).

La stabilité des taux de mortalité périnatale et néonatale pourrait en partie refléter les différences de stratégies sanitaires adoptées en fonction de l'âge des individus dans les pays en voie de développement. Il est en effet possible d'améliorer l'état de santé des sujets au cours de la petite enfance grâce à des mesures comme la vaccination, l'accès aux soins médicaux, une modification des conditions de vie (dont une meilleure nutrition). Les individus décédant en période périnatale et néonatale souffrant de problèmes nécessitant souvent des soins médicaux immédiats et de haut niveau (prématurité, asphyxie, etc.) seraient ainsi plus difficilement pris

en charge et donc plus à risque (Kulmala *et al.*, 2000). D'autres facteurs en jeu dans la stabilisation, voire la hausse des taux de mortalité périnatale, sont liés au fait que les progrès de la médicalisation permettent de prendre en charge des sujets toujours plus petits et à l'état de santé de plus en plus défaillant (et donc davantage susceptibles de décéder dans les semaines qui suivent). La tendance générale est, de plus, à la hausse des enregistrements, et l'influence de ces facteurs sur les taux de mortalité périnatale est difficile à évaluer (Zupan et Åhman, 2006).

Les causes premières de décès estimées (86 % d'entre elles), à savoir la prématurité (dans 28 % des cas), l'asphyxie de la naissance (23 %) et les infections (26 %, dont le tétanos, la pneumonie ou les diarrhées), ne laissent aucun signe osseux (Lawn *et al.*, 2005, 2010 ; Lawn et Kinney, 2014). Sur les 14 % de décès relatifs à d'autres étiologies, seule la moitié est due à des maladies congénitales (Lawn *et al.*, 2005). L'asphyxie est estimée comme responsable de 7 ‰ des décès dans les pays en voie de développement contre moins d'1 ‰ dans les pays à hauts revenus (Zupan et Åhman, 2006). Elle est souvent accompagnée de traumatismes de la naissance et fréquemment responsable de décès en cas de dommages au cerveau (Zupan et Åhman, 2006). Le travail de Nguyen Ngoc et collaborateurs (2006) avec l'OMS a permis de préciser ces principales causes de décès périnatal à partir de l'analyse d'un échantillon actuel de femmes enceintes participant à une étude sur la supplémentation en calcium dans des hôpitaux en Argentine, Égypte, Inde, Pérou, Afrique du Sud et Viêt Nam. On compte parmi ces causes de décès la naissance prématurée spontanée et les maladies maternelles comme l'hypertension, puis les hémorragies antepartum, le défaut de croissance intra-utérin ou la mort subite intra-utérine. Un poids de naissance insuffisant est souvent aussi associé au décès, tout en n'étant pas considéré comme une cause directe. En 1998, on comptait 24 millions de bébés à faible poids de naissance (c'est-à-dire inférieur à 2500 g) par an dans le monde (World Health Organization, 1998). Autour de 15 % des nouveau-nés pèsent moins de 2500 g, c'est-à-dire 6 % dans les pays développés contre 30 % dans certaines régions à faibles revenus (Zupan et Åhman, 2006). Les complications de la naissance, comme par exemple les mauvaises présentations fœtales, une rupture précoce des membranes ou un travail prolongé (supérieur à douze heures), augmentent les risques d'infection et sont un facteur important de décès (Zupan et Åhman, 2006). On estime que 26 % des décès de nouveau-nés sont dus à une infection périnatale, les plus fréquentes étant le HIV et la syphilis. La majorité des décès suite à une infection par le tétanos (entre 1 et 7 ‰ du total des décès dans les pays en voie de développement) survient entre le 7^e et le 10^e jour de vie extra-utérine (Lawn *et al.*, 2005 ; Zupan et Åhman, 2006). Les

grossesses multiples constituent de même un facteur de risque, autant pour la mère que pour les enfants. La moitié des grossesses gémellaires, et presque 10 % des grossesses de triplés, aboutissent à des accouchements prématurés (Zupan et Åhman, 2006). Dans les pays en voie de développement, le risque de décès néonatal est six fois plus élevé dans les cas de grossesses multiples par rapport à des grossesses uniques (Zupan et Åhman, 2006). Le risque est maximal dans les cas de grossesses monochoriales (avec un seul placenta), où le fœtus peut être exposé au syndrome transfuseur-transfusé. Les causes prépondérantes de décès périnatal varient toutefois en fonction des contextes, et en particulier en fonction du lieu de naissance, qu'il soit en structure médicalisée ou non. Les données pour les contextes non médicalisés restent toutefois difficiles à obtenir (Kulmala *et al.*, 2000).

On constate pour finir un déséquilibre en fonction du sexe des sujets, les garçons étant généralement 5 à 6 % plus nombreux à naître que les filles, mais présentant un taux de décès supérieur (Henry et Blum, 1988). Ils sont également plus nombreux à présenter des anomalies congénitales, lesquelles peuvent actuellement aboutir à des interruptions médicales de grossesse (Bromen et Jöckel, 1997). L'hypothèse d'une meilleure résistance des sujets féminins aux pathogènes a été soulevée (Zuk et Stoehr, 2010), mais cette situation est parfois équilibrée, voire inversée dans les cas où les garçons bénéficient de meilleurs soins pour des raisons culturelles (McMillen, 1979 ; Lawn *et al.*, 2005).

II.2. Statuts actuels de la périnatalité

Les questions de l'individualité et du statut de l'enfant à naître demeurent aujourd'hui au cœur des débats. Elles sont soumises aux paradoxes soulevés par l'écart entre les différentes conceptions psychologiques, sociales, religieuses et légales de cet âge de la vie. Les nouvelles technologies d'échographies ont par exemple considérablement modifié la perception de l'enfant à naître (Missonnier, 2007). Comme l'écrit Schalk (2017, p. 30) « cette vie autrefois cachée, au développement invisible, de l'autre côté du ventre des femmes est aujourd'hui démystifiée, sondée, inspectée et d'une certaine manière contrôlée par les professionnels ». Ces évolutions sont concomitantes à la prise de conscience du fait que, contrairement à ce qu'ont longtemps été les conceptions médicales à ce sujet, le fœtus est doté d'une sensibilité à la douleur. L'idée de la « vie prénatale » a fait son chemin, et celui-ci est aujourd'hui véritablement perçu comme un second patient. Les problématiques sont loin de se résoudre après la naissance, puisqu'un décès est alors perçu comme un échec, un événement d'autant plus illogique que les parents ont été confrontés à l'image de l'enfant à naître (Bacqué, 1998).

La réduction de la mortalité périnatale dans les sociétés médicalisées a ainsi eu pour effet de masquer la réalité biologique, selon laquelle l'être en devenir s'apparente à un « chemin de crête périlleux et incertain, entre le rien, la chose innommable (l'informe), le monstrueux et le virtuellement humain » (Missonnier, 2007, p. 73).

La projection du fœtus en tant qu'individu se heurte dans une certaine mesure à sa perception par le législateur, dont le rôle est de définir les protocoles des opérations funéraires autant que le statut du cadavre (Charrier et Clavandier, 2015). Jusque dans les années 1980, les décès en période périnatale ne constituaient pas une préoccupation pour les pouvoirs publics autant que pour les professionnels de la santé (Charrier et Clavandier, 2015). Jusqu'en 1993, l'article 5 du Code civil amenait à considérer qu'en l'absence de personnalité juridique, la déclaration d'un enfant mort-né ou non viable n'était pas nécessaire. Cela amenait à une sous-déclaration des morts périnatales, puisque l'État civil ne pouvait enregistrer les mort-nés qu'à partir d'un seuil de viabilité fixé à 180 jours de grossesse, soit 27 s.a. et cinq jours. Avant ce stade « l'être ne constitu[ait] qu'un produit innommé et non un "enfant"⁵ ». Après cette limite, il fait l'objet d'un « acte d'enfant sans vie », confondant ceux nés sans vie ou n'ayant vécu qu'un court moment. Après 1993, un enfant né vivant et viable recevait un acte de naissance et un acte de décès, tandis que l'enfant né mort ou vivant non viable pouvait recevoir un « acte d'enfant sans vie », ce qui lui permettait d'être inscrit au registre des décès en tant que « mort-né ».

La complexité et les enjeux de ces problématiques juridiques ont toutefois été soulevés par la jurisprudence de la Cour de Cassation en 2008, face à trois familles confrontées à une perte avant le seuil de viabilité et auxquelles l'inhumation avait été refusée. En dessous du seuil de viabilité, le sujet faisait en effet partie des « pièces anatomiques », des « débris humains » dont le devenir est l'incinération dans des crématoriums agréés. Ces corps ne sont pas à proprement parler des « déchets hospitaliers », car ils demeurent, contrairement à eux, formellement identifiables durant toute la procédure d'incinération (Charrier et Clavandier, 2015). Seuls les sujets sans vie d'un poids supérieur à 500 g et de plus de 22 s.a. pouvaient faire l'objet d'une sépulture. La notion de « seuil de viabilité », abrogée en 2009 au profit d'un âge gestationnel supérieur à 15 s.a. (qu'il s'agisse de fausse couche tardive, de mort fœtale *in utero* ou d'Interruption Médicale de Grossesse ou IMG), permet désormais aux parents de choisir⁶.

⁵ Décision de la chambre criminelle de la Cour de Cassation du 7 août 1874

⁶ Circulaire n° 182 du 19 juin 2009 et décret du 20 août 2008 relatif à l'état civil des enfants décédé avant l'enregistrement à l'État Civil

Ils peuvent décider de laisser la structure médicale le prendre en charge (qui elle-même choisira une inhumation ou une crémation), ou de s'en occuper eux-mêmes en organisant des funérailles (Charrier et Clavandier, 2015). Celles-ci sont conditionnées à l'obtention d'un certificat d'accouchement, qui permet de déclarer le sujet à l'état civil, de lui donner un prénom, de l'inscrire sur le livret de famille, puis de l'inhumer. Aujourd'hui jusqu'à la naissance, le fœtus demeure cependant ce qu'on appelle un « produit de conception » indissociable de la parturiente, c'est-à-dire une « *pars viscerum matris* » selon un concept hérité du droit romain (Schalk, 2017). En cas d'arrêt de vie après 22 s.a., le fœtus qui n'a pas respiré n'a pas acquis le statut légal de « personne » (Schalk, 2017). Il n'a jamais été doté d'une personnalité juridique et ne peut donc pas être considéré à proprement parler comme un cadavre (Charrier et Clavandier, 2015). Il s'agit de « corps identifiés comme pièces anatomiques » ou de « pièces anatomiques assimilées à des corps » (Charrier et Clavandier, 2015). Si le cadavre est légalement assimilé à un objet, le fait que celui-ci conserve à tout âge une trace de la personne lui octroie la qualité de « chose sacrée » (Popu, 2009).

À ces problématiques s'ajoutent en France de nouveaux enjeux, en particulier avec les lois de bioéthique qui ont favorisé l'émergence de « nouvelles mortalités périnatales » (Schalk, 2017). Avant 1975, l'Interruption Thérapeutique de Grossesse (ITG) était conditionnée à la mise en danger de la vie de la mère. Elle s'est transformée en Interruption Médicale de Grossesse avec la loi Veil, et repose désormais sur le diagnostic médical de la mère et du fœtus. Missonnier (2007, p. 71) parle ainsi d'« extrémisme du diagnostic anténatal » : « sous une apparence trompeuse, banale et anodine, il condamne en creux ou en plein ses usagers à s'interroger sur les limites de l'humain ». En cas d'atteintes fœtales graves identifiées grâce au diagnostic prénatal et sans possibilité de guérison, il existe aujourd'hui la possibilité de programmer la fin de la grossesse à tout moment⁷. À la différence de la mort fœtale *in utero*, cette démarche nécessite alors un geste effectif « d'arrêt de vie » au-delà de 22 s.a. Le fœtus est en effet susceptible d'être vivant au moment de l'accouchement, et toute action effectuée post-partum serait du ressort de l'euthanasie, qui est illégale (Schalk, 2017). Cette perte périnatale provoquée soulève des questions d'ordre éthique considérables, matérialisées par le fait que le soignant garde sa clause de conscience et peut refuser de participer à sa mise en œuvre.

⁷ Art. L.2213-1 du Code de la santé publique, modifié par l'ordonnance n°2003-850 du 4 septembre 2003

La nécessité d'un vrai travail de deuil autour de la mort périnatale, et cela presque au même titre que la mort d'un enfant plus âgé, est ainsi de plus en plus reconnue par la société autant que par le droit. Le deuil est un travail psychique d'auto-réconciliation défini à l'origine par Freud (1917) sous le terme de „*Trauerarbeit*“, qui nécessite en tant que prérequis de considérer l'objet du deuil comme ayant eu une existence à part entière (Hanus, 1994). Cette distanciation est particulièrement difficile dans le cadre du décès périnatal, en particulier lorsque l'enfant n'a pas vécu. L'inscription sur le livret de famille, le choix d'un prénom, l'inhumation sont alors autant d'étapes qui rentrent dans le cadre de ce « rite de passage » à l'échelle du cadre familial (Van Gennep, 1969). D'après la théorie développée par l'ethnologue, il s'agit d'un processus comprenant la désagrégation au groupe des vivants, puis la réagrégation au nouveau groupe, celui des défunts (Van Gennep, 1943 ; Bacqué, 1998). De la même manière, l'échographie prénatale avait elle-aussi pu être interprétée par Missonnier (2007) à l'aune des théories de Van Gennep (1969) comme « la période de marge avec suppression progressive des barrières ». On comprend alors les difficultés soulevées par le travail de deuil, lorsque l'individu n'a pas réellement pris sa place dans le groupe des vivants, qu'il soit mort-né ou non.

L'incitation des parents par le corps médical à voir et toucher le corps participe de cette inscription de l'enfant dans la conscience collective en tant que sujet (Memni, 2011). Cette démarche n'est par ailleurs encouragée que depuis quelques années, les protocoles des années 1980 consistant plutôt à faire disparaître le corps (Memni, 2011 ; Charrier et Clavandier, 2015). Ce sont les sollicitations des parents endeuillés qui ont amené les hôpitaux, puis les pouvoirs publics, à modifier le cadre normatif de la mort périnatale (Charrier et Clavandier, 2015). Même si l'inhumation gagne du terrain en tant que rite nécessaire pour la gestion du deuil périnatal, la société investit actuellement encore davantage dans la mise en place de lieux de mémoire (Charrier et Clavandier, 2015). On observe ainsi l'émergence d'un processus de reconnaissance sociale avec l'élaboration de nouveaux rituels symboliques pour favoriser le travail de deuil (Charrier et Clavandier, 2015). La ville de Paris propose par exemple depuis 2011 une cérémonie laïque trimestrielle en mémoire des enfants décédés en période périnatale (Schalk, 2017). Cela ne se substitue toutefois pas aux démarches parentales individuelles, qui sont nombreuses et passent notamment par la fixation du souvenir dans des objets conservés comme support matériel de l'existence du défunt. Ce n'est alors pas tant la matérialité du corps qui est recherchée, mais plutôt le souhait de donner, par l'intermédiaire de gestes, une existence à l'enfant qui n'en a pas eu (Charrier et Clavandier, 2015). Il s'agit là de la première étape du

continuum de deuil, lequel mène à l'assimilation au groupe des défunts une fois le rite de passage complété.

III. La mortalité périnatale dans les populations du passé

III.1. Statistiques générales

La mortalité infantile, et en particulier la mortalité périnatale, ont toujours représenté une grande partie de la mortalité globale de la population (Masset, 1973 ; Dupâquier, 1979 ; Henry, 1984 ; Castex *et al.*, 1996). Même si certains facteurs comme les épidémies peuvent engendrer des variations à l'échelle d'une population, le schéma démographique global se caractérise toujours par un très fort taux de mortalité dans la première année de vie et jusqu'à 5 ans, taux qui n'est retrouvé par la suite que pour les sujets les plus âgés (Gage, 1989 ; Wood *et al.*, 2002). L'estimation de cette mortalité a toujours représenté à la fois une étape importante et un enjeu substantiel de l'étude des populations anciennes (Masset, 1973, 1994). À côté des analyses d'archives, l'essor des études biologiques portant sur des individus immatures est une des voies d'accès à ces informations. Les études paléodémographiques passent par la répartition des sujets en classes d'âges définies en années révolues, ces dernières intégrant parfois des subdivisions (Castex *et al.*, 1996) dont la mortalité périnatale et la mortalité post-néonatale (*Cf. supra*, chap I, I.3.). Le calcul des quotients de mortalité dans l'échantillon étudié à partir des effectifs bruts de décès dans chaque classe d'âge (Sellier, 1996) permet ensuite de confronter le profil de mortalité de l'échantillon avec un profil type de mortalité archaïque (*e.g.* Ledermann, 1969). Ces tables sont considérées comme couvrant des modes de mortalité semblables aux populations archaïques (c'est-à-dire aux populations ne bénéficiant pas des avantages de la vaccination), celle contre la variole par E. Jenner en 1796 constituant le point de départ d'une baisse considérable de la mortalité des sujets immatures (Masset, 1973, 1994). La comparaison des deux profils permet de distinguer des anomalies comme la sur- ou sous-représentation d'une classe d'âge. Elle apporte des informations concernant les modalités de recrutement de l'ensemble étudié, et la possibilité d'une sélection des défunts (Masset, 1987 ; Castex *et al.*, 1996 ; Sellier, 1996 ; Blaizot *et al.*, 2003). Dans la mesure où le présent travail ne comporte pas d'analyse paléodémographique, nous ne reviendrons pas sur les limites et biais méthodologiques relatifs à ce type de démarche (Buikstra et Konigsberg, 1985 ; Castex *et al.*, 1996 ; Kacki, 2016).

La mortalité dans les populations pré-jennériennes est estimée pour les sujets de la classe 0 an entre 180 ‰ et 380 ‰ environ. Dans ce contexte, un enfant sur deux meurt avant l'âge de cinq ans (Ledermann, 1969), trois enfants nés vivants sur dix décèdent avant la fin de la première année de vie, et l'un d'entre eux au cours de la première semaine (Houdaille, 1984 ; Dupâquier, 1988 ; Séguy et Signoli, 2008). Le sevrage, ayant lieu en moyenne entre 6 mois et trois ans, constitue également une période à risque très élevé (Herrscher, 2005, 2013). Ces taux ne s'appliquent toutefois pas à toutes les populations anciennes, dans la mesure où ils sont très dépendants de facteurs chrono-géographiques. Des études sur des populations dont le profil de mortalité peut être qualifié de transitionnel entre un profil pré- et post-jennérien ont démontré l'existence de différences macro- et micro-régionales, allant même jusqu'à identifier des écarts considérables à l'échelle micro-locale (Imhof, 1986). On considère l'exemple d'une paroisse du nord de la Suède, pour laquelle l'étude des archives a révélé que 1722 parturientes ont accouché de 7850 enfants entre 1818 et 1895. Parmi eux, 2092 n'ont pas survécu jusqu'à leur premier anniversaire, ce qui correspond à un taux de mortalité infantile global de 266 ‰. Ce taux élevé masque toutefois des différences locales importantes : plus de 40 % des mères n'ont perdu aucun enfant, tandis qu'une sur dix les a perdus systématiquement. Même en ne conservant dans l'échantillon que les pluripares (les femmes ayant donné naissance à plusieurs enfants), on observe une mortalité infantile de 0 ‰ pour 312 d'entre elles, contre une mortalité de 866 ‰ pour 72 autres (Imhof, 1986). Même si ces résultats concernent l'ensemble de la mortalité infantile et pas seulement la mortalité périnatale, ils illustrent néanmoins le caractère fluctuant de la mortalité des tout-petits, et l'influence des facteurs familiaux. L'existence de variations « pulsatiles » des taux (avec des alternances de hausses et baisses en fonction de facteurs à échelles géographiques et chronologiques multiples) doit ainsi être particulièrement prise en compte pour les populations du passé.

III.2. Les individus en période périnatale en contexte archéologique

Puisque la moitié des effectifs inhumés dans les populations pré-jennériennes devrait être constituée de sujets immatures, avec une majorité de nouveau-nés et nourrissons (Delattre, 2008), les enfants décédés en période périnatale seraient attendus comme très nombreux en contexte archéologique. Or, les enfants décédés dans leur première année de vie sont régulièrement mentionnés comme sous-représentés dans les ensembles funéraires. C'est le cas notamment pour les périodes de l'Antiquité et du haut Moyen-Âge européens (*e.g.* Guillon, 1997 ; Guillon et al., 2002 ; Blaizot *et al.*, 2003 ; Delattre, 2008), mais cette tendance est aussi

bien observée dans les contextes extra-européens (Tristant, 2012). Plusieurs arguments ont pu être développés pour expliquer cette sous-représentation fréquente de la classe d'âge en contexte archéologique, dont en premier lieu la conservation, c'est-à-dire la présence ou l'absence de la fraction minérale des os (Bello *et al.*, 2002). L'hypothèse d'un biais dus à des processus de conservation différentielle des ossements immatures a été évoquée. L'os immature, avec sa corticale fine et sa grande proportion d'os spongieux, pourrait en effet être mécaniquement et chimiquement plus sensible à la dégradation (Gordon et Buikstra, 1981 ; Bello *et al.*, 2002 ; Blaizot *et al.*, 2003). Même si cette hypothèse doit être considérée, le contexte d'inhumation (type de sédiments, hygrométrie, etc.) et sa variabilité parfois micro-locale semble toutefois devoir être particulièrement considérée. La sous-représentation pourrait également être en lien avec une conservation différentielle des petites sépultures qui, enfouies moins profondément, seraient souvent perturbées, voire détruites par les remaniements des sols (Guy *et al.*, 1997 ; Pearce, 2001). Pour les fouilles anciennes, elle pourrait aussi refléter les difficultés à identifier les structures autant que les os, de très petites dimensions, parfois confondus avec des os de faune (Tillier et Duday, 1990a ; Pearce, 2001).

Pour des périodes comme la Protohistoire ou l'Antiquité romaine, cette absence a été interprétée comme le résultat de pratiques de dispersion (Dedet *et al.*, 1991 ; Langlois *et al.*, 2009), voire d'exclusion des tout-petits, inhumés en dehors des nécropoles dédiées aux classes d'âges supérieures (Pearce, 2001). Les textes de Pline l'Ancien (*Naturalis historia* VII 15-72, I^{er} siècle ap. J.C, traduction de Littré revue par Zehnacker, 1999) ainsi que ceux de Fulgence (*Expositio sermonum antiquorum* VII, fin V^e siècle ap. J.C., traduction de Wolff, 2009) mentionnent par exemple des inhumations nocturnes de nouveau-nés dans l'emprise de l'habitat, et non pas des crémations comme c'est le cas pour les adultes (Pearce, 2001). Certaines sources archéologiques le confirment, puisque de nombreux sites d'habitat ont livré des inhumations de très jeunes enfants (*e.g.* Blaizot *et al.*, 2003). Des sépultures de nouveau-nés sont par ailleurs concentrées dans des aires artisanales, comme les ateliers de potiers de Lezoux (Vertet, 1974) ou de Sallèles d'Aude (Duday *et al.*, 1995). La présence d'enfants de moins de 1 an inhumés dans les ensembles funéraires destinés aux classes d'âges supérieures a également été mise en évidence, les tombes étant soit dispersées, soit regroupées dans un secteur (Chaix, 1992 ; Murail, 1994 ; Blaizot *et al.*, 2003). De rares ensembles funéraires antiques sont dédiés aux enfants morts dans la première année de vie, souvent en Angleterre (Scott, 1992), plus rarement en France (Blaizot *et al.*, 2003).

Le recrutement des cimetières européens du VI-VIII^e siècles se caractérise lui aussi par une sous-représentation de la classe des 0 an (Delattre, 2008), sous-représentation qui tend à reculer au cours de la période carolingienne avec l'augmentation du nombre de sépultures de tout-petits dans les cimetières (Pilet, 1994). Les tombes sont creusées en lien avec une ou plusieurs sépultures d'adultes ou au niveau des édifices religieux. C'est le cas du site de Saint-Germain d'Ambérieu (Ain VI-VII^e siècles), qui a livré des sépultures d'enfants autour et à l'intérieur de l'église primitive (Mandy, 1995). La topographie funéraire chrétienne se caractérise dès cette époque par des secteurs privilégiés, comme le long des murs (« *sub stillicido* »), dans le chœur ou sous le parvis des églises. Cette dynamique se confirme avec l'apparition des groupes paroissiaux, qui accueillent un nombre croissant d'inhumations d'enfants situées principalement le long des murs (Delattre, 2008). La localisation des sépultures à l'époque carolingienne dépend, là-encore, de l'âge au décès des individus immatures. À Dassagues dans l'Hérault, les sujets décédés en période périnatale sont inhumés le long de l'abside de l'église, tandis que ceux décédés entre 6 mois et un an sont enterrés devant l'église ou plus loin (Garnotel et Fabre, 1997). L'église de Portejoie dans l'Eure présente également des sépultures de tout-petits le long du mur sud de la nef (Carré, 1996 ; Guillon, 1997). La partition entre le « petit cimetière » destiné aux enfants baptisés de moins de 7 ans et le « grand cimetière » destiné aux sujets immatures plus âgés et aux adultes se maintient par ailleurs durant plusieurs siècles (Prigent *et al.*, 1996).

La multiplication des découvertes relatives à des sites d'inhumation d'enfants en bas-âge est un argument en faveur du fait que l'écart entre le taux de mortalité périnatale et les découvertes archéologiques puisse être, du moins en partie, attribué au contexte scientifique ayant prévalu jusqu'à récemment. Avant le développement de l'archéothanatologie dans les années 1990, la recherche archéologique s'est longtemps concentrée sur le mobilier, et « les méthodes d'investigation étaient peu favorables au repérage de pièces aussi petites et fragiles que les os de fœtus, nouveau-nés et nourrissons » (Dedet *et al.*, 1991, p. 60). Plus largement, la reconnaissance de l'intérêt scientifique de l'étude des individus immatures dans les populations du passé est un phénomène récent (Tillier et Duday, 1990a ; Tillier, 2000b ; Halcrow et Tayles, 2008a), bien que leur occultation au profit presque exclusif des sujets adultes ait été déplorée dès les années 1960 : *“(d)espite the obvious fact that variation in adult morphology arises primarily through the action of differential developmental processes, studies of the nature and manifestation of such processes among skeletal populations are painfully few in the scientific literature. Just as traditional physical anthropology has concentrated upon the skull at the*

expense of post-cranial remains, there has been an almost complete concentration up on adults to the virtual exclusion of the immature [...] The result has been the neglect of such skeletal remains” (Johnston, 1968, p. 57). Dans certains cas et du fait d’une présence non-systématique, les petites sépultures ont pu être fouillées de manière succincte, traitées de manière stéréotypée, voire faire l’objet de simples mentions (Kamp, 2001 ; Lewis, 2007).

Si l’enfant, et d’autant plus l’enfant en bas-âge, a longtemps été perçu comme un élément périphérique des problématiques archéologiques, sa situation dans la recherche historique n’était jusqu’à récemment pas plus enviable. Les études historiographiques se sont longtemps appuyées sur l’existence d’une indifférence de la part des parents envers le jeune enfant, théorie notamment développée par Ariès (1960) dans ses recherches sur la mort en Occident. Face aux taux de naissance et de mortalité élevés, les parents auraient tendance à ne pas s’attacher à l’enfant, qu’il soit à naître ou déjà né (Néraudau, 1987 ; Golden, 1992 ; Pearce, 2001). Golden (1992, p. 2) a postulé l’existence d’un « déterminisme démographique » expliquant par les taux élevés de natalité et de mortalité une certaine indifférence à l’égard de ces sujets peu intégrés dans la communauté. Selon cette perspective, les avortements spontanés tardifs, les mort-nés et les décès dans les premières semaines de vie n’auraient fait l’objet que d’une considération très limitée, voire inexistante. Ce mépris trouverait en partie ses racines dans la tradition chrétienne selon Saint Augustin, où l’enfant est à la fois coupable du péché originel et agité par le démon, comme en témoignent ses pleurs incessants (Portat, 2018). Les recherches des dernières décennies, avec en particulier les colloques *L’enfant au Moyen Âge* (1980) et *Rencontre autour de la mort des tout-petits* (2016) ont cependant montré que, contrairement à ce qui a longtemps été avancé par ces études historiographiques, cet âge de la vie faisait bien l’objet de considérations particulières (Lewis, 2007 ; Van der Lugt *et al.*, 2008 ; Portat, 2018). Les théories autour d’une absence de compassion ont longtemps été prévalentes dans les disciplines historiques et archéologiques, alors même que leur principal auteur les avait fortement nuancées en revenant sur la nécessité d’approfondir les connaissances sur la période (Ariès, 1973, 1975, 1977). Les nouveaux travaux sur les sources anciennes viennent nuancer la vision augustinienne en démontrant également l’existence d’une considération scientifique, législative et sentimentale à l’égard de l’enfant (Lewis, 2007 ; Van der Lugt *et al.*, 2008 ; Portat, 2018). Les préoccupations incessantes autour du baptême et du Salut sont les premières à contredire fortement l’idée d’un mépris du tout-petit. Le fœtus est en effet considéré comme une personne à partir de sa conception ou tout du moins dans les premiers mois de la grossesse, moment où l’âme lui serait transmise par Dieu (Van der Lugt *et al.*, 2008).

La question de l'instant précis de l'infusion de l'âme a toutefois fait débat, même si les savants (théologiens, médecins, philosophes et juristes) semblent se fixer à une animation au 30^e jour de gestation pour les garçons, au 60^e pour les filles (Laurent, 1989 ; Van der Lugt *et al.*, 2008). Ces théories sont appuyées par les découvertes archéologiques faisant état d'inhumations soignées de grands prématurés (*Cf. infra*, chap. V, VI.2.) alors même que le très bas âge des sujets aurait pu, selon les interprétations historiographiques plus anciennes, justifier une prise en charge restreinte, voire une exclusion du cimetière en contexte chrétien (*Cf. infra*, chap. I, III.3.). La mise en évidence d'un traitement soigné des petits défunts a même été soulevée comme un critère important pour l'identification des premiers cimetières chrétiens en Angleterre, en opposition avec des traitements moins respectueux qui reflèteraient une tradition romaine ne considérant pas l'enfant comme un individu à part entière (Watts, 1989). Cette distinction est toutefois discutée et difficilement généralisable (Pearce, 2001), comme en témoignent les inhumations extrêmement soignées de Sallèles d'Aude qui ont confirmé une attention particulière portée aux nouveau-nés à la période romaine (Duday *et al.*, 1995).

III.3. L'exemple de la pratique du répit à partir du Haut Moyen-Âge

Cet attachement des parents envers le nouveau-né a trouvé un écho dans les pratiques religieuses, comme l'illustre la diffusion du phénomène du répit. Au Moyen-Âge et à la Période moderne, l'inhumation des nouveau-nés à l'intérieur du secteur consacré du cimetière est soumise à une condition intangible, celle du baptême préalable de l'enfant qui fait l'objet de l'inhumation (Gélis, 1984). Celle-ci est affirmée dès le début de l'ère chrétienne dans le Nouveau testament : « à moins de naître d'eau et d'Esprit, nul ne peut entrer dans le royaume de Dieu » (Jean 3,5). Le décès d'un enfant non-baptisé constitue donc un double drame pour les familles endeuillée, puisqu'en l'absence de sacrement, celui-ci ne peut espérer le Salut (Lett, 1997). Son âme se trouve alors « condamnée à une errance perpétuelle en des lieux inhospitaliers » (Gélis, 1984, p. 488). Alors que l'Église recommande dès le VI^e siècle un baptême le plus tôt possible après la naissance, le sacrement n'est pourtant administré qu'une à deux fois par an, au moment de Pâques ou de la Pentecôte. Les enfants sont donc nombreux à mourir sans sacrement. L'influence croissante de la religion sur les populations à l'époque carolingienne amène celle-ci à encadrer de plus en plus les pratiques funéraires concernant les jeunes enfants et à pencher vers la marginalisation des morts sans baptême, de plus en plus perçus comme de dangereuses âmes damnées. Celles-ci sont désormais susceptibles de revenir nuire aux vivants, d'où la nécessité impérative de promouvoir un baptême dès les premiers

temps de la vie. Il est réalisé dans la première semaine de vie au XIII^e siècle, dans les trois jours qui suivent la naissance au XVI^e, dans les deux jours ou le jour même au XVIII^e siècle (Lett 1997). Ces mesures ne résolvent toutefois pas le problème fondamental de la mort sans baptême.

C'est face à l'angoisse des parents, confrontés à la perspective de la damnation du nouveau-né (et du danger potentiel engendré par ces jeunes âmes) qu'apparaît la pratique du répit, « pause entre deux morts » (Portat, 2009, p. 7) durant laquelle l'enfant se trouve ressuscité assez longtemps pour recevoir le baptême (Gélis, 1984, 2006, 2013, 2015). La pratique apparaît dès la fin du XI^e siècle et se manifeste dans les sources textuelles dans la seconde moitié du XII^e siècle. C'est à ce moment, et pour faire face à l'injustice notoire que constitue la damnation d'une âme n'ayant pas encore péché, qu'est créé par l'Église le « *limbus puerorum* » ou limbe des enfants, niveau intermédiaire des limbes en bordure de l'enfer (Delattre, 2008). L'âme de l'enfant évite les flammes mais demeure un esprit errant privé de la vision de béatitude. De la même manière, l'Église encourage le passage d'un baptême par immersion au baptême par aspersion, allant même jusqu'à accepter l'administration du sacrement par des laïcs (Lett, 1997).

La période des XI-XIII^e siècles se trouve également être le moment charnière où l'Église consent à la pratique de la césarienne postmortem, toujours dans le but d'éviter la mort de l'enfant sans baptême. La pratique, qui remonte à la « *lex Regia* » (VIII^e av. J.C.), devient conseillée en cas de mort maternelle en couche ou au cours de la grossesse. Odon de Sully, évêque de Paris (1196-1208) est le premier à promouvoir officiellement cette pratique (Delattre, 2008). Lors d'un décès sans baptême, le corps de l'enfant est conduit jusqu'à un sanctuaire dit « à répit » puis placé sur l'autel, dans l'attente d'un signe (mouvement, changement de couleur de la peau, etc.) traduisant le miracle d'une résurrection momentanée (Gélis, 1984, 2006, 2013, 2015). Le baptême est alors administré et autorise l'inhumation à l'intérieur du cimetière, le plus souvent attendant au sanctuaire (Delattre, 2008). Ces chapelles placées sous le patronage de la Vierge ou de saints intercesseurs (en particulier Sainte Marguerite invoquée pour les parturientes et les nouveau-nés) sont nombreuses en Flandre, Picardie, Alsace, Bourgogne, Savoie, Provence et Auvergne, mais aussi en Allemagne, en Suisse, en Autriche et en Italie du nord (Gélis, 1984). Les exemples archéologiques sont rares mais impressionnants. L'un des plus gros sanctuaires à répit d'Europe a par exemple fonctionné entre le XIV^e et le XV^e siècle dans le canton de Berne en Suisse, à Oberbüren (Gélis, 2006 ; Ulrich-Bochsler, 2009). Cinq cent cinquante individus décédés en période périnatale y ont été exhumés le long de la nef de

l'église. Le cimetière de Notre-Dame-d'Avith dans la Meuse a également fourni 138 cas de répit recensés entre 1625 et 1673, avec une rangée réservée pour les enfants ressuscités (Portat, 2009, 2018). La mention de lieux spécifiquement dédiés à cette pratique remonte au XIII^e siècle (Delattre, 2008).

Le compromis des limbes opéré par l'Église (en privant l'enfant de rédemption) demeure toutefois insupportable pour les parents, ce qui explique que le répit continue à se répandre entre le XVI^e et le XVII^e siècle et se poursuive jusqu'au XIX^e siècle (Gélis, 1984, 2006 ; Lett, 1997 ; Portat, 2018). Incapable de limiter l'expansion de la pratique, l'Église adopte tour à tour une attitude complice ou critique, proclamant la toute-puissance de Dieu tout en stigmatisant ces résurrections miraculeuses. Les autorités ecclésiastiques se montrent prudentes vis-à-vis d'elle, voire la condamnent, comme au synode de Langres en 1452 où les exécutants sont menacés d'excommunication et d'amende (Gélis, 1984). La condamnation est réitérée en 1479, et s'accompagne de la description des prétendus signes de vie, des causes naturelles de ces mouvements, ainsi que des sanctions menaçant les pratiquants. La pratique se perpétue pourtant puisqu'elle est de nouveau condamnée au XVIII^e par le pape, qui énonce que ces signes mis en évidence ne constituent pas des preuves suffisantes pour certifier l'existence d'une résurrection miraculeuse (Gélis, 1984, 2006). Il faudra attendre avril 2007 et la remise en question du limbe des enfants par Benoît XVI (« *Commissione Teologica Internazionale* ») pour que cette pratique n'ait théoriquement plus lieu d'être.

Synthèse

La « **périnatalité** » renvoie « à la période qui précède, accompagne ou suit immédiatement la naissance », laquelle a théoriquement lieu autour de 40 semaines d'aménorrhée. Dans le présent travail, nous avons considéré une définition étendue de la période périnatale en privilégiant une limite très basse (22 semaines d'aménorrhée) et une limite haute (48 semaines d'aménorrhée). Cet intervalle était adapté aux problématiques d'étude autant biologiques (appréhension de la variabilité ostéologique du sujet autour de la naissance) qu'archéo-anthropologiques (questionnement du statut des tout-petits dans les populations anciennes).

En contexte archéologique, les sujets décédés autour de la naissance ont longtemps fait l'objet d'une sous-représentation autant numérique que scientifique. Rarement intégrés dans le cadre des études historiques et anthropologiques, seule leur absence récurrente était soulignée.

La considération des tout-petits en tant qu'objets d'étude est donc récente, portée par les dynamiques de l'archéothanatologie et des études de genre anglo-saxonnes.

Les problématiques associées au décès en période périnatale transcendent pourtant les époques et les cultures. Comment faire le parallèle entre la vision actuelle prédominante en Occident, celle des sociétés post-jennériennes médicalisées où cet événement relève de l'exception, et celle des populations plus anciennes où il relève pour partie de la « norme » ? Il a été mis en évidence l'écart actuel, voire la dichotomie entre le cadre normatif du décès périnatal, qu'il s'agisse de l'arsenal législatif ou de la prise en charge sociale de l'évènement, et la réalité pratique et familiale de son appréhension (*Cf. supra*, chap. I). On voit en effet la différence entre ce qui est donné à voir en termes d'usages codifiés, et les multiples enjeux posés par la pratique courante. Le groupe confronté à l'évènement, et en premier lieu la famille, est souvent à l'origine des évolutions dans la prise en charge du décès, qu'il s'agisse des changements à grande échelle (*e.g.* propagation de la pratique du répit ou changement de législation), autant que des variations dans le dispositif lui-même. Ces dernières constituent autant de marqueurs d'une attention individuelle portée au sujet.

Selon cette perspective, l'étude archéo-anthropologique apparaît ainsi comme un axe de recherche particulièrement pertinent pour la mise en évidence d'éléments relatifs à la fois au cadre normatif et à la conscience individuelle de l'évènement que représente ce décès précoce. De même, la connaissance de la variabilité « normale » du squelette et des facteurs responsables de sa variabilité constitue la base des analyses permettant d'approcher ces questions d'un point de vue biologique.

Chapitre II.

La possibilité d'un être, déterminismes de la variabilité et rappels ostéologiques

"It is almost impossible to study the effects of a single factor alone and on the other, the effects of a factor on an individual may vary, depending at which stage of development it acts" (Scheuer et Black, 2000, p. 4).

Les nouvelles dynamiques de prise en compte des individus immatures, bien que permettant une compréhension de plus en plus fine de la place de la mère et l'enfant dans les populations du passé, se heurtent toutefois à certaines limites relatives à l'étude biologique des individus exhumés. Ces limites concernent les difficultés à estimer sur os sec non seulement l'âge au décès précis de l'individu, mais aussi son statut de vitalité à la naissance (mort-né ou survie de courte durée *ex utero*). Les méthodes d'estimation de l'âge osseux et dentaire, bien que toujours plus précises, ne peuvent en effet se dispenser du recours à des populations de référence actuelles, c'est-à-dire constituées d'individus d'âges réels connus (*Cf. infra*, chap. V, III.), ce qui maintient la question de l'applicabilité de ces méthodes à des individus issus d'environnements différents (Sellier *et al.*, 1997 ; Guihard-Costa, 1998 ; Tillier, 2005). Par ailleurs, un âge estimé dans la classe d'âge périnatale ne signifie pas que l'individu était vivant à la naissance, ni même qu'il est né à terme ou qu'il a survécu quelques temps. Or, les différences de statut et de traitement du tout-petit en fonction de ces critères d'âge et de vitalité peuvent être considérables dans les sociétés du passé (*Cf. supra*, chap. I, III.3.). La prise en

compte croissante des tout-petits en tant qu'objets d'études historiques et archéothanatologiques va ainsi de pair avec le développement d'études biologiques à même d'apporter des données sur leurs courtes trajectoires de vie.

Du point de vue médical, l'émergence des disciplines de soin périnatal a permis d'augmenter considérablement les connaissances sur cette classe d'âge, les analyses demeurant centrées sur des objectifs de santé et dépendant d'environnements actuels très différents de ceux des populations anciennes. Du point de vue anthropo-biologique, l'essentiel des recherches a longtemps répondu à l'un des objectifs premiers des études biologiques quelle que soit la classe d'âge, à savoir l'estimation la plus fiable possible de l'âge des sujets. La diversité inter-populationnelle et inter-individuelle de cette classe d'âge est ainsi restée peu documentée. L'émergence des nouvelles problématiques a donc pour enjeu l'approfondissement des protocoles existants, ce qui passe en premier lieu par l'appréhension de la variabilité de cette classe d'âge à une échelle fine.

Dans ce chapitre, nous reviendrons dans un premier temps sur quelques rappels embryologiques, puis sur la variabilité ostéologique « normale » de l'individu à terme, avant d'aborder plus précisément le déterminisme de cette variabilité.

I. À l'origine de la classe d'âge périnatale : rappels embryologiques et processus d'ossification du squelette

I.1. Rappels embryologiques

Nous reprendrons ici quelques éléments d'embryologie (Larsen, 2003 ; Carlson, 2012). Vingt-quatre heures après la fécondation, l'œuf issu des deux gamètes se divise en deux cellules au cours du clivage, chacune se divisant de nouveau en deux jusqu'à la 96^e heure avec la formation d'un amas sphérique d'une trentaine de cellules (les blastomères), l'ensemble constituant la morula (figure 4). Celle-ci prend la forme d'une cavité pour former un blastocyte, sphère remplie de liquide et de cellules embryonnaires et trophoblastiques, ces dernières étant destinées à produire les sites d'échanges fœto-maternel du placenta (Larsen, 2003 ; Cochard, 2012). L'embryon est alors présent à l'intérieur du blastocyte sous la forme d'une masse de cellules souches embryonnaires, d'où il s'extrait au terme du cinquième jour par une série de contractions. À l'issue du sixième jour et au terme de sa migration dans la trompe, le blastocyte libre s'implante dans l'endomètre de la paroi utérine, signant la fin de la « période de l'œuf » ou période pré-embryonnaire (Larsen, 2003). L'embryon prend par la suite la forme d'un disque

bilaminaire formé de deux couches cellulaires, l'épiblaste (à l'origine des tissus embryonnaires et de l'enveloppe amniotique), et l'hypoblaste (qui donnera la membrane de Heusser et le sac vitellin primitif).

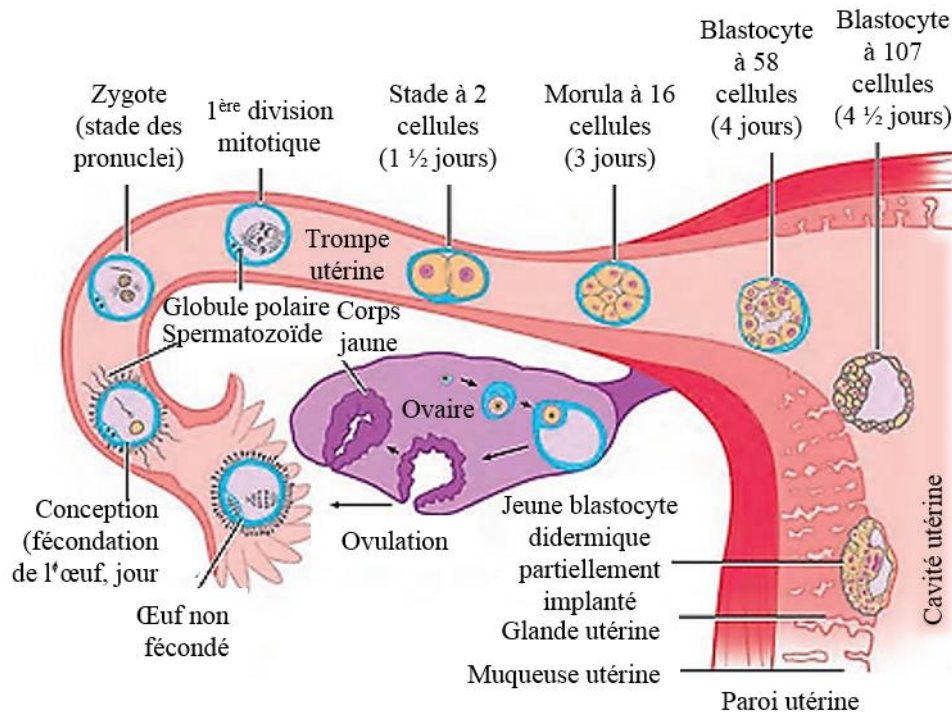


Figure 4. Période de l'œuf, première semaine du développement embryonnaire humain, d'après Larsen (2003, p. 3)

Entre le 14^e et le 15^e jour intervient la gastrulation : l'épiblaste se différencie en trois feuillettes avec l'apparition de la ligne primitive le long de la ligne médiane, future région formée des couches du mésoblaste et de l'entoblaste qui formeront le disque embryonnaire tridermique. Le mésoblaste se divise en 3 régions para-axiale, intermédiaire et latérale, la partie para-axiale se divisant en segments pour former les somites. Au cours de la troisième semaine intervient la formation de la ligne primitive et l'invagination des cellules, qui aboutit à la répartition des cellules en trois feuillettes germinatifs : un feuillet externe, l'ectoderme, un feuillet moyen, le mésoderme, et un feuillet interne, l'endoderme (Larsen, 2003 ; Cochard, 2012).

Ces mouvements sont responsables d'une modification de la destinée des cellules. Ces trois feuillettes donneront naissance à l'ébauche des organes. L'ectoderme produira le système pileux, les ongles ainsi que la peau, l'endoderme se développera pour former les systèmes digestifs et respiratoires. Le mésoderme évoluera pour sa part en mésenchyme pour former les systèmes squelettique, cartilagineux, musculaire et circulatoire autour de la 12^e semaine de gestation (Larsen, 2003).

Après la gastrulation intervient, au 19^e jour, une phase d'organogénèse mettant en jeu un « plissement » de l'embryon. La conséquence de ce « soulèvement » est la délimitation du corps de l'embryon et sa séparation des membranes extra-embryonnaires, à l'exception de la région du futur cordon ombilical. La conformation acquise est celle d'un tube intérieur (intestin primitif, formé à partir du feuillet germinatif endodermique) inclus dans un tube extérieur (peau primitive, dérivée du feuillet germinatif ectodermique), les deux étant séparés par le mésoderme, squelette primitif. Un autre plissement au niveau de l'ectoderme est responsable de la neurulation avec la formation du tube neural, ébauche du système nerveux central. Des cellules s'invaginent et migrent sur la ligne médiane en direction céphalique pour former le processus notochordal, qui définira l'axe longitudinal primordial de l'embryon et l'emplacement des futurs corps vertébraux.

Durant la phase d'organogénèse, ces ébauches d'organes continuent leur croissance et leur différenciation jusqu'à ce qu'ils commencent à fonctionner au cours de la vie intra-utérine (Larsen, 2003). Les différentes étapes de développement d'un embryon sont conventionnellement divisées selon les « stades de Carnegie » (figure 5, figure 6), séquence définie à partir de critères relatifs à son âge, à ses dimensions et à certaines de ses caractéristiques morphologiques (Stranding, 2015).

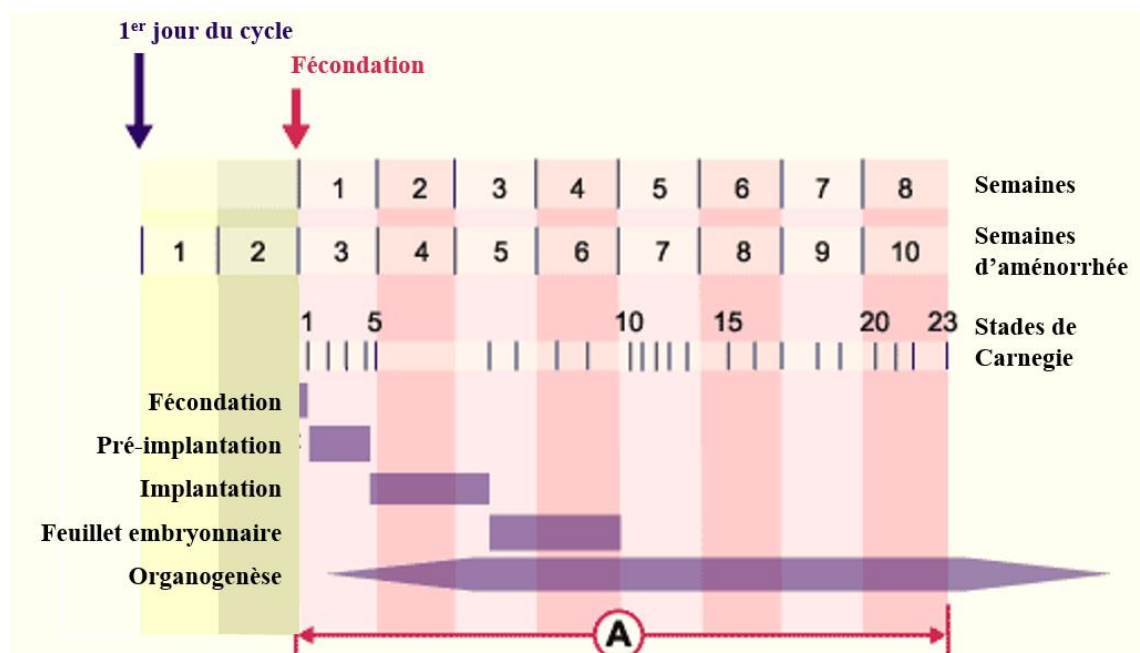


Figure 5. Stades de Carnegie et périodes principales de l'embryogénèse, <http://www.embryology.ch/anglais/ipperiodembry/carnegie01.html>

Ce système tient son nom des premières observations d'embryons humains issus d'avortements spontanés, réalisées en 1916 par la *Carnegie Institution of Washington*. L'idée de séparer le développement embryologique en étapes est ensuite développée par Streeter (1942), avant que la séquence ne soit complétée et dénommée par O'Rahilly et Müller (1987). Ces stades permettent de pallier la relative imprécision de l'estimation de l'âge de l'embryon, due à la variabilité de la date d'ovulation par rapport au premier jour du cycle. La séquence elle-même est immuable, même si deux embryons du même âge peuvent être classés dans des stades différents. Les 56 jours embryonnaires, c'est-à-dire les huit semaines qui précèdent la période fœtale, sont ainsi divisés en 23 stades de Carnegie à partir de la période pré-implantatoire (figure 6).

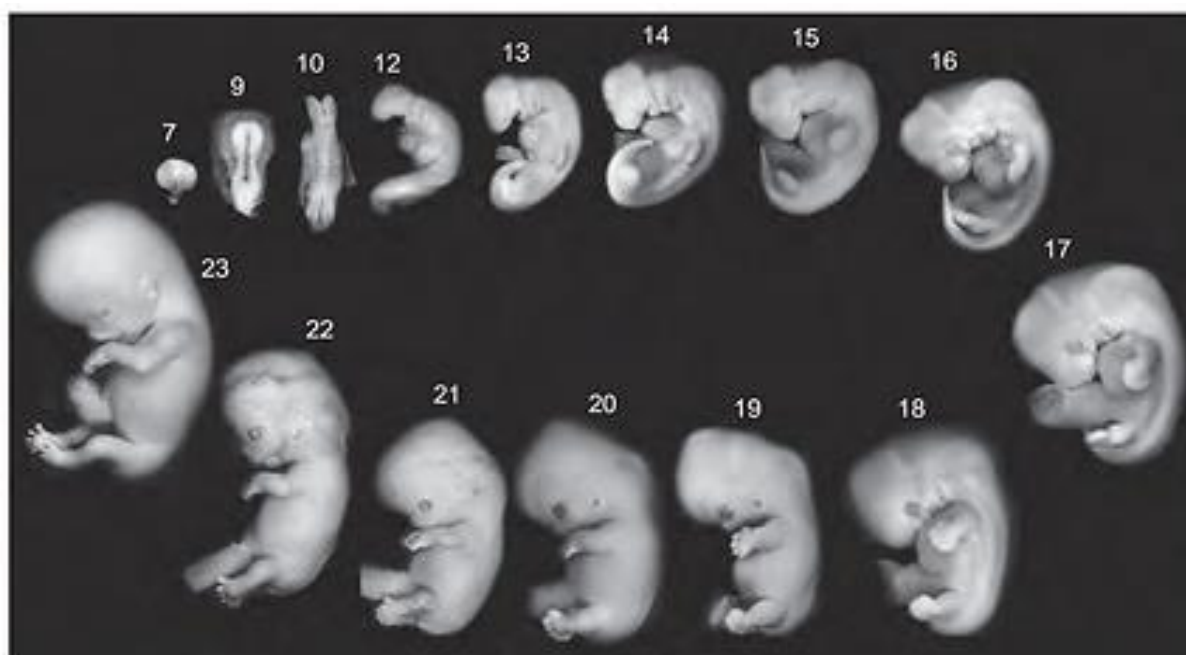


Figure 6. Exemples du développement embryonnaire entre les stades de Carnegie 7 à 23, embryons humains de la collection de Kyoto, d'après Larsen (2003, p. 7)

I.2. L'ostéoformation, principes généraux

L'os se forme à partir des tissus mésenchymateux primitifs (Larsen, 2003). Deux mécanismes d'ossification existent conjointement chez les Mammifères (Holden et Shuter, 1882 ; Sinnatamby et Last, 1999 ; Cunningham *et al.*, 2016), le premier étant **l'ossification enchondrale** (l'os se forme à partir d'une matrice cartilagineuse), que l'on observe principalement sur le squelette appendiculaire à l'exception d'une partie des clavicules, et le second étant **l'ossification membraneuse** (l'os se forme à partir d'un tissu mésenchymateux). La différence majeure entre l'ossification membraneuse et l'ossification enchondrale est que cette dernière passe par l'intermédiaire d'une ébauche de cartilage hyalin.

À l'origine de la formation de l'os cartilagineux interviennent les cellules mésenchymateuses qui migrent et se condensent sur le site de la future ossification pour se différencier en chondrocytes, sous la pression de facteurs de croissance locaux et d'hormones thyroïdiennes (Hall, 1988 ; Larsen, 2003). Les chondrocytes sécrètent des molécules de la matrice cartilagineuse extracellulaire (figure 7), dont du collagène de type II (collagène constituant la matrice du cartilage hyalin).

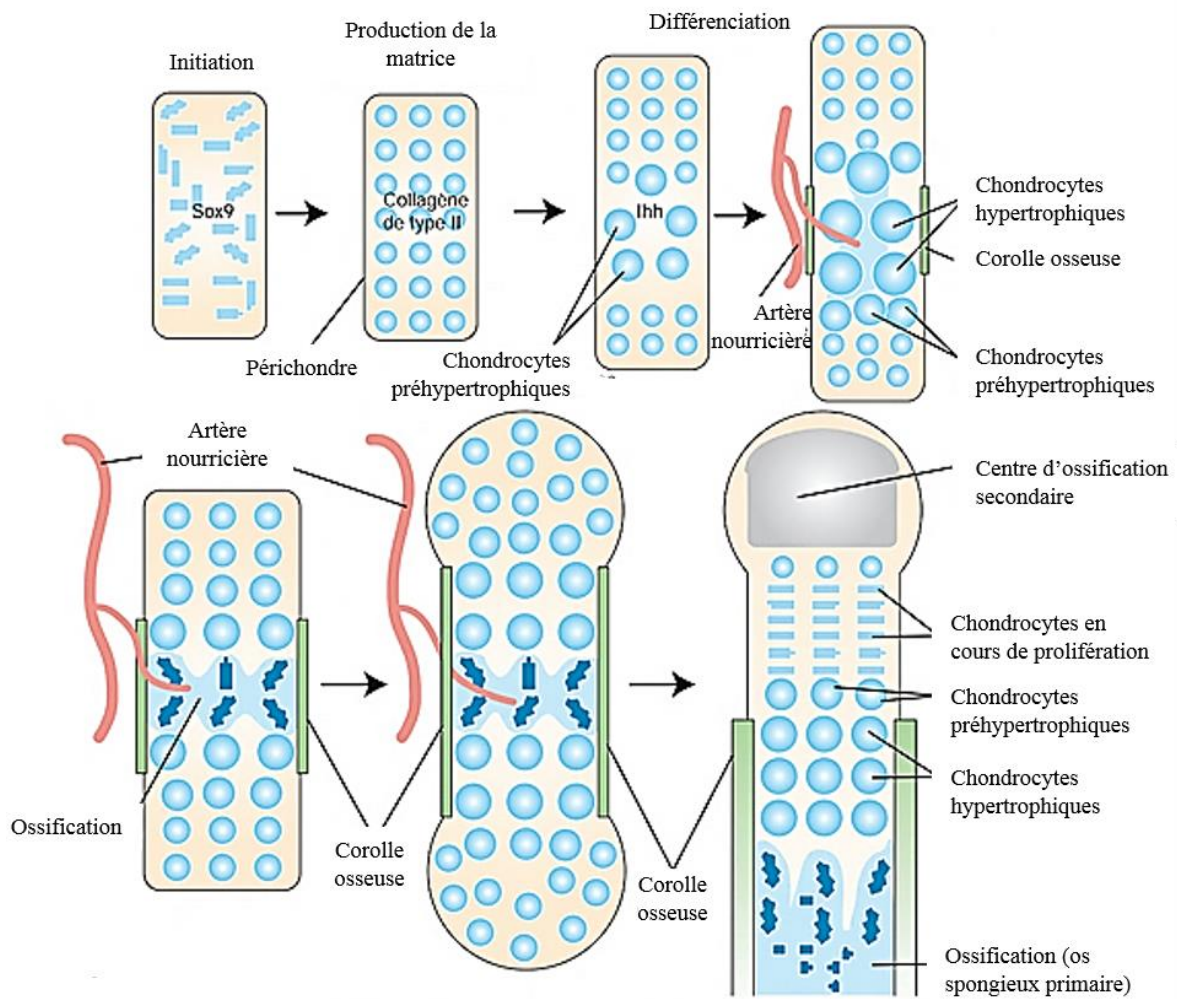


Figure 7. Développement d'un os long, résumé des événements, d'après Larsen (2003, p. 187)

Les chondrocytes se répartissent en plusieurs couches et deviennent des chondrocytes préhypertrophiques, puis hypertrophiques. Les chondrocytes quiescents se situent au niveau des épiphyses et assurent la croissance cartilagineuse. De l'extérieur vers le cœur de la diaphyse, on trouve des chondrocytes prolifératifs, une zone préhypertrophique, puis une région de chondrocytes hypertrophiques (figure 7). Ces derniers expriment du collagène de type X (collagène présent dans le cartilage hypertrophié et minéralisé) et sont entourés d'une matrice calcifiée. Le processus d'ossification commence dans le point d'ossification primaire après l'hypertrophie des chondrocytes.

Le cartilage est alors pénétré par le réseau vasculaire, dont un vaisseau devient dominant (l'artère nourricière). Cette invasion vasculaire est accompagnée de tissu conjonctif doté de pré-ostéoblastes, lesquels deviennent des ostéoblastes et remplacent les chondrocytes hypertrophiés dans la zone spongieuse primaire. Grâce à un apport d'hydroxyapatite de calcium par les vésicules matricielles, les ostéoblastes produisent une matrice minéralisée avec du collagène de type I à partir du centre jusqu'aux épiphyses, formant un réseau d'os trabéculaire lâche. L'intervention d'ostéoclastes permet une résorption de l'os néoformé et le modelage de l'os. Autour de la diaphyse au niveau de la corolle osseuse, les ostéoblastes se différencient et assurent l'épaississement de la circonférence de l'os, qui devient l'os cortical.

Jusqu'à l'âge de 4 ans environ, la croissance normale de l'os suit une double dynamique avec une **croissance longitudinale** doublée d'une **croissance circonférentielle** par apposition d'os périosté. Dans la phase de progression longitudinale des os longs, il existe un front d'ossification très net au niveau de la métaphyse entre le cartilage de croissance et le tissu osseux néoformé. À l'issue de cette ossification primaire, un équilibre entre ostéoformation et ostéorésorption s'installe au fur et à mesure du modelage et du remodelage de l'os pour l'ossification secondaire, permettant le remplacement de l'os spongieux primaire ou "*woven bone*" par du tissu osseux plus ordonné ou "*lamellar bone*" (Roberts et Manchester, 2007 ; Cunningham *et al.*, 2016). Le front d'ossification rejoindra les points d'ossification secondaires situés au niveau des épiphyses, leur fusion et l'ossification de la plaque cartilagineuse épiphysaire marquant l'arrêt de la croissance longitudinale de l'os (Larsen, 2003). Pour la croissance circonférentielle, l'os d'aspect désorganisé peut macroscopiquement être identique à de l'os fibreux pathologique (Cunningham *et al.*, 2016).

L'ossification membraneuse apparaît pour sa part comme le mode d'ossification le plus phylogénétiquement primitif, et comme le premier à intervenir dans le développement du squelette (McLean et Urist, 1955). Elle s'effectue à partir d'un support constitué de condensation fibreuse, laquelle est minéralisée directement sans l'aide d'un cartilage précurseur par les ostéoblastes *via* la vascularisation (Cunningham *et al.*, 2016). La prolifération osseuse s'effectue dans une région de densification du réseau capillaire (Hamilton *et al.*, 1972). Les trabécules s'étendent de manière radiale à partir du point d'ossification primaire puis s'étendent autour des vaisseaux sanguins, les cellules mésenchymateuses se différencient en ostéoblastes. Ces derniers, une fois enfermés dans la matrice deviennent des ostéocytes, et les premiers ostéons se forment (Weinmann et Sicher, 1955 ; Ogden *et al.*, 1979).

Ces deux types d'ossifications interviennent simultanément au niveau des régions anatomiques du squelette, différentes parties d'un même élément osseux provenant dans certains cas des deux types d'ossification (Kamina, 1990 ; White et Arend Folkens, 2000 ; Drake *et al.*, 2006). Les explications relatives à l'existence de deux types d'ossification concomitants demeurent toutefois incertaines. D'après Holden et Shuter (1882) ainsi que Sinnatamby et Last (1999), l'ossification membraneuse serait plus rapide, et donc dévolue aux régions d'importance majeure nécessitant une protection très précoce durant l'embryogénèse. Les côtes et la mandibule devraient par exemple nécessairement être fonctionnelles en priorité, afin de pouvoir assurer dès la naissance les fonctions alimentaires et respiratoires (Holden et Shuter, 1882). Même si ces deux types d'ossifications prévalent dans la formation du squelette, l'existence d'un troisième processus a été reportée. Certaines régions de la clavicule, de la mandibule et des zones suturaires du neurocrâne semblent en effet commencer leur ossification à partir d'un support membranaire qui acquiert progressivement une structure cartilagineuse, ce qui pourrait constituer une forme d'ossification intermédiaire (Cunningham *et al.*, 2016). Les os plats du bloc cranio-facial ainsi que la clavicule et le maxillaire procèdent ainsi d'une ossification intra membranaire, tandis que les temporaux, le sphénoïde et l'occipital sont issus d'une combinaison des deux mécanismes (Cunningham *et al.*, 2016 ; Lewis, 2017b).

Pour certains éléments du squelette (*e.g.* pariétaux, carpe), l'ensemble de l'os se forme à partir d'un unique point d'ossification primaire. Dans le cas contraire, lorsque l'os ne se constitue pas sur l'ensemble de la matrice cartilagineuse précurseur, les points d'ossification secondaires se développent. Le moment où intervient la fusion du point primaire et du point secondaire au cours du développement est variable selon les régions anatomiques et les individus. Si la grande majorité des points d'ossification primaires apparaît dans un ordre précis et selon une chronologie spécifique au cours de la grossesse, certains, comme par exemple le pisiforme au cours de l'enfance, apparaissent bien plus tard au cours du développement (Cunningham *et al.*, 2016).

La condensation des cellules mésenchymateuses de surface est responsable de la formation du périoste, tissu fibreux qui entoure les os à l'exception de l'endocrâne et des articulations présentant du cartilage hyalin. Ce tissu est composé d'une couche externe dotée de cellules graisseuses, ainsi que d'une couche interne présentant des fibres élastiques denses conservant une action ostéogénique tout au long de la vie (Stranding, 2015). Cette membrane est reliée à la corticale par les fibres de Sharpey, fibres de collagène qui sont plus courtes et moins nombreuses chez les individus immatures (Caffey et Silverman, 1945). Les fibres étant

moins bien fixées à l'os chez ces derniers, la membrane est davantage susceptible de présenter des déchirures et de jouer un rôle dans l'apparition de fractures dites « en bois vert » (Cf. *infra*, chap. III, I.2.5.).

II. Description anatomique et variabilité de l'individu à terme

Le nouveau-né présente en moyenne 450 éléments ou points d'ossification osseux distincts, dont 45 pour le bloc crânio-facial (Baker *et al.*, 2005). La majorité des points d'ossification primaires est présente entre la 7^e et la 12^e semaine de gestation (Baker *et al.*, 2005). Nous présentons ici un rappel de description anatomique du squelette de l'individu à terme. Cette description anatomique générale détaille un squelette « théorique », même si l'individu en période périnatale, comme les autres classes d'âge, présente une variabilité. Cette partie se fonde principalement sur la synthèse de Cunningham, Scheuer et Black (2016) ainsi que sur l'ouvrage de Baker (2005). Nous avons respecté en première intention la nomenclature anatomique internationale ainsi que la position anatomique des éléments osseux. Certains éléments ne sont pas présentés en position anatomique lorsque les figures publiées dans les ouvrages de référence ne le sont pas, et que ces orientations sont apparues comme préférables pour la clarté de la description.

II.1. Occipital

L'occipital (figure 8 et figure 9) se développe à partir de plusieurs points d'ossification de manière enchondrale ou membraneuse selon ses différentes régions anatomiques (Baker *et al.*, 2005). L'ossification de la partie squameuse débute au 23^e stade embryonnaire (Cunningham *et al.*, 2016), c'est-à-dire entre la 8^e et la 10^e semaines d'aménorrhée (s.a.). Elle provient de la fusion entre la partie supra occipitale (*pars supra-occipitalis*), région inférieure première à se former par ossification enchondrale, et la partie interpariétale (*pars interparietalis*), région supérieure et deuxième à apparaître par ossification membraneuse (figure 8). Ces deux parties fusionnent au cours du 5^e mois *in utero* au niveau de la *sutura mendosa*, à partir de sa région centrale. Au début de la 9^e s.a., deux points d'ossification d'origine membraneuse apparaissent et fusionnent avec la partie supra-occipitale. La *pars supra-occipitalis* est occasionnellement porteuse d'un processus ou d'un osselet surnuméraire appelé processus de Kerckring (figure 8) apparaissant vers le 4^e mois *in utero* et fusionnant avec la voûte avant la naissance d'après Scheuer et Black (2016).

L'origine de cet élément et sa présence sous forme de processus ou d'os restent toutefois soumises à discussion, et plus de précisions seront apportées sur ce point par la suite (Cf. *infra*, chap. XI, I.1.1.1.).

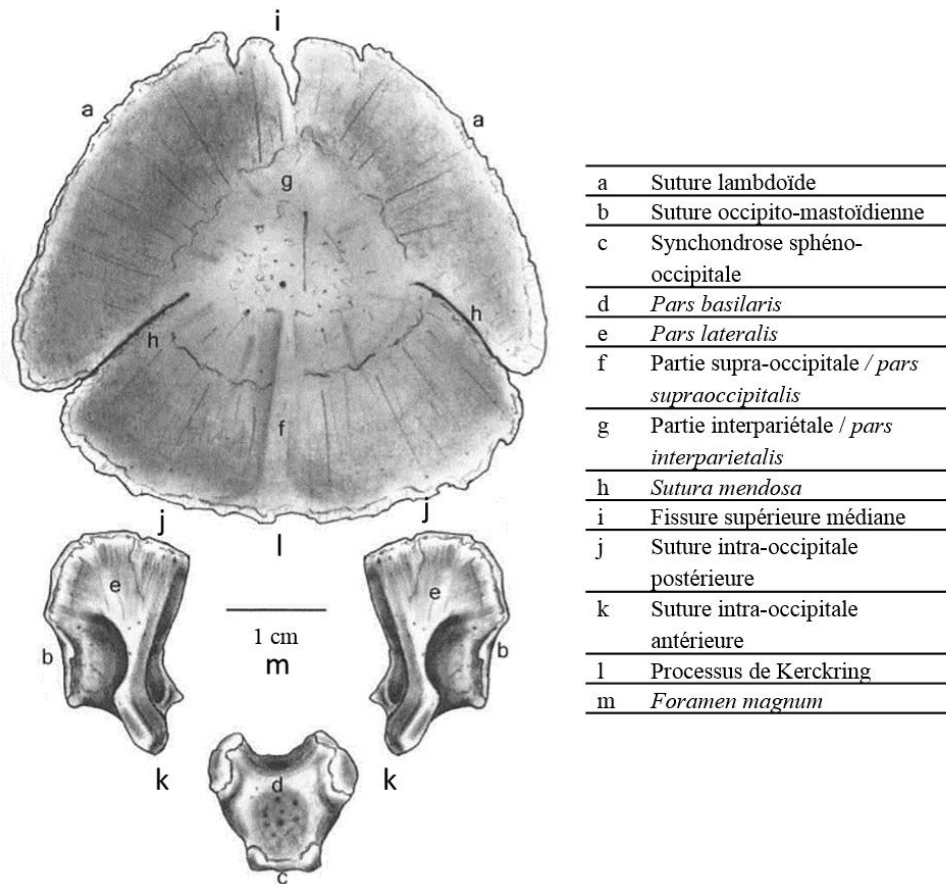


Figure 8. Occipital en vue endocrânienne, modifié d'après Baker et al. (2005, p.35)

La partie basale de l'occipital est formée des deux *pars lateralis* ainsi que de la *pars basilaris* (figures 8 et figure 9). Les points d'ossification primaires des *pars lateralis* apparaissent de manière enchondrale après la *pars supra-occipitalis* et la *pars interparietalis*, entre la 8^e et la 9^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Leurs branches jugulaires (face supérieure ou interne) et condylaires (face inférieure ou externe) se développent à partir de la partie antéro-médiale au cours de la période fœtale et formeront le canal hypoglosse après la naissance (figure 9). La base de la branche jugulaire sur la face interne de l'os présente une protubérance, le tubercule jugulaire. Les parties postérieures des condyles occipitaux, de forme ovale, sont quant à eux localisés en face externe.

La *pars basilaris* commence son ossification à partir d'un, voire deux points primaires entre la 11^e et la 12^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Elle se caractérise par un bord arrondi qui forme la partie antérieure du *foramen magnum*, ainsi que par deux surfaces articulaires latérales qui constituent la partie antérieure des condyles occipitaux. Les évolutions morphologiques de

l'élément osseux, lequel acquiert au fur et à mesure une forme trapézoïdale, sont fortement corrélées à l'âge foetal. La *pars basilaris* adopte une forme en « Y » à la fin de la 20^e s.a., puis demeure plus large que long jusqu'au 6^e mois *in utero* (Scheuer et MacLaughlin-Black, 1994 ; Cunningham *et al.*, 2016). Les *pars lateralis* s'articulent avec la partie squameuse au niveau de la *sutura intra-occipitalis posterior*, et avec la *pars basilaris* au niveau des *sutura intra-occipitalis anterior* (figure 8). Le *foramen magnum* est formé par le contour inférieur de la *pars supra-occipitalis*, les contours médians des *pars lateralis*, ainsi que par le bord postérieur de la *pars basilaris* (figure 8).

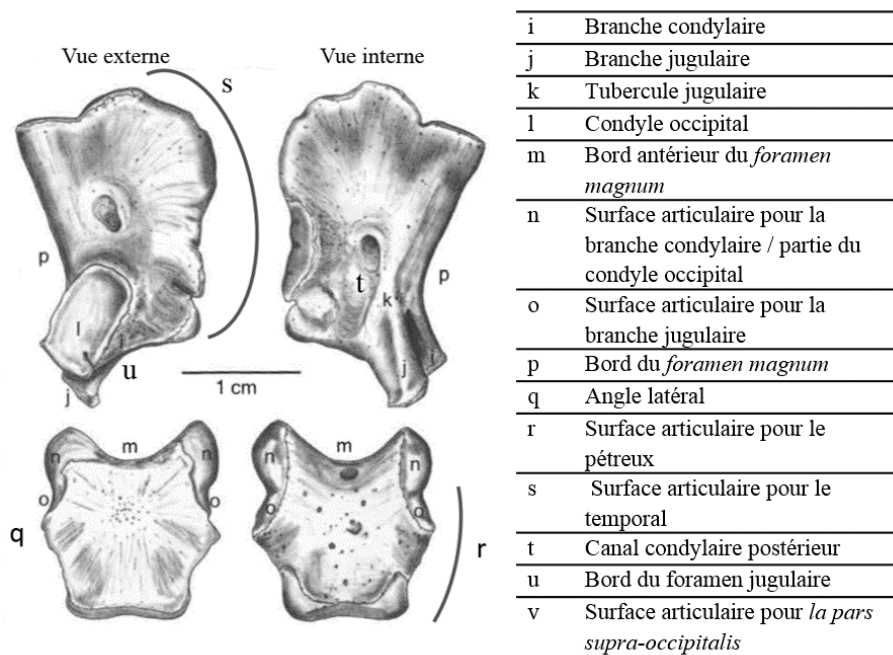


Figure 9. Pars basilaris gauche et pars lateralis droite, modifié d'après Baker *et al.* (2005, p.36)

II.2. Temporal

L'ossification du temporal (figure) s'effectue, comme l'occipital, par ossification enchondrale et membraneuse en fonction des éléments qui le constituent (Cunningham *et al.*, 2016). La partie pétreuse du temporal présente une forme irrégulière avec une extrémité antérieure cochléaire arrondie et une extrémité postérieure élargie. Le méat acoustique interne est situé médialement, antérieurement à la *fossa subarcuata* (figure 10). Il est occupé par les nerfs faciaux et vestibulo-cochléaires, tandis la *fossa subarcuata* accueille l'artère subarcuata. La cavité tympanique est complètement ossifiée au cours de la 30^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016).

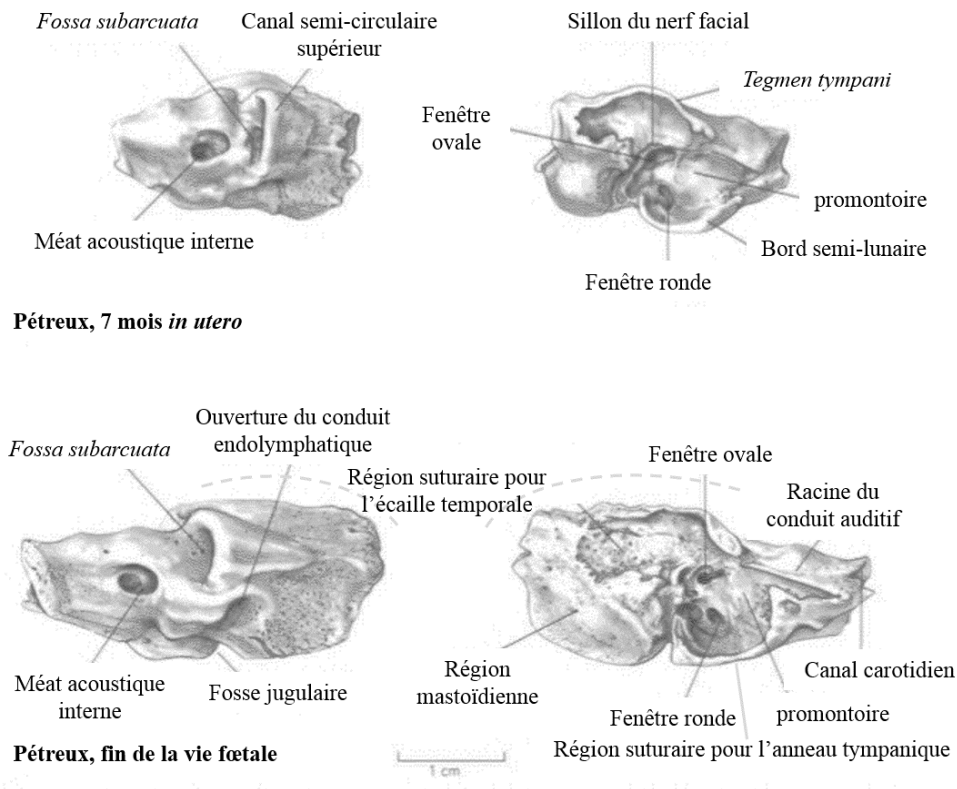


Figure 10. Partie pétreuse du temporal à 7 mois *in utero* et à terme, à gauche : vue latérale, à droite : vue médiale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.76)

La partie squameuse du temporal (figure 11) commence à s'ossifier de manière membraneuse entre la 7^e et la 8^e s.a. Le nombre de points d'ossification (entre un et trois), ne fait pas l'objet d'un consensus. Le processus zygomatique, situé sur la partie inférieure de la face externe, apparaît très tôt dans le développement de l'élément. Il se projette antérieurement, à partir du bord incurvé qui évoluera en fosse mandibulaire (Cunningham *et al.*, 2016). L'ossification de la région pétreuse (figure 10) débute par l'anneau tympanique (figure) au cours de la 9^e semaine de gestation, entre le premier et le second arc pharyngés, postérieurement à la mandibule. Au cours de la 19^e s.a., le *sulcus* tympanique a commencé sa formation (Cunningham *et al.*, 2016). Les cornes antérieure et postérieure encadrent l'incisure tympanique, et la gouttière correspond au processus antérieur du malleus ou marteau (figure 12). Cette gouttière est délimitée supérieurement par la *crista spinarum*, incisure dont les extrémités forment les épines tympaniques postérieures et antérieures (figure 12). L'extrémité inférieure de la gouttière du malleus forme le tubercule tympanique antérieur, le tubercule tympanique postérieur étant situé inférieurement à la corne postérieure de l'anneau (figure 12). Le *sulcus* tympanique correspond à l'insertion de la membrane tympanique.

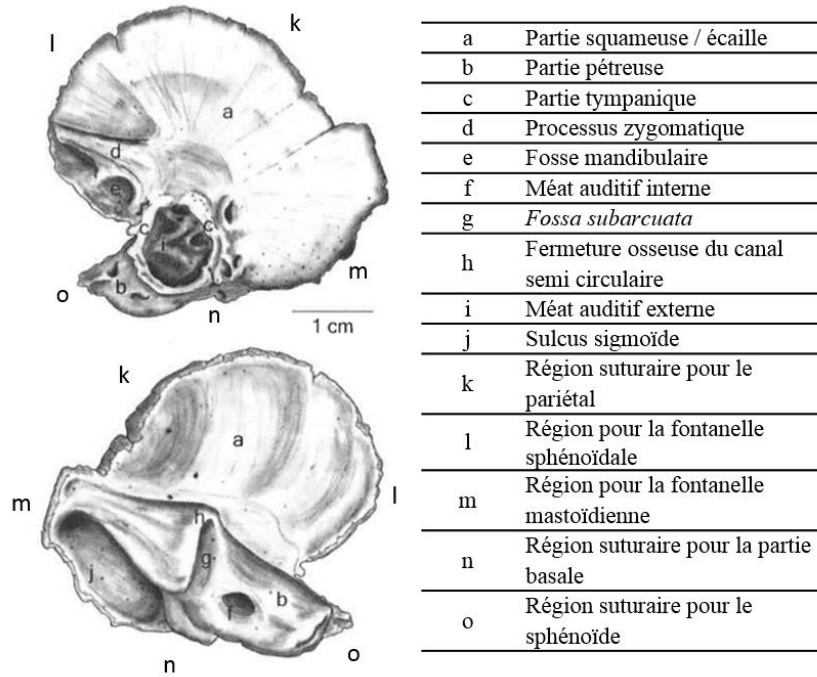


Figure 11. Partie squameuse du temporal, modifié d'après Baker et al. (2005, p.37)

L'anneau tympanique fusionne généralement avec la partie squameuse autour du terme (Baker *et al.*, 2005), même si la variabilité de ce processus de maturation sera discutée dans les résultats de notre étude (*Cf.infra*, chap. XI, I.1.1.).

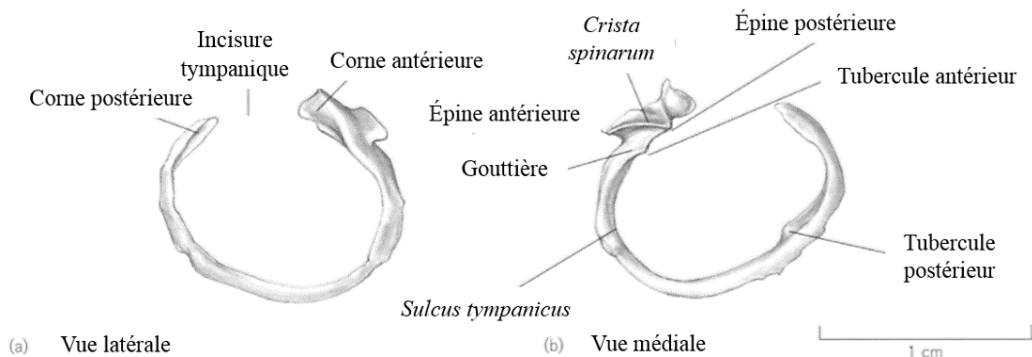


Figure 12. Anneau tympanique droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.77)

L'ossification de la région pétreuse se poursuit au cours de la 16^e s.a. par le labyrinthe osseux autour de la capsule otique (figure 13), issue d'une ossification enchondrale pour la majorité de la structure. La capsule est ossifiée presque entièrement à la fin de la 23^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Le nombre de points d'ossifications primaires de cette région est élevé et variable. L'ossification du reste du temporal ne commence que lorsque la capsule cartilagineuse a atteint ses proportions définitives, entre la 16^e et la 23^e s.a (Declau *et al.*, 1989). Le labyrinthe osseux, les osselets de l'oreille interne et l'anneau tympanique acquièrent leurs dimensions adultes tôt dans la gestation, entre la 20^e et la 25^e s.a. pour le *malleus*.

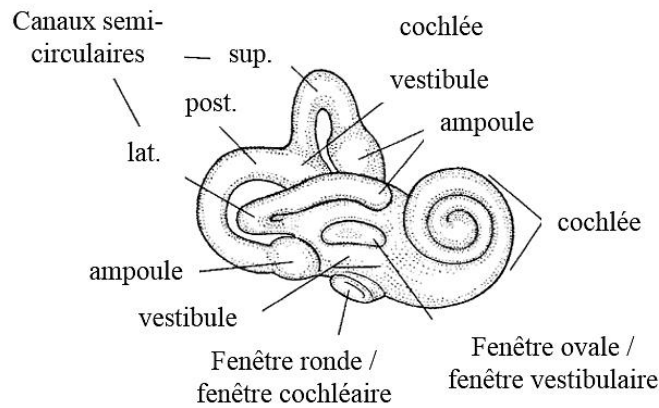


Figure 13. Labyrinthe osseux, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 68), schéma d'origine sans échelle

Les osselets de l'oreille interne, plus petits os du squelette humain, sont situés à l'intérieur du pétreux. L'*incus* (ou enclume) puis le *malleus* commencent à s'ossifier au cours de la 16^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Le *stapes* ou étrier débute son ossification 2 semaines plus tard pour la finir vers la 24^e s.a. Le *malleus* est l'osselet le plus latéral et jouxte la membrane tympanique. Il présente une tête arrondie, un processus latéral court, un processus antérieur long ainsi qu'un manche (figure 14).

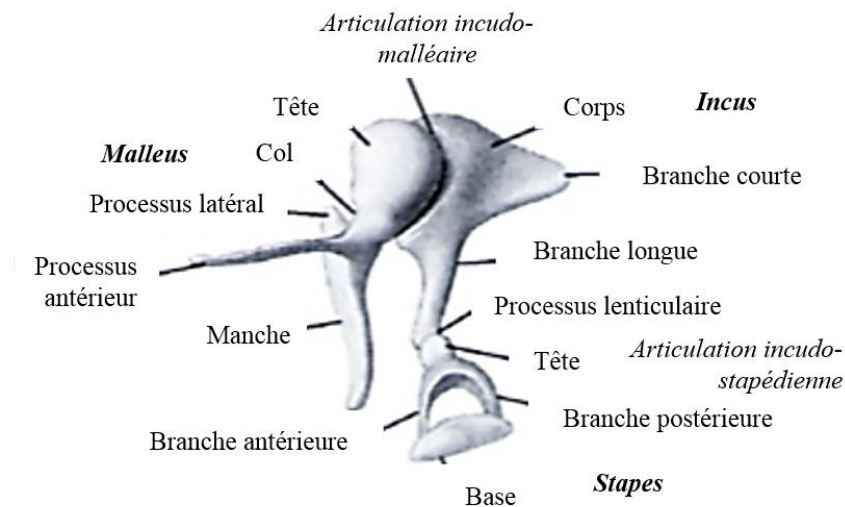


Figure 14. Osselets de l'oreille interne, modifié d'après Kamina, (1983 p. 1217)), schéma d'origine sans échelle

La tête du *malleus* s'articule avec le corps de l'*incus* au niveau de l'articulation incudo-malléaire. Le corps de l'*incus* se prolonge postérieurement par une branche courte et inférieurement par une branche longue à l'extrémité de laquelle se trouve le processus lenticulaire. Le *stapes* s'articule avec le processus lenticulaire de l'*incus* au niveau de sa tête par l'articulation incudo-stapédienne. L'*incus* présente une base, une branche antérieure et une branche postérieure.

II.3. Le sphénoïde

Le sphénoïde (figure 15) s'ossifie à partir d'un nombre élevé et variable de points d'ossification primaires, qui fusionnent majoritairement avant la naissance (Cunningham *et al.*, 2016). On distingue cinq régions anatomiques. La première est le corps, d'ossification enchondrale, composé du pré-sphénoïde (s'ossifiant entre 12 et 14^e s.a.) et du post-sphénoïde (s'ossifiant entre la 13^e et 16^e s.a.). Le pré-sphénoïde constitue le bord médial du canal optique.

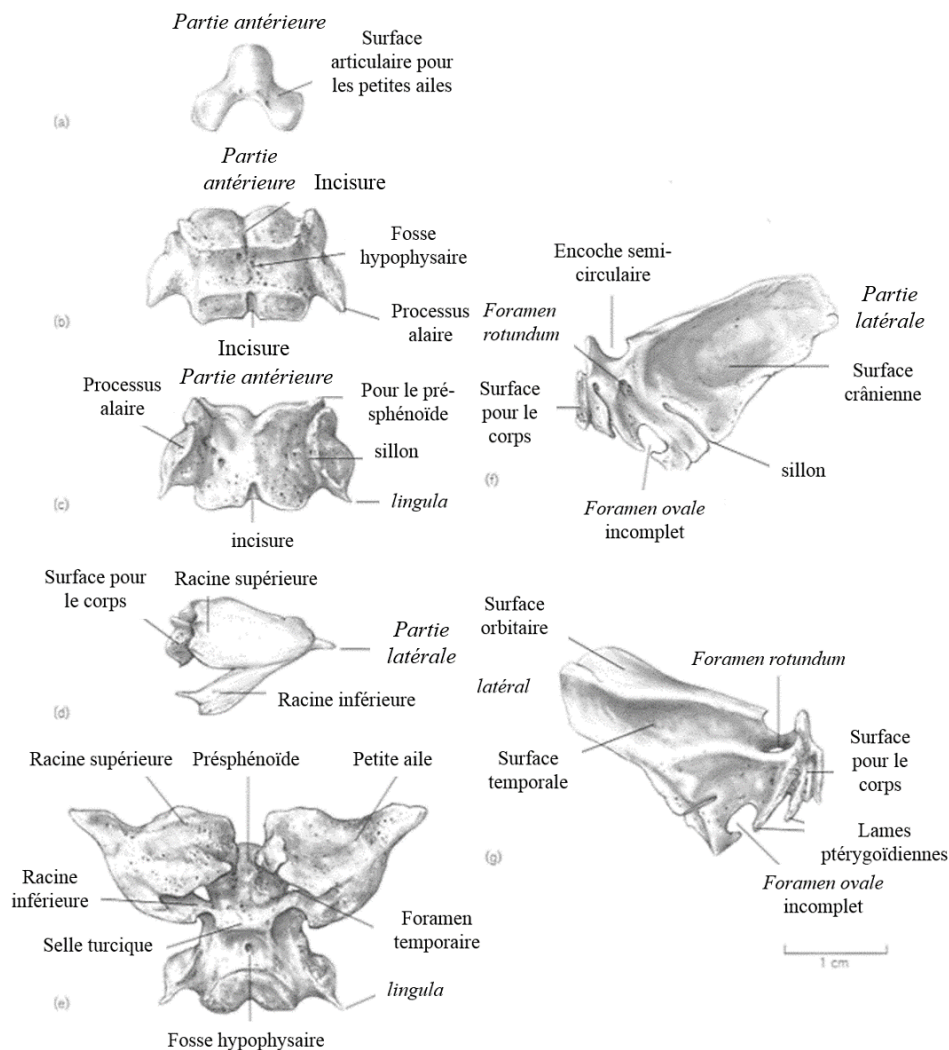


Figure 11. Différentes régions anatomiques du sphénoïde en cours de maturation, a) pré-sphénoïde, b) post-sphénoïde en vue supérieure, c) post-sphénoïde en vue inférieure, d) petite aile droite, e) petite aile fusionnée au corps, f) grande aile droite en vue supérieure, g) grande aile droite en vue inférieure. Figures modifiées d'après Scheuer et Black (2000, p. 91)

Le post-sphénoïde présente la fosse hypophysaire sur sa face supérieure. Les petites ailes commencent leur ossification enchondrale autour de la 12^e s.a. Les grandes ailes procèdent d'une ossification à la fois enchondrale et membraneuse à partir de la 9^e et 10^e s.a. Leur partie latérale s'ossifie de manière membraneuse, tandis que leur partie médiale autour du *foramen*

rotundum s'ossifie de manière enchondrale.

Le *foramen ovale* incomplet est situé au niveau de l'angle latéral de l'élément osseux. Il se clôt à la fin de la gestation ou au cours de la première année de vie. Latéralement au *foramen ovale* se situe l'encoche qui donnera le *foramen spinosum* vers 2 ans. Les lames ptérygoïdiennes médiales se développent également de manière enchondrale entre la 9^e et la 10^e s.a. tout comme les lames latérales. Le cornet sphénoïdal se développe par ossification enchondrale entre 4 et 6 mois *in utero*. Il existe une variabilité dans l'ordre de fusion des différentes parties du sphénoïde, même si les petites ailes fusionnent toujours avec le présphénoïde au milieu de la vie fœtale. À la naissance, le corps est la plupart du temps soudé aux petites ailes et les grandes ailes sont fusionnées aux lames ptérygoïdes (Cunningham *et al.*, 2016).

II.4. Pariétal

Il n'y a pas de consensus concernant le nombre et la chronologie d'apparition des points d'ossification du pariétal, même si Cunningham et collaborateurs (2016) s'accordent sur deux points d'ossification s'ossifiant et fusionnant entre la 7^e et la 8^e s.a. Autour du 5^e mois lunaire, le pariétal apparaît comme une membrane osseuse dont l'éminence centrale focalise un réseau trabéculaire organisé de manière radiale (figure 16). L'os acquiert son angulation caractéristique juste après le 6^e mois lunaire (Cunningham *et al.*, 2016). Le bord le plus long est le bord supérieur qui forme la suture sagittale et s'articule avec l'autre pariétal.

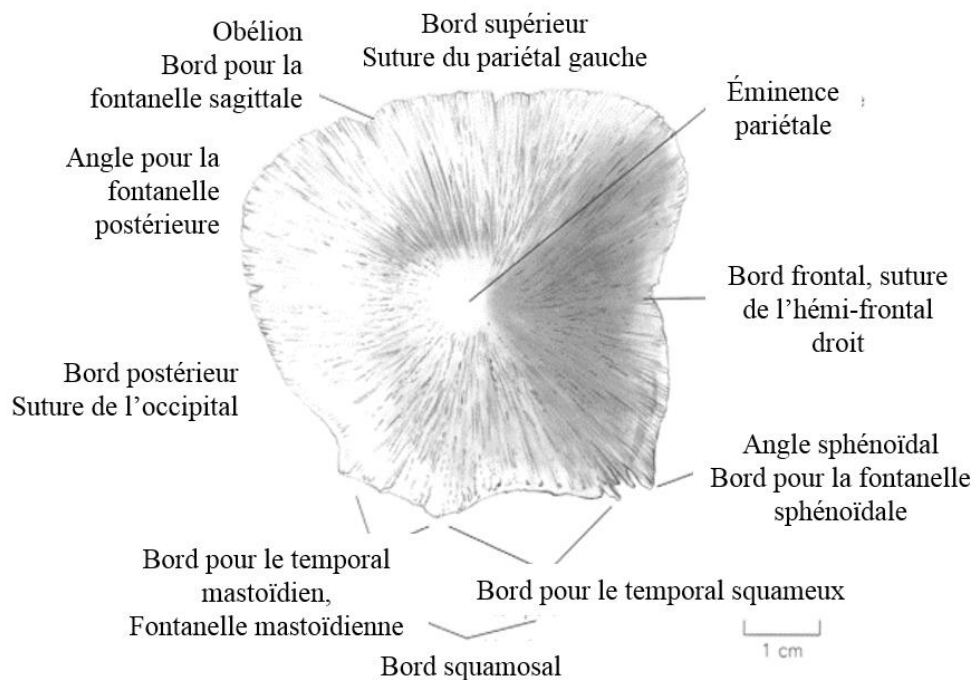
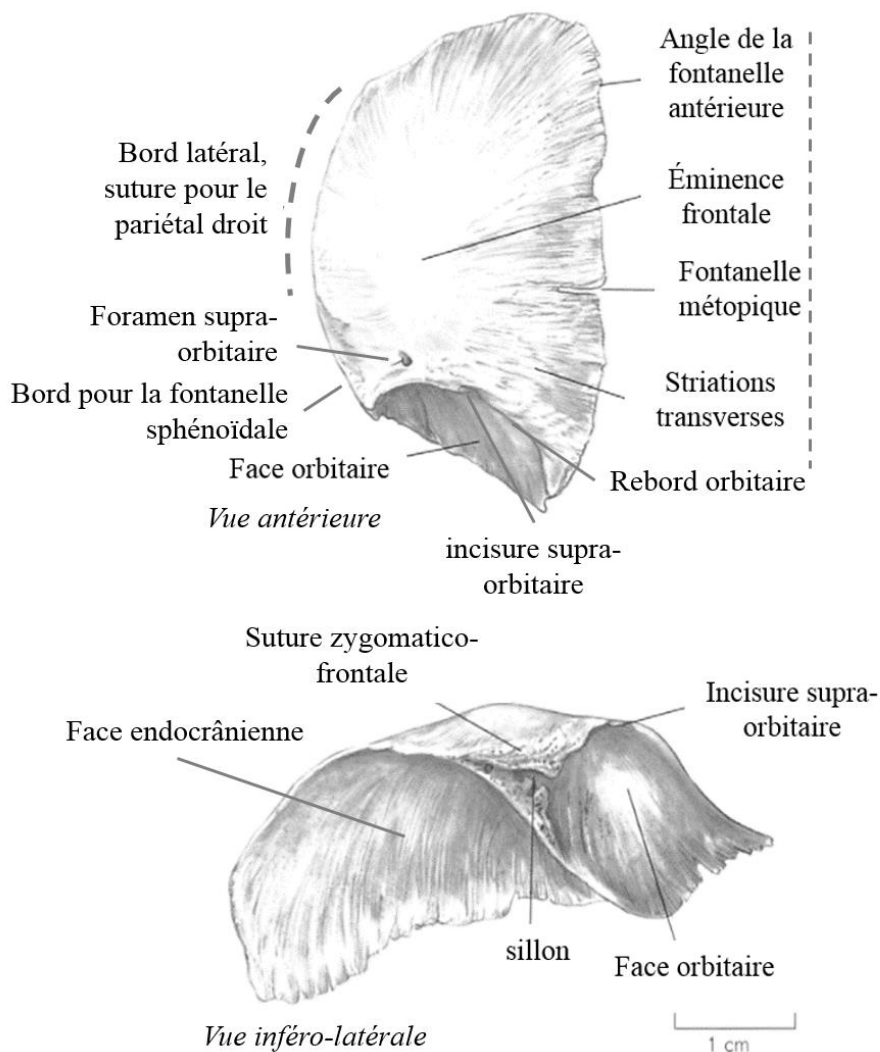


Figure 12. Pariétal droit en vue latérale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 99)

Le bord frontal formant la suture coronale est légèrement concave, alors que le bord postérieur formant la suture lambdoïde est arrondi et que le bord inférieur squamosal est divisé en une portion postérieure oblique et une portion antérieure incurvée (figure 16). La face externe est lisse et bombée au niveau de l'éminence pariétale. La face interne, plus irrégulière, peut présenter l'empreinte des sillons méningés.

II.5. Héli-frontal

Le nombre de points d'ossification de l'héli-frontal (figure 17) fait aujourd'hui consensus. Les auteurs s'accordent sur un seul centre d'ossification primaire entre les 6^e et 7^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016), et à la fin de la 8^e semaine de gestation (Baker *et al.*, 2005). Les deux héli-frontaux s'ossifient de manière membraneuse. Le processus zygomatic et le processus médial s'ossifient entre la 10^e et la 13^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016).



L'élément osseux acquiert ainsi une forme globalement ovale avec une partie squameuse fine et un rebord orbitaire épaissi et arrondi, supérieurement à la cavité orbitaire. Le bord médial de la suture métopique est plutôt droit, le bord latéral de la suture coronale davantage courbé. La surface articulaire inféro-latérale pour le processus frontal du zygomatique est porteuse d'un sillon. L'existence d'un point d'ossification secondaire pour l'épine nasale est par ailleurs sujette à discussion.

II.6. Os nasaux

Chaque os nasal se développe à partir d'un point primaire grâce à une ossification membranaire entre la 9^e et la 10^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Il comporte quatre bords, le plus long étant latéral et correspondant à la suture naso-maxillaire. Le bord médial, deuxième plus long, correspond à la suture internasale et présente une surface articulaire sur le bord médial (figure 18).

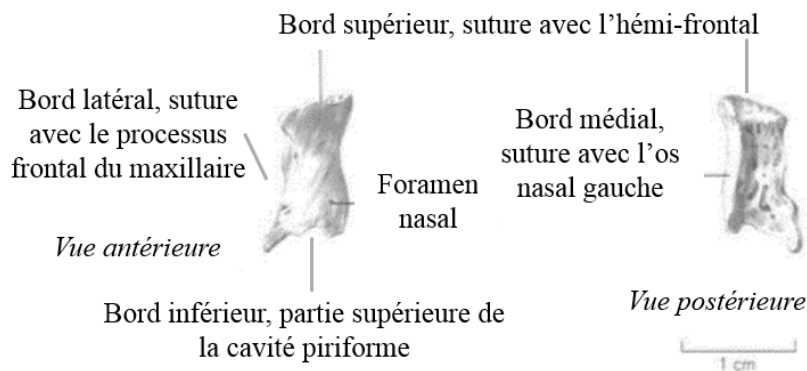


Figure 14. Os nasal droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.110)

Le bord supérieur est court et s'articule avec l'os frontal au niveau de la suture naso-frontale. Le bord inférieur (qui n'est pas articulaire) est légèrement plus large que le supérieur, légèrement courbé, avec une encoche au niveau médial. La face interne de l'os est concave et irrégulière, tandis que la surface externe est lisse. La forme des os nasaux est décrite comme variable en fonction des individus, cette diversité semblant refléter celle des morphologies adultes (Cunningham *et al.*, 2016).

II.7. Labyrinthe ethmoïdal

L'ossification du labyrinthe ethmoïdal (figure 19) s'effectue de manière enchondrale au cours du 5^e mois lunaire en commençant par la partie inférieure et médiale, jusqu'à ce que les deux labyrinthes soient presque entièrement ossifiés au cours du 6^e mois lunaire (Cunningham *et al.*, 2016).

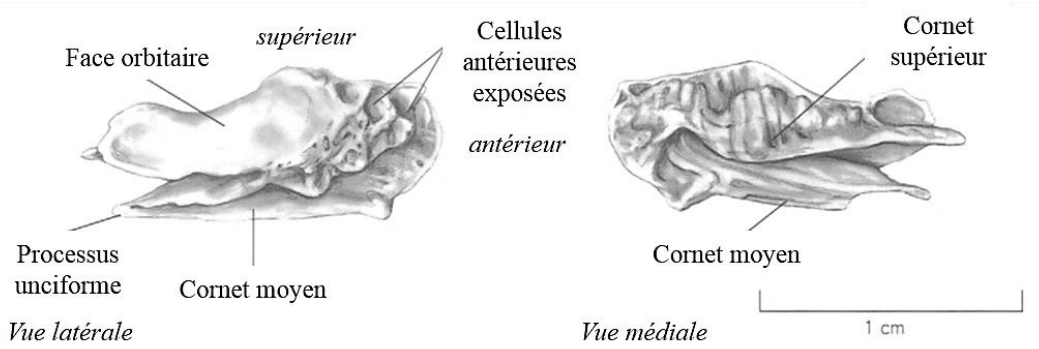


Figure 15. Labyrinthe ethmoïdal, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.151)

Au moment de la naissance, les deux masses comprennent les cornets supérieurs, les cornets moyens ainsi que des cavités sinusales. Elles sont soudées l'une à l'autre. Le côté latéral constitue la face orbitaire tandis que le côté médial présente une surface ondulée (figure 19).

II.8. Cornet nasal inférieur

Le cornet nasal inférieur (figure 20) se développe par ossification enchondrale dans la capsule nasale à partir de la 16^e s.a. Son processus maxillaire s'ossifie au cours du 7^e mois lunaire, et les processus ethmoïdaux et lacrymaux au cours du 8^e mois lunaire (Cunningham *et al.*, 2016). Le bord le plus long et le plus droit est le bord inférieur, dont l'extrémité postérieure et pointue s'articule avec le palatin.

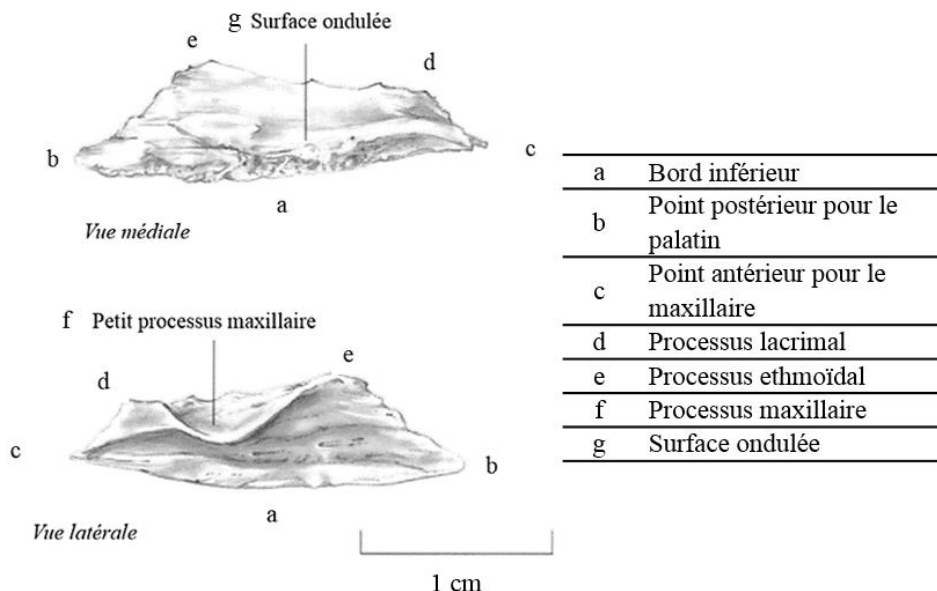


Figure 16. Cornet nasal inférieur, Scheuer et Black (2000, p.117)

L'extrémité antérieure, plus émoussée, s'articule avec le maxillaire. Le bord supérieur présente deux projections, la plus antérieure s'articulant avec le lacrymal, et la postérieure avec l'ethmoïde et le maxillaire.

II.9. Lacrymal

Le lacrymal (figure 21) est issu d'une ossification membraneuse à partir d'un point primaire apparaissant au cours de la 10^e s.a. sur la surface de la capsule nasale (Cunningham *et al.*, 2016). La face orbitaire est située latéralement par rapport à la crête lacrymale.

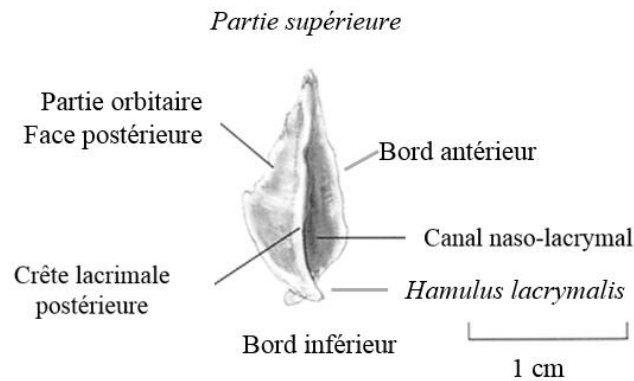


Figure 17. Lacrymal droit en vue orbitaire, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.119)

II.10. Vomer

Le vomer (figure 22) se développe de manière membraneuse à partir de deux points d'ossification primaire au cours de la 9^e s.a., lesquels fusionnent au cours de la 11^e semaine de gestation (Cunningham *et al.*, 2016). L'élément osseux a la forme d'une lame dont la partie supérieure présente un sillon terminé par des ailes dans sa portion postérieure.

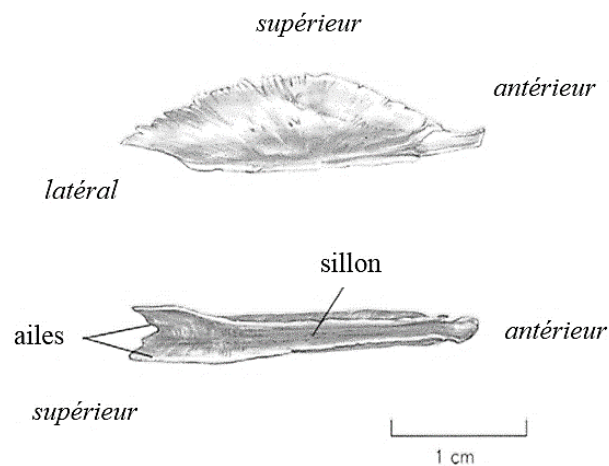


Figure 18. Vomer droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.121)

II.11. Zygomatique

Le zygomatique (figure 23) s'ossifie de manière membraneuse à partir d'un point primaire au cours de la 8^e s.a., en commençant par la partie squameuse du processus temporal, puis par le processus frontal et enfin le processus maxillaire (Cunningham *et al.*, 2016).

L'élément osseux adopte une forme proche de la morphologie adulte au cours du 6^e mois *in utero*. La surface entre l'angle médial du processus frontal et la partie supérieure du processus maxillaire constitue le bord de la partie antéro-latérale de l'orbite. Le foramen zygomatique se situe généralement latéro-inférieurement à l'orbite en face antérieure. La protubérance au niveau du bord inférieur constitue le tubercule du zygomatique.

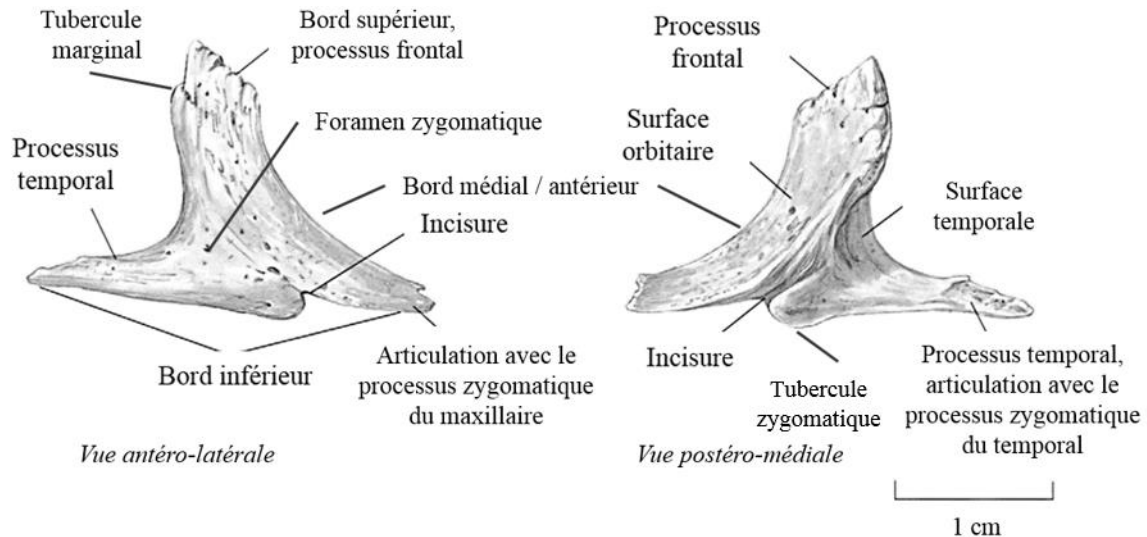


Figure 19. Zygomatic droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.125)

II.12. Maxillaire

L'ossification du maxillaire (figure 24), et en particulier l'existence d'un os pré-maxillaire distinct du maxillaire, a fait l'objet de nombreuses discussions scientifiques (Maureille, 1994 ; Maureille et Braga, 2002 ; Cunningham *et al.*, 2016). Le premier point d'ossification apparaît de manière membraneuse entre la 6^e et la 7^e semaine de gestation au niveau de la région antérieure de la capsule nasale (figure 24). Les processus frontaux et alvéolaires se développent vers la 8^e s.a. Le sinus maxillaire commence à s'ossifier entre 10 et 12 s.a. Au cours de la grossesse il est rempli de liquide amniotique, et ne se remplit d'air que 10 jours environ après l'accouchement. Les germes des dents déciduales commencent leur calcification entre la 14^e et la 16^e s.a., et les germes des molaires permanentes sont ébauchés à la naissance (Schwartz et Dean, 2000 ; Piette et Goldberg, 2001). Le développement des germes dentaires sera détaillé dans le chapitre dédié (*Cf. infra*, chap. XII, III.I). Le processus frontal est court en raison des dimensions réduites de la face du nouveau-né. Le foramen infra-orbitaire est situé latéralement au processus frontal.

Il constitue l'ouverture en face externe du canal infra-orbitaire qui se prolonge avec le sulcus infra-orbitaire sur la face postérieure de la surface orbitaire. L'articulation entre le processus palatin et le processus alvéolaire s'effectue *via* la suture prémaxillaire, dont l'expression anatomique et la chronologie d'occlusion ont permis de discuter certains processus ontogéniques de la lignée Hominoïde (Maureille et Houët, 1993 ; Maureille et Braga, 2002). Sa composante palatine est en effet commune à la lignée humaine et à la lignée des grands singes, tandis que sa composante antérieure se ferme selon une chronologie distincte en fonction des taxons. Chez l'humain, cette partie de la suture pré-maxillaire est close à la naissance, sauf à de rares exceptions où elle reste ouverte sur quelques millimètres de long au niveau du processus frontal.

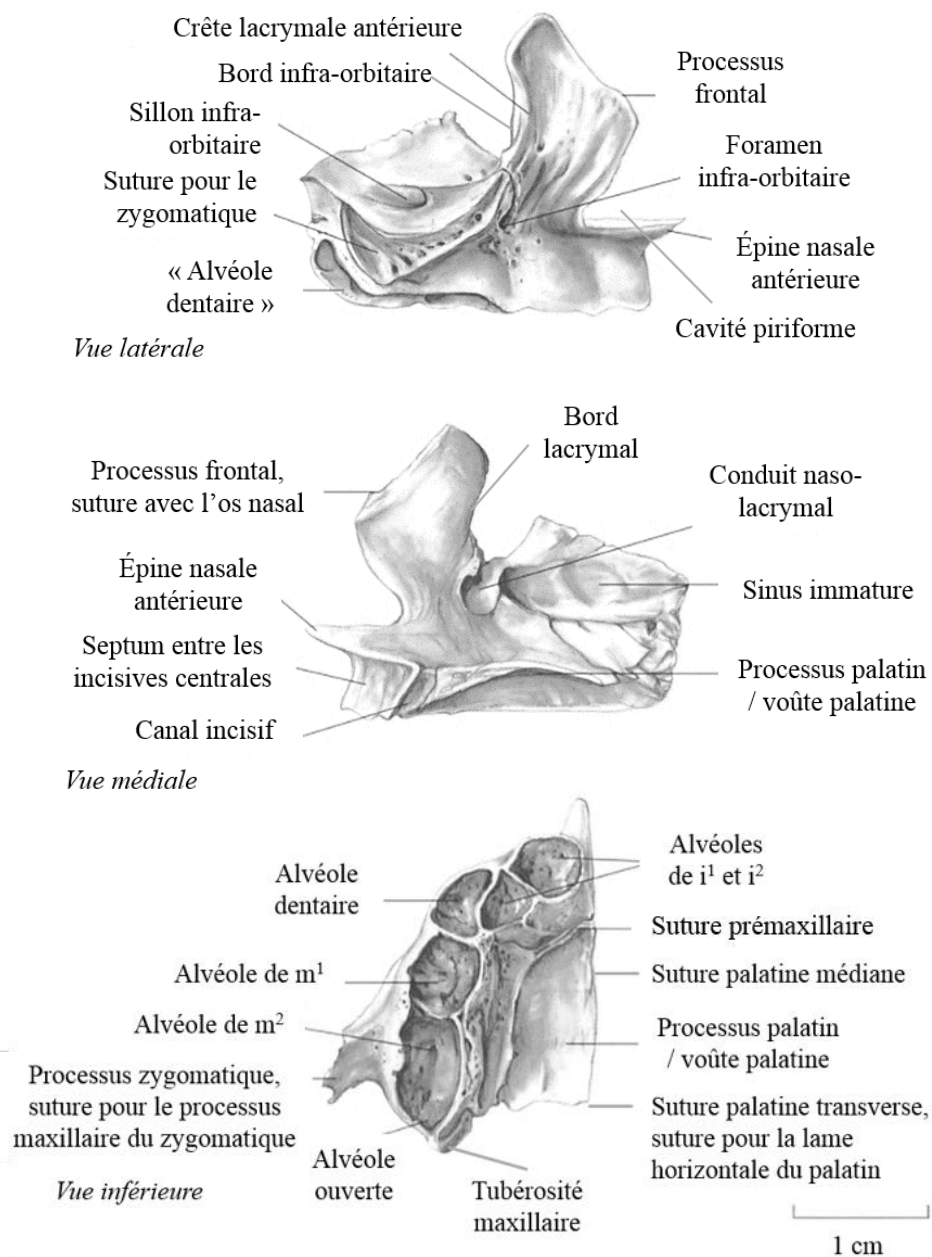


Figure 20. Maxillaire droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.132)

Ces variations ont amené Maureille et Braga (2002) à réserver le nom de suture prémaxillaire pour les individus présentant une occlusion de la structure à la naissance, le nom de suture incisive étant privilégié pour les sujets chez qui elle demeure complètement ou partiellement ouverte à la naissance.

II.13. Palatin

Le point d'ossification primaire de la lame perpendiculaire du palatin (figure 25) se développe par ossification membraneuse entre 7 et 8 s.a. dans la région médiale de la capsule nasale. Les processus orbitaires et sphénoïdaux apparaissent au cours de la 10^e s.a.

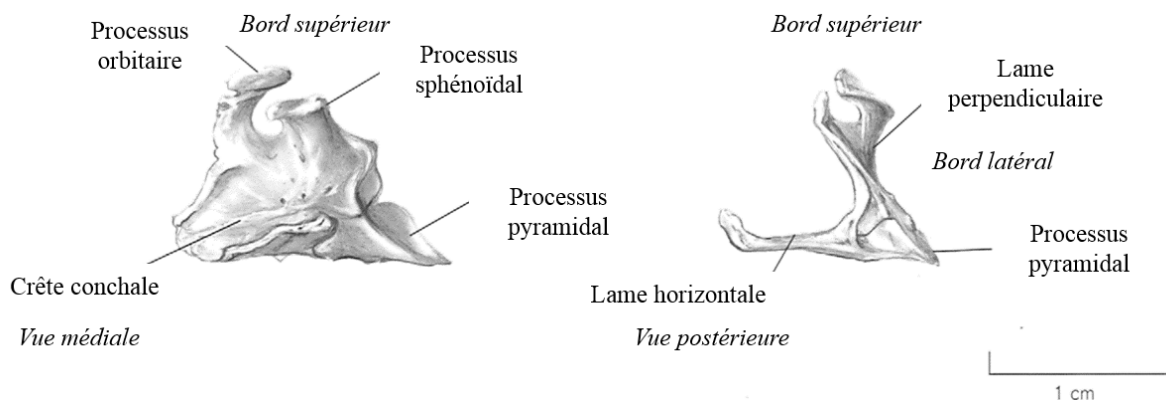


Figure 21. Palatin droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.137)

L'élément osseux adopte une morphologie adulte en « L » vers le milieu de la vie fœtale (Cunningham *et al.*, 2016). La lame perpendiculaire est une surface irrégulière présentant des processus et des crêtes offrant insertion à d'autres éléments osseux. Le processus orbitaire au niveau supérieur de l'os donne insertion à l'ethmoïde, au sphénoïde, au maxillaire, et constitue une partie de la surface orbitaire. L'encoche sphéno-palatine est localisée inférieurement à la crête ethmoïdale au niveau de l'articulation avec l'ethmoïde. Le processus sphénoïdal se projette postéro-médialement à partir de la crête ethmoïdale et s'articule avec le sphénoïde. Le processus pyramidal se situe au niveau de l'angle inféro-postérieur de la lame perpendiculaire. Le processus maxillaire se projette antérieurement et fournit insertion au maxillaire. À la naissance, les lames horizontale et perpendiculaire ont des dimensions identiques. La lame horizontale est lisse et plate au niveau de sa surface supérieure, et présente des sillons sur sa face inférieure. L'angle antérieur constitue l'articulation avec le maxillaire au niveau de la suture transverse palatine, et le bord médial s'articule avec l'autre palatin. La partie postérieure de la lame horizontale est concave et non articulaire. L'épine nasale postérieure se projette à partir de la surface supérieure de la lame horizontale. Deux foramens, les grand et petit foramens palatins, sont présents à la jonction des lames horizontales et verticales.

II.14. Hémi-mandibule

Les deux hémi-mandibules (figure 26) s'ossifient de manière membraneuse à partir de deux points primaires à la 7^e s.a., dans la région ventrale du premier arc pharyngé (Cunningham *et al.*, 2016). C'est le second élément à s'ossifier après la clavicule. Elle acquiert une morphologie reconnaissable au cours du 3^e mois fœtal. Les deux hémi-mandibules s'articulent au niveau de la symphyse mandibulaire. Le processus coronoïde apparaît à la 7^e s.a. et fusionne avec la branche principale au cours de la 8^e s.a. (figure 26). Les processus coronoïde et condyalaire sont identifiables vers la 10^e s.a. La face interne de la branche montante présente le foramen mandibulaire au niveau duquel se développe une petite épine, la *lingula*. La ligne mylo-hyoïdienne se développe antéro-postérieurement entre l'épine mentonnaire et la *lingula* sur la face interne de l'hémi-mandibule.

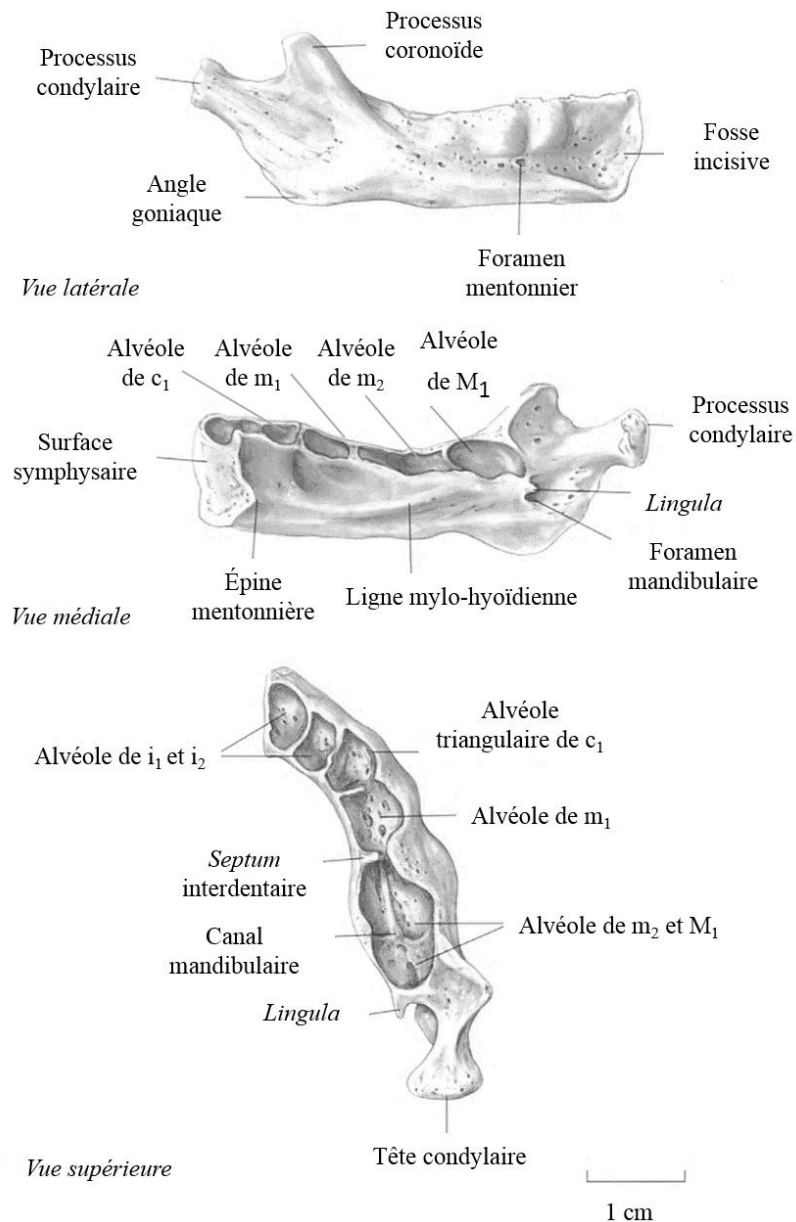


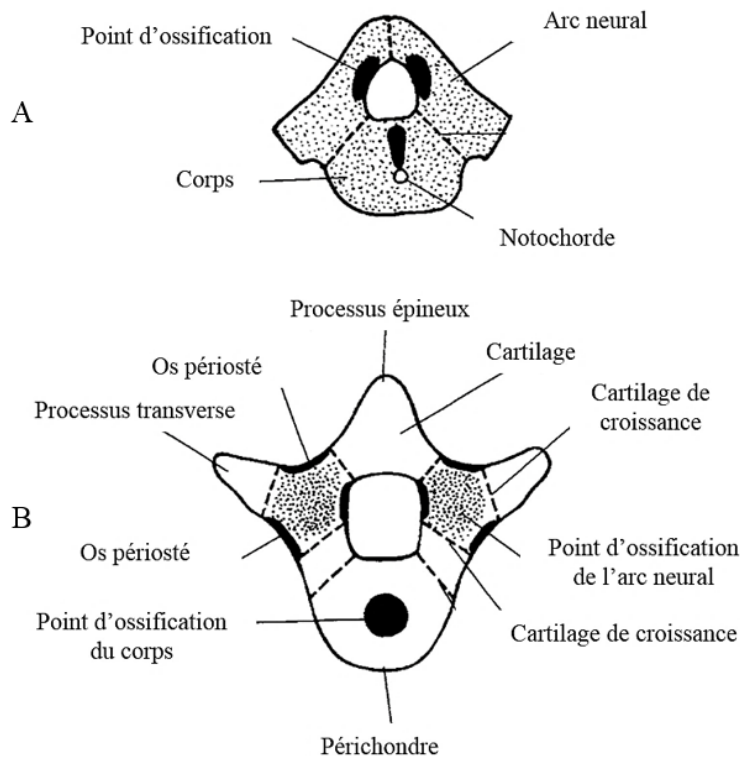
Figure 22. Hémi-mandibule droite, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.132)

II.15. Os hyoïde

L'ossification de l'os hyoïde s'effectue de manière enchondrale à partir de trois points primaires (pour le corps et chacune des cornes) aux environs de la 30^e s.a. Elle est toutefois identifiée comme variable, les points pouvant aussi apparaître dans les premiers mois de vie extra-utérine (Parsons, 1909 ; Cunningham *et al.*, 2016).

II.16. Colonne vertébrale

Le développement embryologique du rachis sera abordé plus spécifiquement dans le chapitre sur les côtes surnuméraires cervicales (*Cf. infra*, chap. XIV). L'ossification de la colonne commence à la fin du second mois embryonnaire, chaque vertèbre étant constituée de trois éléments, un corps vertébral et deux héli-arcs neuraux (figure 27). Un point primaire se développe pour chaque moitié de l'arc neural (figure 27), mais le nombre de points dévolus au corps (entre un et deux) ne fait pas consensus (Cunningham *et al.*, 2016). Le point d'ossification du corps se développe de manière enchondrale dorsalement par rapport à la notochorde (figure 27). Le premier centre apparaît au niveau des thoraciques de rang élevé et de la première vertèbre lombaire (entre T10 et L1), l'ossification s'effectuant ensuite en direction des vertèbres cervicales et des vertèbres lombaires à partir de cette région.



La 5^e vertèbre lombaire commence à s'ossifier à la fin du troisième mois *in utero*, et la 2^e vertèbre cervicale à la fin du 4^e mois *in utero* (Cunningham *et al.*, 2016). L'ossification des arcs neurax débute de manière enchondrale à partir de la surface interne de chaque hémia-arc. Elle commence dans la région cervicale basse et thoracique haute au cours du 2^e mois *in utero* et s'étend ensuite dans les deux directions. L'atlas s'ossifie à partir de trois points primaires, un centre pour chaque masse latérale au cours de la 7^e s.a. (figure 28 A et B).

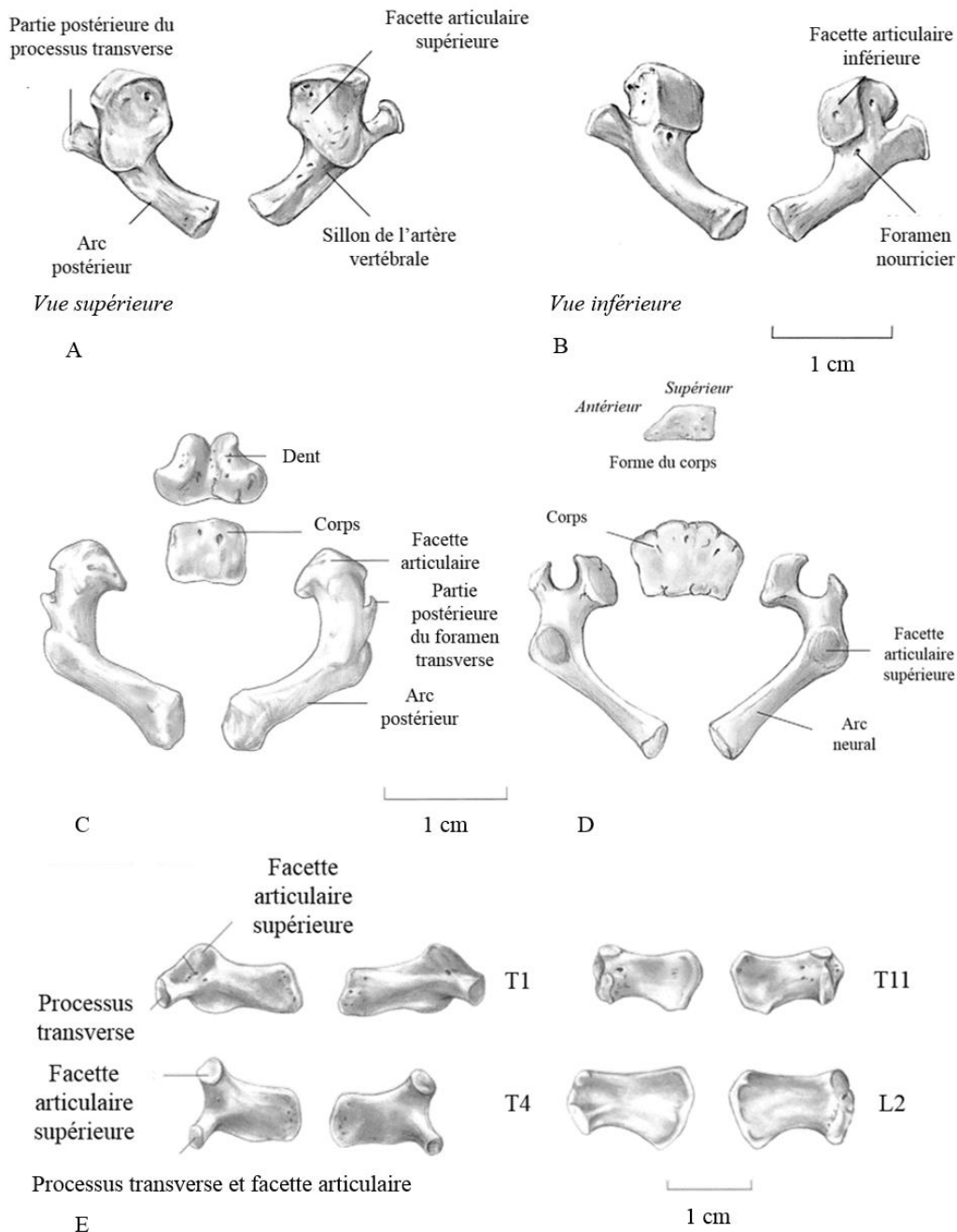


Figure 24. A : hémia-arcs vertébraux de l'atlas, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.198) ; B : axis d'individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.201) ; C : vertèbre cervicale typique, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.204) ; E : variations morphologiques des hémia-arcs vertébraux thoraciques et lombaires d'individus en période périnatale modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.215)

L'axis s'ossifie à partir de 5 à 6 points primaires, un pour chaque héli-arc, un pour le corps, et un pour chaque moitié du corps de la dent (figure 28 C). Les points des héli-arcs s'ossifient en premier entre la 7^e et la 8^e s.a., le corps s'ossifiant entre le 4^e et 5^e mois (figure 28 D et E). L'ossification ainsi que la description de la 7^e vertèbre cervicale seront également discutées de manière plus approfondie (*Cf. infra*, chap. XIV).

II.17. Manubrium et sternum

Le sternum s'ossifie de manière enchondrale, la plupart du temps à partir de six points primaires, même si ce nombre peut varier (Baker *et al.*, 2005). Le manubrium (figure 29) se développe de manière enchondrale à partir d'un ou plusieurs points primaires, autour du 5^e mois *in utero*. Le premier point de la première sternèbre s'ossifie entre le 5^e et le 6^e mois de gestation. Les 2^e et 3^e sternèbres commencent leur ossification entre le 7^e et le 8^e mois, la 4^e sternèbre et le processus xiphoïde s'ossifient respectivement dès la première année de vie et la petite enfance (Cunningham *et al.*, 2016).

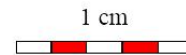


Figure 25. Manubrium, S41

II.18. Côtes

Les premiers points d'ossification des côtes apparaissent au niveau des rangs 5 à 7 entre la 8^e et la 9^e s.a. Les points primaires sont présents pour tous les rangs à partir des 11^e et 12^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). La première côte (figure 30) est la plus large, la plus plate et la plus courbée. L'extrémité sternale ou antérieure est plus large que l'extrémité proximale ou postérieure, dont la tête est plus arrondie. Son col est plus long que pour les autres côtes, et son tubercule proéminent. La surface inférieure est convexe, tandis que la surface supérieure est légèrement concave. La dépression du sillon costal est marquée dans la partie inférieure du corps. Le reste des côtes présentent un corps moins courbé, avec un tubercule plus ou moins présent. Le sillon costal est marqué dans la région angulaire. L'ossification des côtes sera détaillée plus précisément dans le chapitre sur la côte surnuméraire cervicale (*Cf. infra*, chap. XIV).

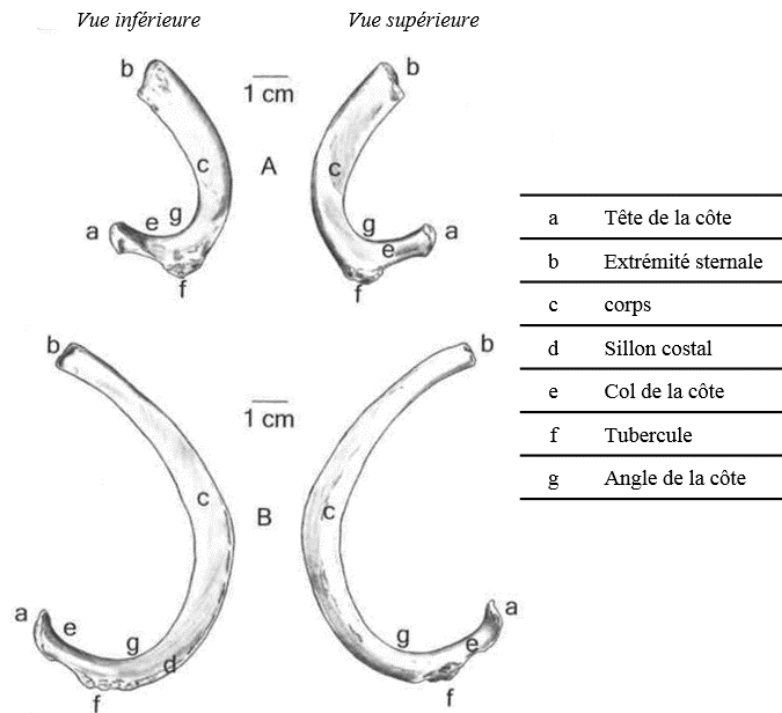


Figure 26. A : première côte, B : deuxième côte, modifié d'après Baker (2005, p. 94)

II.19. Clavicule

Si l'ossification de la clavicule a longtemps fait débat, le mode d'ossification privilégié aujourd'hui est que la partie latérale s'ossifie de manière membraneuse et sa partie médiale s'ossifie de manière enchondrale. La diaphyse commence à s'ossifier à partir de deux points primaires qui apparaissent au cours de la 6^e s.a. autour du 39^e jour, et fusionnent au cours de la 7^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Les deux parties fusionnent au cours de la 7^e s.a. (figure 31). Il s'agit du premier élément ossifié du squelette. L'os adopte sa forme en S entre la 8^e et la 9^e semaine *in utero*, atteignant une morphologie en « S » proche de celle de l'adulte au cours de la 11^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016).

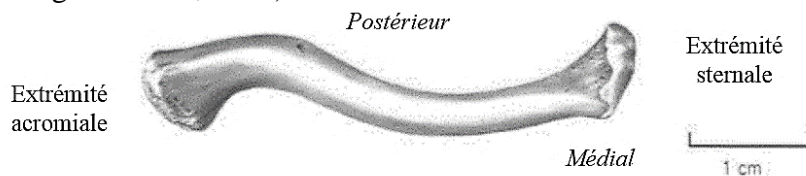


Figure 27. Clavicule droite, d'après Scheuer et Black (2000, p. 249)

II.20. Scapula

Le point d'ossification primaire principal de la scapula apparaît autour de 7 et 8 s.a. (Cunningham *et al.*, 2016), même si Fazekas et Kósa (1978) l'observent plus tardivement, vers la 12^e s.a..

Son pattern d'ossification est particulier (figure 32), combinant une ossification membraneuse et enchondrale à partir d'un point central (Ogden et Phillips, 1983).

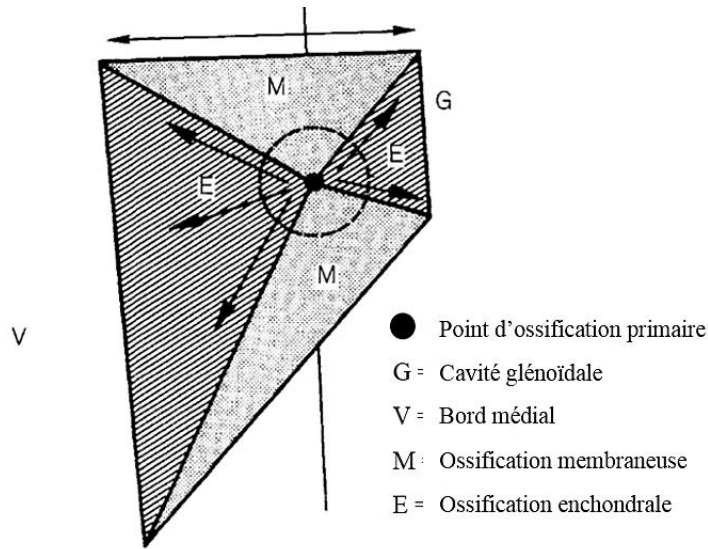


Figure 28. Pattern d'ossification de la scapula, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 262)

L'ossification progresse de manière conique, atteignant la base de l'épine au cours de la 9^e s.a., et la masse glénoïdienne au cours de la 12^e s.a. (figure 32, figure 33).

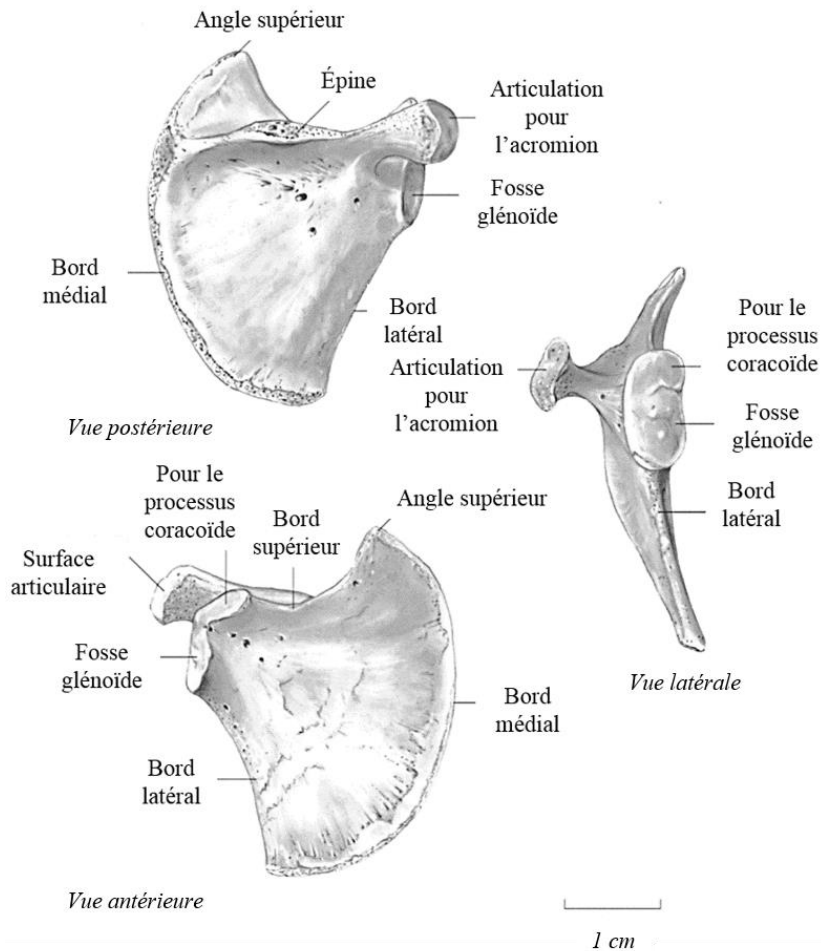


Figure 29. Scapula droite d'individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 263)

À la naissance, l'acromion, le processus coracoïde, l'angle inférieur, le bord médial et la partie glénoïdienne sont encore à l'état cartilagineux (figure 33). La surface postérieure présente une projection, l'épine de la scapula, dont l'extrémité supporte la surface articulaire pour l'acromion (figure 33). La fosse supra-scapulaire est présente supérieurement à l'épine, et la fosse infra-scapulaire inférieurement. La surface antérieure est légèrement concave. Le bord médial est le plus long. Il est convexe et présente une surface épiphysaire. Le bord latéral axillaire est concave, tout comme le bord supérieur. La cavité glénoïdale présente latéralement une surface épiphysaire et supérieurement une surface contiguë pour l'épiphyse du processus coracoïde.

II.21. Humérus

Le point d'ossification primaire de l'humérus (figure 34) apparaît de manière enchondrale au cours de la 7^e s.a..

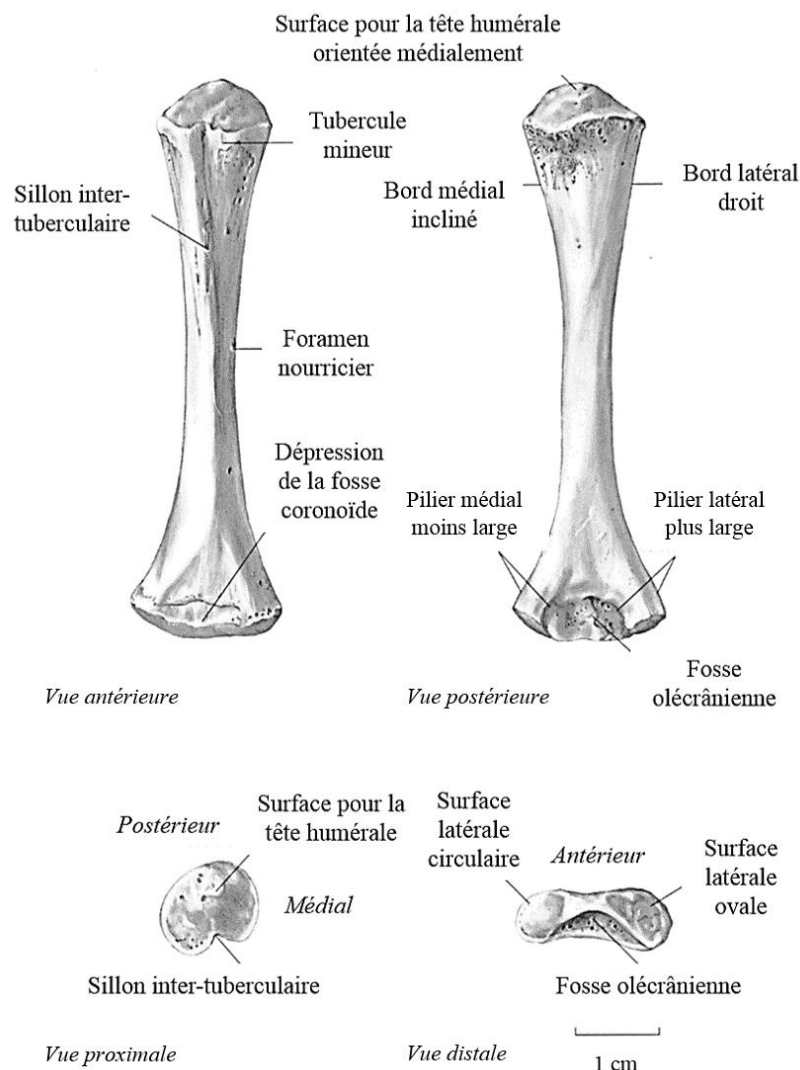


Figure 30. Humérus droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 280)

Il se développe jusqu'à atteindre le col anatomique pour la région proximale et la fosse olécrânienne pour la région distale au cours du 6^e mois (Cunningham *et al.*, 2016). Aucun point d'ossification secondaire n'est présent à la naissance. La diaphyse humérale est arrondie jusqu'à sa moitié, puis en forme de « V ». L'extrémité distale présente une surface métaphysaire ainsi qu'une dépression postérieure, la fosse olécrânienne. L'extrémité proximale apparaît courbée dans sa région médiale, et plus droite dans sa région latérale. Le tubercule est localisé entre le sulcus intertuberculaire et la dépression postérieure marquant la ligne de fusion entre les points d'ossifications primaires.

II.22. Radius

Le point primaire du radius (figure 35) apparaît de manière enchondrale au cours de la 7^e s.a., jusqu'à atteindre la région de la tubérosité radiale autour du 5^e mois lunaire (Cunningham *et al.*, 2016). Aucun point d'ossification secondaire n'est présent à la naissance. La diaphyse du radius est arrondie dans sa moitié proximale et triangulaire dans sa partie distale (figure 35).

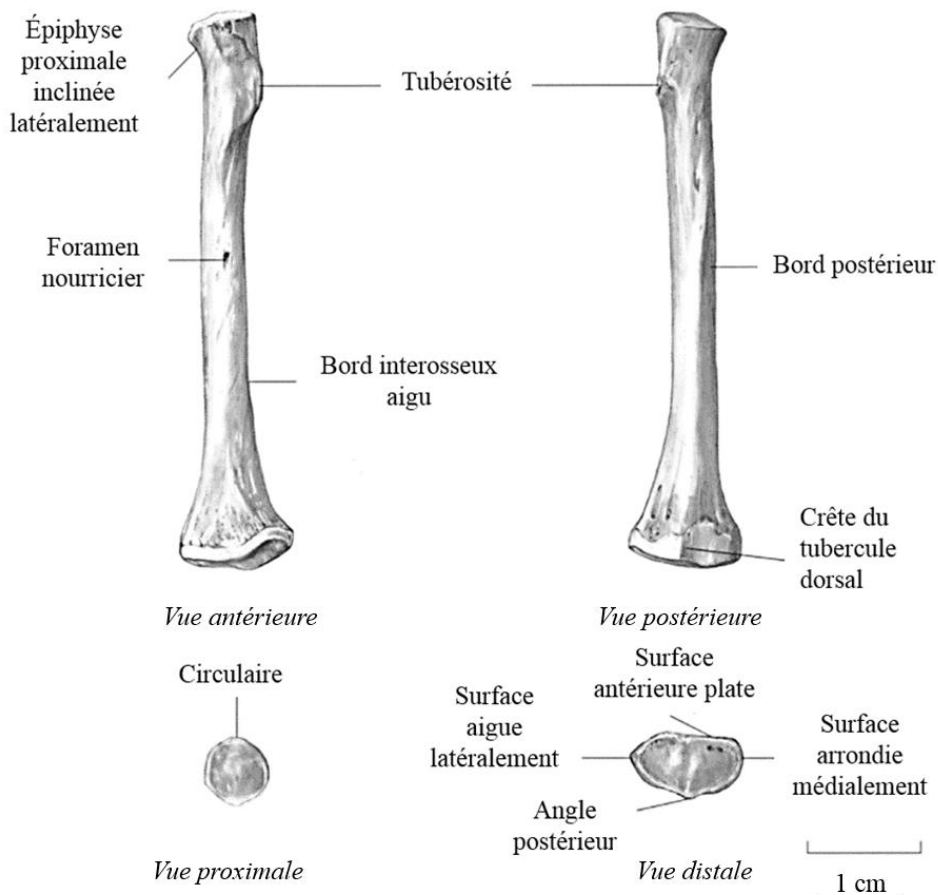


Figure 31. Radius droit d'un individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 292)

La surface épiphysaire proximale est circulaire et aplatie. Le col est orienté latéralement. Le foramen nourricier est présent vers la moitié de la diaphyse en face antérieure. La question de l'ossification du radius et plus particulièrement de la tubérosité bicipitale, laquelle ne fait pas consensus, sera davantage développée dans un chapitre à part entière (*Cf. infra*, chap. XIII).

II.23. Ulna

Le point d'ossification primaire de la diaphyse de l'ulna (figure 36) apparaît au cours de la 7^e semaine de gestation, jusqu'à atteindre la région proximale au cours du 3^e mois lunaire, la région du processus coronoïde au 5^e mois, et à terme la moitié de la distance entre le processus coronoïde et la limite supérieure du processus olécrânien (Cunningham *et al.*, 2016). L'épiphysaire proximale est bombée et déprimée antérieurement au niveau de l'incisure trochléaire. L'épiphysaire distale présente une surface métaphysaire de forme circulaire. Le foramen nourricier se situe sur la surface antérieure de la diaphyse. Aucun point d'ossification secondaire n'est présent à la naissance.

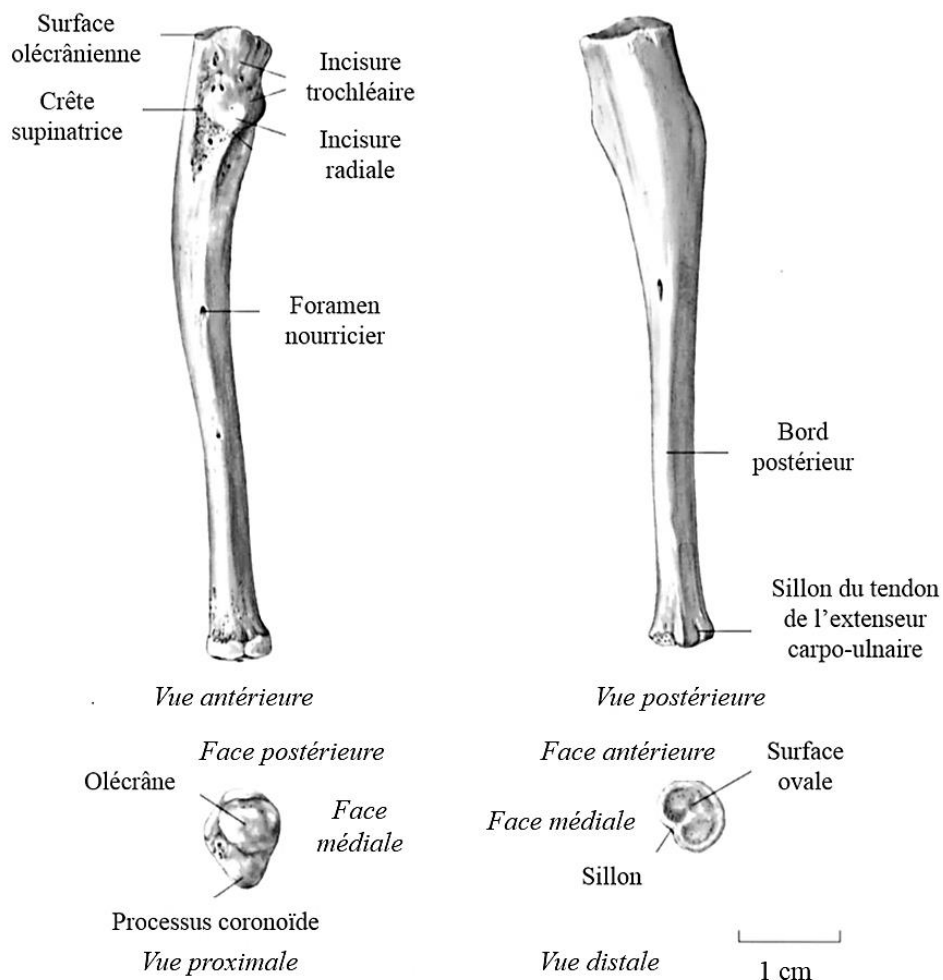


Figure 32. Ulna droite d'un individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 302)

II.24. Main

Cunningham et collaborateurs (2016) précisent que les textes de référence sur le développement de la main sont peu nombreux. Les premiers points d'ossification primaires (figure 37) apparaissent au niveau des phalanges distales entre la 7^e et la 9^e s.a., puis au niveau des métacarpiens (entre la 8^e et la 10^e s.a. en commençant par les 2^e et 3^e rayons, puis les 4^e et 5^e et le 1^{er}).

Les phalanges proximales s'ossifient ensuite juste après le premier métacarpien, entre les 9^e et 11^e s.a., en commençant par les rayons 2, 3 et 4, puis 1 et 5. Les phalanges moyennes sont les dernières à s'ossifier en commençant par les rayons 2 à 4 de la 10^e à la 12^e s.a. L'hypothèse selon laquelle celle du rayon 5 n'apparaît que tardivement, à l'approche du terme, a été évoquée (Stranding, 2015).

Les points d'ossification primaires des métacarpiens et phalanges (à la possible exception du point de la phalange moyenne en rayon 5) sont tous présents au début du 4^e mois foetal. Cunnhingham, Scheuer et Black (2016) mentionnent la possible existence à la naissance des points d'ossification primaires du capitatum et de l'hamatum.

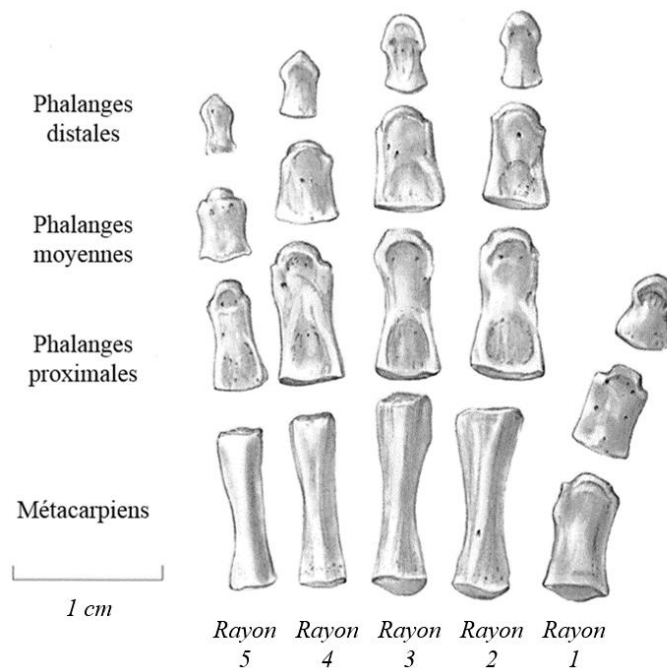


Figure 33. Métacarpiens et phalanges de la main, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 326)

II.25. Ceinture pelvienne

À la naissance, chaque os coxal (figure 38) est constitué de trois éléments, l'ilium, l'ischium et le pubis. Le point d'ossification primaire de l'ilium est le premier à apparaître entre la fin du second et le début du 3^e mois *in utero*. L'ossification s'étend de manière radiale par appositions en face interne et externe, parvenant jusqu'à la crête iliaque autour de 9 semaines de gestation. Entre la 10^e et la 11^e s.a., des foramens apparaissent sur la surface iliaque de manière à permettre l'établissement d'un réseau vasculaire permettant la mise en place d'une cavité médullaire primaire à la place du cartilage matriciel interne. Il acquiert une morphologie reconnaissable entre le 4^e et le 5^e mois *in utero* (Cunningham *et al.*, 2016). Son bord supérieur présente une longue surface métaphysaire, soit la crête iliaque. La surface auriculaire de l'ilium correspond avec celle des ailes sacrées et est localisée en face antérieure au niveau médio-postérieur de l'os. En face postérieure, la partie inférieure de l'os contribue à former l'acétabulum. La grande incisure ischiatique est identifiable inférieurement à la surface auriculaire.

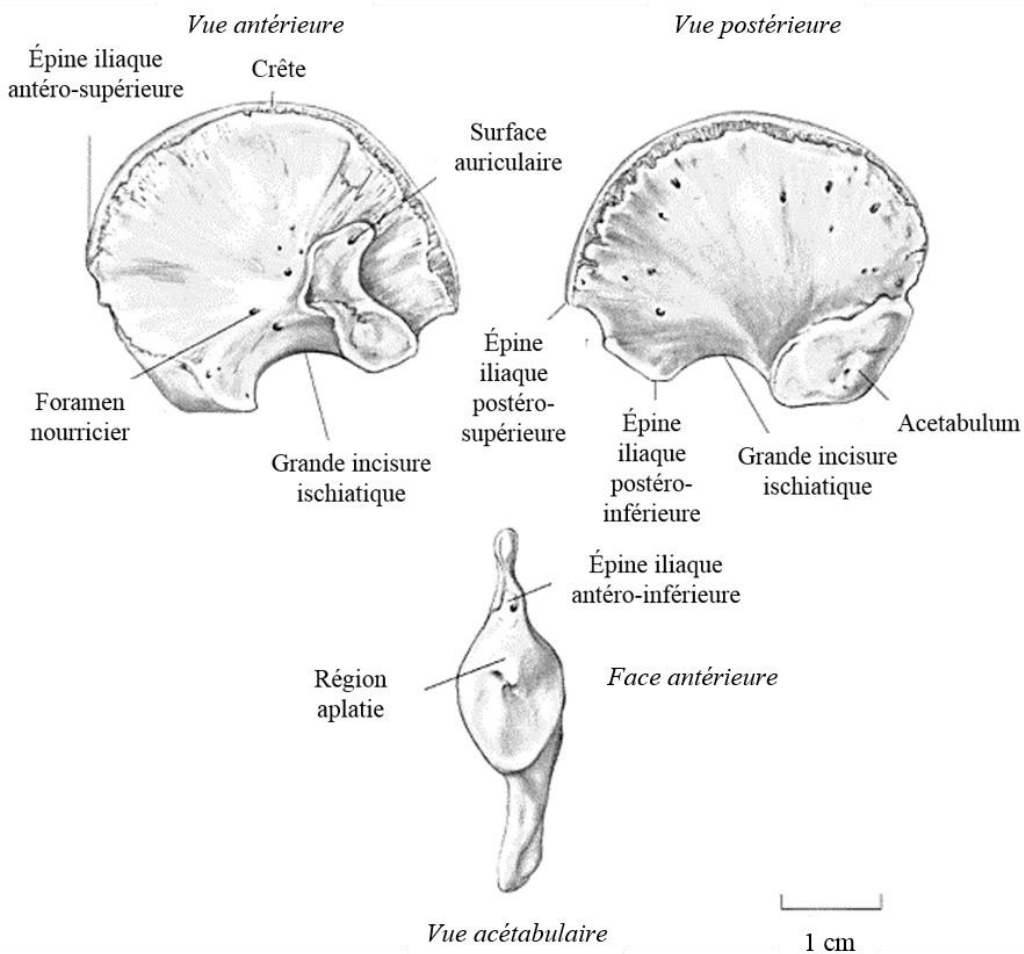


Figure 34. Ilium droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 353)

L'ischium (figure 39) s'ossifie de manière enchondrale à partir d'un point primaire apparaissant entre le 4^e et le 5^e mois *in utero*, et devient identifiable entre 6 et 8 mois de gestation (Cunningham *et al.*, 2016). Il acquiert une morphologie « en virgule », la partie la plus large étant supérieure, et la partie courbée inférieure. Une surface articulaire se développe sur la partie supéro-latérale, à côté de la fosse acétabulaire. Supérieurement à cette fosse acétabulaire présente deux surfaces épiphysaires contiguës. La plus large est la surface postéro-supérieure pour l'ilium, la plus petite est antérieure et pour le pubis. La branche postérieure de l'ischium présente une surface ovale et épaisse, la tubérosité de l'ischium.

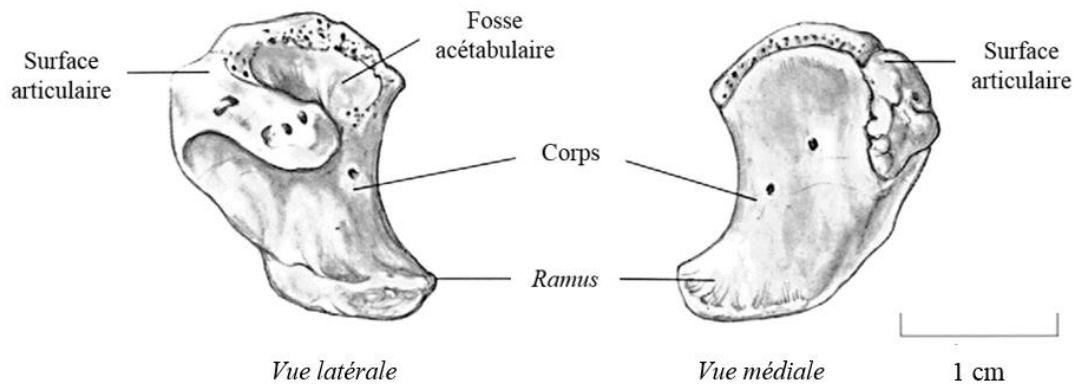


Figure 35. Ischium droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 354)

Le pubis (figure 40) est la dernière partie de l'os coxal à s'ossifier de manière enchondrale entre 5 et 6 mois *in utero* à partir d'un point primaire apparaissant antérieurement à l'*acetabulum* (Cunningham *et al.*, 2016), même si des auteurs comme Caffey et Madell (1956) mentionnent toutefois un nombre supérieur de points. La surface acétabulaire est arrondie, le corps plus aplati, et la surface symphysaire plus large. La face interne ou postéro-médiale est lisse, la face externe présente un repli.

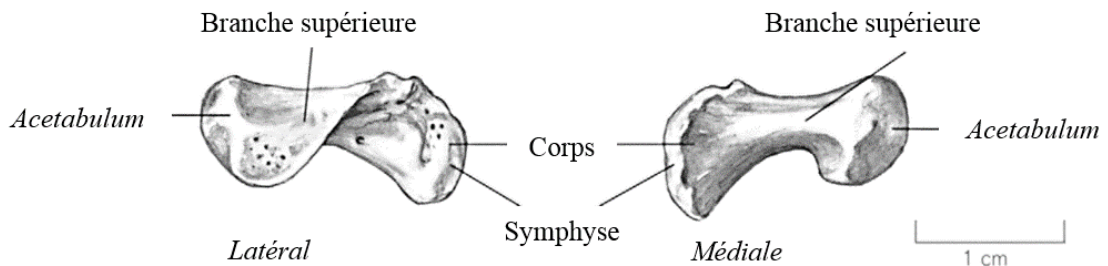


Figure 36. Pubis droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.354)

II.26. Fémur

L'ossification du fémur (figure 41) commence à partir d'un point primaire entre 7 et 8 s.a., jusqu'à atteindre la région du col et l'épiphyse distale entre 12 et 13 s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). La ligne âpre et la tubérosité glutéale se développent par un épaississement de l'os périosté. Le point d'ossification secondaire de l'épiphyse distale, ou point de Béclard, apparaît entre 36 et 40 s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). La question du moment d'apparition de ce point sera développée plus précisément par la suite (*Cf. supra*, chap. XI, I.2.). La diaphyse est de forme tubulaire. L'extrémité distale est légèrement aplatie, et l'extrémité proximale montre déjà le début de la formation du col fémoral en direction médiale. La surface épiphysaire du petit trochanter, la ligne âpre et le foramen nourricier se développent au cours du second trimestre de grossesse. La surface métaphysaire de l'extrémité distale présente deux protubérances qui donneront les condyles médians et latéraux.

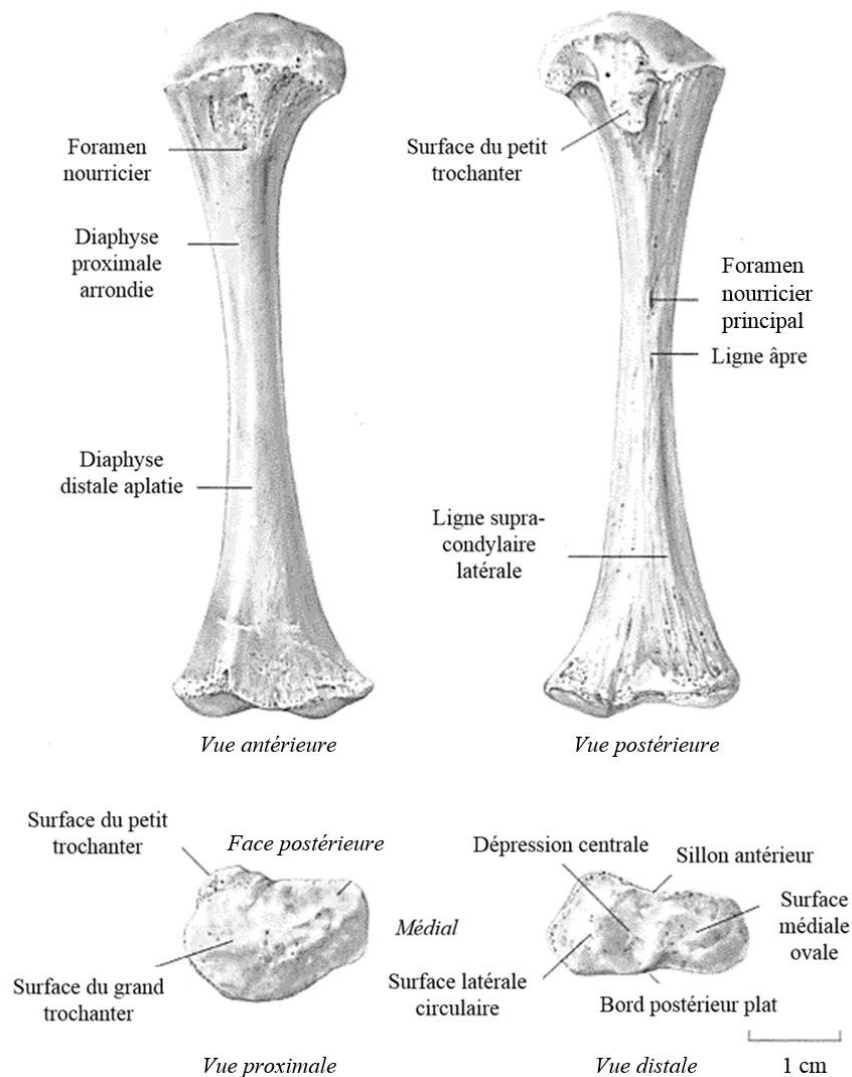


Figure 37. Fémur droit sans le point de Béclard, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 383)

II.27. Tibia

Le point d'ossification primaire du tibia (figure 42) apparaît de manière enchondrale au cours de la 8^e s.a. (Cunningham *et al.*, 2016). Les canaux vasculaires se développent au cours de la 12^e s.a. et les surfaces de croissance sont établies au cours de la 14^e s.a. D'après Cunningham et collaborateurs (2016), le point d'ossification secondaire de l'épiphyse proximale apparaît entre la 36^e et la 40^e s.a. (ce point sera également discuté par la suite (Cf. *supra*, chap. XI, I.2.)). La diaphyse du tibia est la plus large parmi les os longs. L'épiphyse proximale présente une extrémité latérale arrondie et une angulation médiale, l'extrémité distale une forme quadrangulaire avec une légère incisure ou dépression dans sa région latérale.

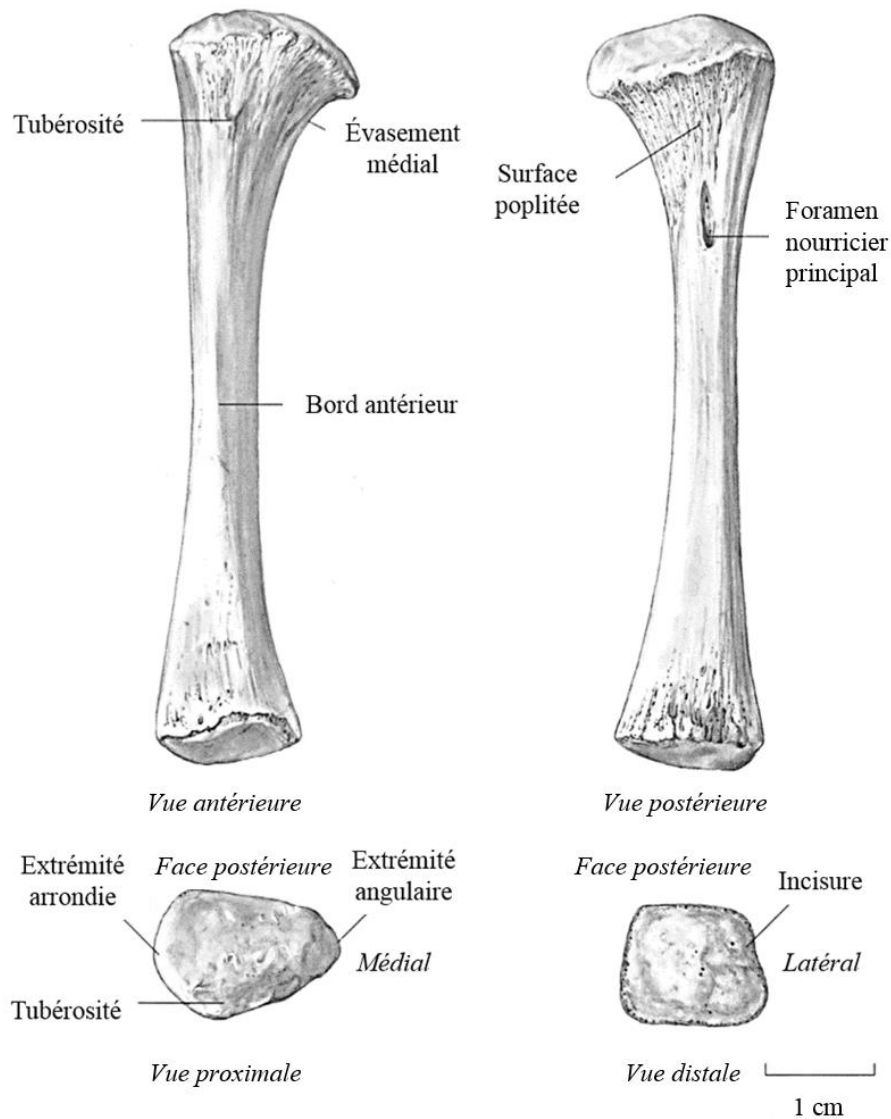


Figure 38. Tibia droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 406)

II.28. Fibula

Le point d'ossification primaire de la fibula (figure 43) peut apparaître au cours de la 8^e s.a., même si dans certains cas il apparaît plus tardivement (Cunningham *et al.*, 2016). La fibula s'ossifie en effet après les autres os longs, et aucun point d'ossification secondaire n'est présent à la naissance. Sa diaphyse est droite avec une section circulaire, l'extrémité proximale étant plate et arrondie, l'extrémité distale étant davantage ovale et inclinée. Le foramen nourricier est présent au milieu de la diaphyse.

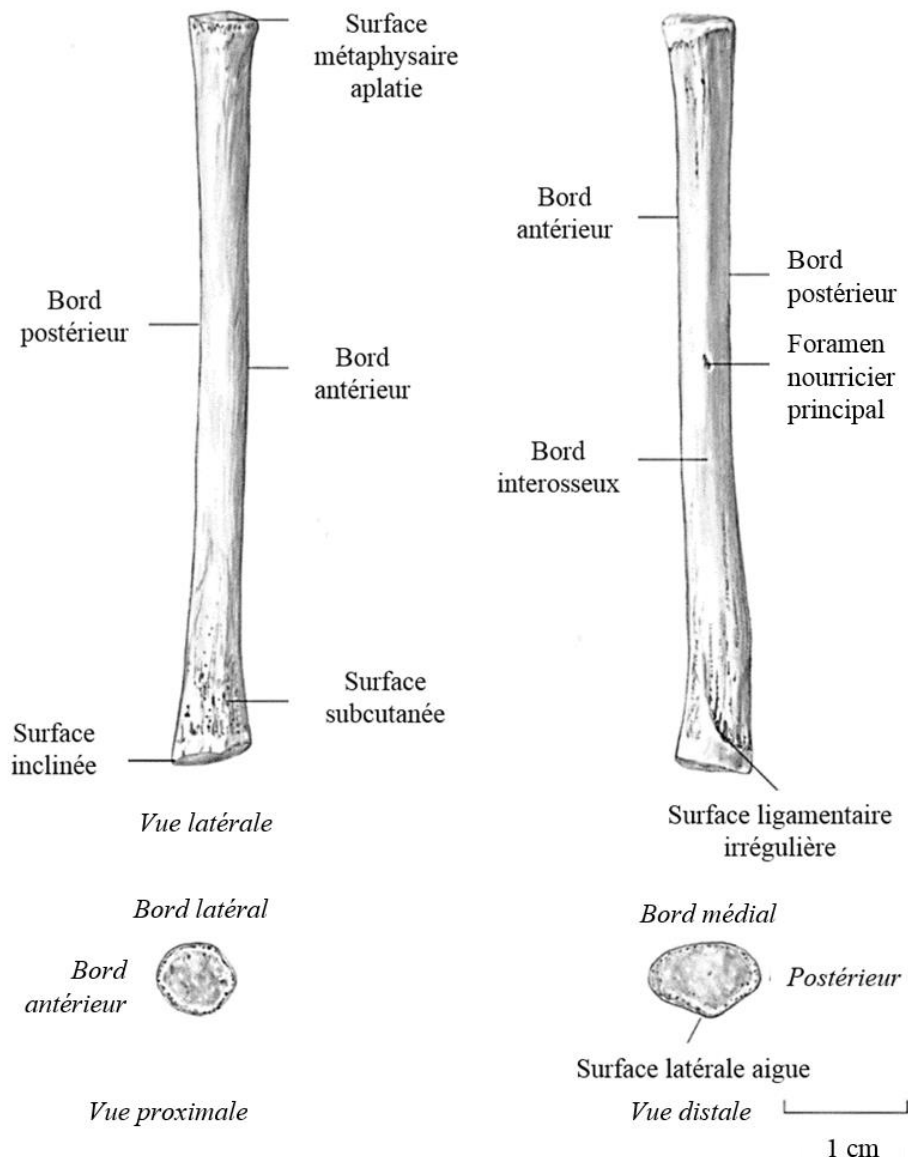


Figure 39. Fibula droite, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 420)

II.29. Pied

Le pied (figure 44) s'ossifie à partir de 26 points primaires puis 20 points secondaires (Cunningham *et al.*, 2016). L'ossification commence au niveau des métatarsiens entre 8 et 10 s.a. (figure 44). Elle commence par les rayons 2 à 4, puis le rayon 5, et pour finir le rayon 1, lequel n'apparaît pas avant la 12^e s.a. Ce pattern d'ossification est identique à celui des métacarpiens. Les phalanges distales sont les 2^e à apparaître, entre la fin du 2^e et le début du 3^e mois, et s'ossifient donc parfois avant le point du métatarsien de rayon 1. La phalange distale de rayon 1 apparaît la première entre 7 et 9 semaines de gestation selon les auteurs (O'Rahilly, 1973 ; Birkner, 1978). L'ossification des rayons 2 à 4 s'effectue entre la 11^e et la 12^e s.a., le rayon 5 ne s'ossifiant pas avant le 5^e ou le 6^e mois *in utero*.

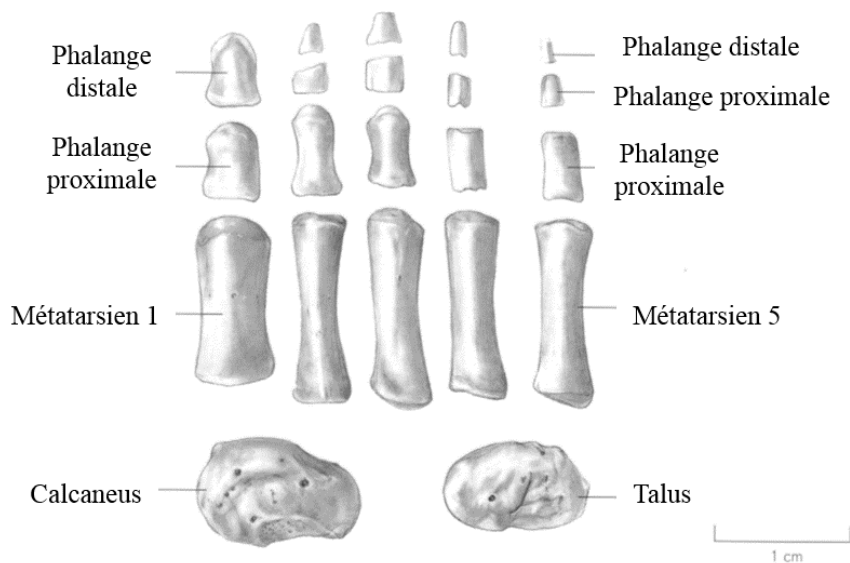


Figure 40. Pied droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 444)

Comme pour les phalanges de la main et les os longs, l'ossification commence par l'extrémité distale et progresse vers l'extrémité proximale. En général, l'ossification des phalanges distales du pied s'effectue entre 3 et 5 semaines après celle des phalanges distales des mains. Les phalanges proximales s'ossifient ensuite entre la 14^e et la 16^e s.a., celles des rayons 1 à 3 plutôt avant celles des rayons 4 et 5. Les phalanges moyennes des pieds sont, comme celles des mains, les derniers points d'ossifications des os longs à apparaître, les points primaires des 4^e et 5^e rayons apparaissant de manière variable, parfois autour du terme. La phalange moyenne du rayon 2 apparaît au cours du 4^e mois fœtal, et celle du rayon 3 au cours du 5^e mois, même si leur ossification est, là-encore, variable. D'après Scheuer et Black (2016), les points primaires de tous les métatarsiens et phalanges du pied sont donc présentes à la fin du 5^e mois, à l'exception possible de ceux des phalanges moyennes et de tout le rayon 5. L'ordre d'apparition des éléments osseux du pied est donc différent de celui de la main.

Le calcanéus (figure 45) est le premier des os du tarse à s'ossifier, la plupart du temps à partir de deux points primaires. Le point latéral n'est pas systématique, mais lorsqu'il est présent (autour du 4^e ou 5^e mois *in utero*), il précède toujours le point permanent médian d'ossification enchondrale (autour du 5^e ou 6^e mois *in utero*). Les deux points fusionnent alors, même si dans de rares cas ils peuvent fusionner après la naissance (Meyer et O'Rahilly, 1976). À la naissance, l'élément osseux présente un relief dans la région distale de la surface dorsale, précurseur au sillon du calcanéus. La région proximale de l'élément osseux est plus large que la partie distale.

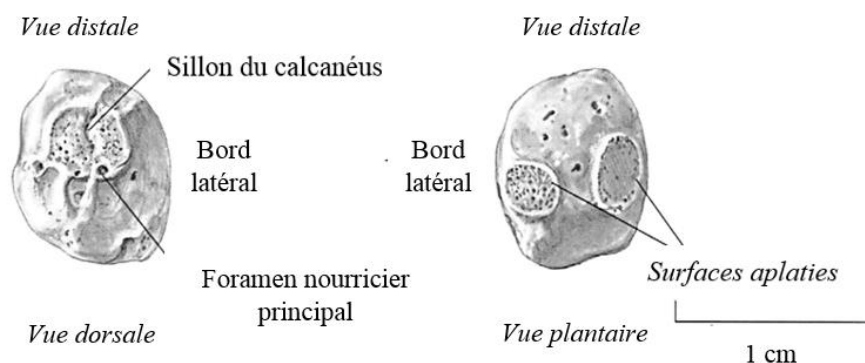


Figure 41. Calcaneus droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 445)

Le talus (figure 46) s'ossifie ensuite autour du 6^e mois *in utero* pour les sujets féminins et autour du 7^e mois *in utero* pour les sujets masculins, même si des cas d'ossification post-partum ont pu être recensés (O'Rahilly, 1973 ; O'Rahilly et Gardner, 1975). Il est le premier os du tarse à présenter une invasion vasculaire. Il se caractérise par une forme ovale et présente dans la région distale de sa surface dorsale un relief, correspondant à une dépression dans la région distale de sa surface plantaire.

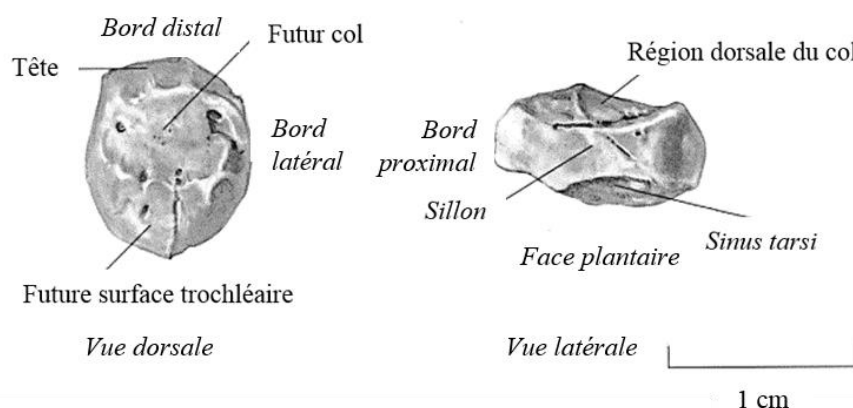


Figure 42. Talus droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 447)

Ces structures, séparées sur la surface latérale par un sillon fin, marquent la position du futur col du talus. Le pied présente donc à la naissance au moins 16 points primaires, auxquels s'ajoutent les points des calcanéus et talus. Le point d'ossification primaire du cuboïde pourrait également être présent à l'occasion (Cunningham *et al.*, 2016).

III. Déterminisme de la variabilité

III.1. Concepts et définitions générales

La **diversité biologique**, ou **biodiversité**, est un concept proposé pour la première fois en 1985 par Rosen à l'occasion de la conférence du "*National forum of Biodiversity*", avant d'être repris par Wilson (1988). Il désigne à l'échelle inter-spécifique la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. » (Convention sur la biodiversité, 2005). Il s'agit donc d'une manière générale d'apprécier la **variété** à l'intérieur d'un groupe déterminé (Wagner et Altenberg, 1996) et, dans le cas de la présente étude, de l'homme dans la classe d'âge périnatale. En prenant l'exemple d'un trait métrique comme la longueur maximale de la diaphyse fémorale, la diversité désignerait l'éventail des valeurs observées dans l'échantillon. Le concept de **variabilité** se distingue de celui de diversité ou variété dans le sens où il désigne l'interprétation de cette dernière au regard d'un standard : "*by variability, we mean the tendency or propensity to vary and not variation itself*" (Wagner et Altenberg, 1996, p. 969). Il met en évidence l'existence d'un point de référence ou d'une **norme** (qui peut par exemple être la longueur moyenne) et de la possibilité d'une divergence par rapport à cette norme (la variabilité désignant alors l'écart maximal observé par rapport à la moyenne dans l'échantillon). À l'instar de toute démarche scientifique, les données obtenues relèvent d'une interprétation du réel, le trait étant évalué par rapport à une échelle prédéfinie. La norme apparaît donc comme une construction, une contingence dont les contours doivent être esquissés par l'analyse. En interrogeant intrinsèquement le rapport à la différence au sein du collectif, le concept de variabilité amène nécessairement à discuter ce qui relève de la norme et ce qui relève du hors-norme, c'est-à-dire « tout événement qui n'est pas conforme à un modèle directeur tiré de l'observation du plus grand nombre » (Colombo, 2014, p. 70)⁸. Cette démarche de distinction entre normalité et minorité statistiques fonde la pratique médicale. La démarche diagnostique a pour but d'identifier l'anormal, la plupart du temps assimilé au pathologique dans ce cadre précis, en lui confrontant une diversité normative (Canguilhem, 1966). L'appréhension de la variabilité est aussi au cœur des problématiques de l'anthropologie biologique, en particulier pour les échantillons d'adultes où les questions des différences populationnelles, du dimorphisme sexuel ou encore des activités quotidiennes sont

⁸ Adapté de la définition du dictionnaire de l'Académie française, 9^e édition, en ligne <http://www.academie-francaise.fr/le-dictionnaire/la-9e-edition>

fondamentales. Cet axe d'étude apparaît sous un jour différent pour la classe d'âge périnatale, notamment car celle-ci fait suite à la période embryonnaire (*Cf. supra*, chap. II, II.1.), pour laquelle la moindre déviation du développement signifie souvent des anomalies graves, voire un avortement spontané (Bonner, 1988).

Le fœtus et le nouveau-né présentent cependant, comme les autres classes d'âge, une **variabilité phénotypique**, résultat de deux dynamiques antagonistes : l'ensemble des processus de régulation d'une part, et l'ensemble des sources de variations d'autre part (Debat et David, 2001). En génétique, cette variabilité est décrite comme structurée par trois composantes d'après le modèle théorique de Wagner (1996), à savoir la **canalisation**, la **stabilité du développement** et la **plasticité phénotypique**. Malgré les évolutions des définitions de ces concepts (Debat et David, 2001), la canalisation est souvent définie comme la capacité génétique de suppression de la variation phénotypique malgré l'action de facteurs induisant une variabilité, qu'il s'agisse de perturbations génétiques ou de perturbations environnementales (Wagner et Altenberg, 1996). Elle apparaît d'après Hallgrímsson et collaborateurs (2002, p. 844–845) comme "*the tendency for development of a specific genotype to follow the same trajectory under different conditions (different environments or different genetic backgrounds)*", soit une tendance de résistance à la modification. Le concept est proche de celui de stabilité du développement ou **homéostasie du développement**, c'est-à-dire la capacité régulatoire d'un organisme à tendre vers un développement « optimum » dans un environnement particulier (Palmer *et al.*, 1993), soit "*the tendency for the development of a specific genotype to follow the same trajectory under the same conditions*" (Hallgrímsson *et al.*, 2002, p. 844–845). La plasticité phénotypique est quant à elle définie comme une « sensibilité macro-environnementale » (Wagner *et al.*, 1997), c'est-à-dire la capacité d'un organisme à répondre aux actions de son environnement par la modification de certains traits, soit de manière discrète, soit de manière continue (Smith-Gill, 1983), et ce afin de préserver ses activités vitales (Eshel et Matessi, 1998). Les trois phénomènes affectent à la fois l'apparition d'une variation et l'amplitude de celle-ci (Hallgrímsson *et al.*, 2002).

III.2. Facteurs de variabilité

Le squelette apparaît donc comme l'expression résiduelle du compromis entre les dynamiques du développement et les sources de variabilité. Celles-ci sont souvent assimilées aux facteurs de « **stress** », défini par Reitsema et McIlvaine (2014, p. 183) comme "*a physiological change caused by strain on an organism from environmental, nutritional, and other pressures*". Ces changements représentent les facultés d'adaptation et d'adaptabilité de

l'organisme (Cf. *infra*, chap. IX, I.2.), lequel tend à maintenir son homéostasie (Klaus, 2014). Ils demeurent toutefois des altérations de l'équilibre physiologique de l'organisme, ce que Reitsema et McIlvaine (2014, p. 183) envisagent comme "*a tax on the human body*". Le concept de stress peut aussi être rapproché de celui de « perturbations du développement », facteurs induisant un dérèglement dans le fonctionnement de l'organisme dont l'effet est, là-encore, essentiellement négatif pour l'organisme. Toutes les sources de variations n'ont toutefois pas une action délétère sur ce dernier. Certains génotypes ou systèmes immunitaires peuvent lui octroyer une meilleure résistance aux pathogènes touchant le squelette, tout comme les milieux sociaux et l'environnement proche peuvent être profitables et influencer positivement sur la croissance de l'individu. Pour éviter d'utiliser le terme de « stress » ou l'expression usuelle de « perturbations du développement », et ainsi ne pas restreindre la définition de ces sources de variabilité à leurs effets délétères, nous les qualifierons ici de « facteurs de variabilité ».

Nous définissons les **facteurs de variabilité** comme un ensemble d'éléments qui concourent, de manière isolée ou par leurs interactions, à l'émergence d'une variabilité à l'échelle intra-individuelle, intra-populationnelle, inter-individuelle ou inter-populationnelle. Ils exercent leur influence à différentes échelles de manière ponctuelle, régulière ou continue, sur un individu ou une population. Pour l'adulte on compte notamment parmi ces facteurs l'âge, le sexe, le déterminisme génétique ou encore les activités quotidiennes ou les pathologies. Concernant l'enfant en période périnatale, les facteurs sont multipliés et modifiés par le fait que l'individu a passé la majeure partie de sa vie dans un environnement intra-utérin, où il se trouve notamment soumis aux facteurs environnementaux extérieurs par l'intermédiaire du prisme maternel.

Nous proposons ici un aperçu des facteurs déterminants de la variabilité phénotypique de l'enfant en période périnatale, en distinguant le système de facteurs intervenant *in utero* de celui intervenant *ex utero*. Deux échelles d'influence de ces facteurs sont à distinguer. La première est l'échelle que nous proposons d'appeler « **synchronique** ». Elle concerne les facteurs déterminants opérant sur le temps court de la grossesse et de la vie de l'individu (un sujet ou une population d'individus contemporains les uns des autres). La seconde échelle d'action des déterminismes de la variabilité est celle que nous proposons d'appeler « **diachronique** », qui inclut des facteurs déterminants opérant sur le temps long, à l'échelle d'individus issus de populations chronologiquement différentes. Ces facteurs déterminants peuvent être **intrinsèques** ou **extrinsèques** à l'individu, selon qu'ils trouvent leur origine dans l'individu lui-même ou dans son environnement au sens large.

Si l'on considère un individu *in utero*, on peut distinguer les facteurs s'exerçant au niveau du fœtus, de l'environnement maternel, de l'environnement immédiat (milieu de vie, société, etc.) ou encore de l'environnement général (figure 47). Dans le cas d'un nouveau-né, l'individu est directement exposé aux facteurs de l'environnement immédiat.

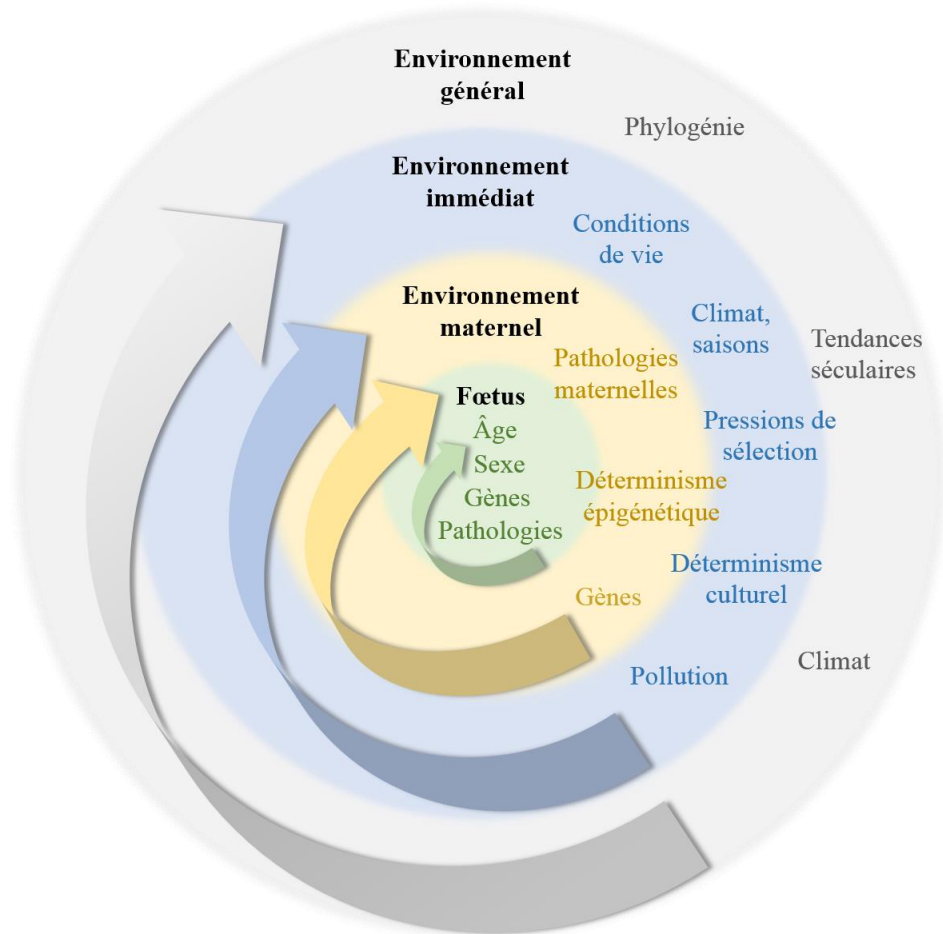


Figure 43. Échelles d'influence des facteurs de variabilité, inspirée de Lewis (2017, p. 2)

Le premier facteur déterminant intrinsèque de la variabilité biologique de l'individu *in et ex utero* est le **déterminisme génétique**, à la base notamment des différences populationnelles (Cunningham *et al.*, 2016). Il joue un rôle dans les différences staturales dans la petite enfance (Bogin *et al.*, 2001 ; Oishi *et al.*, 2004) de même qu'au stade fœtal dans les variations dimensionnelles en général (*e.g.* stature, longueur du pied, diamètre fronto-occipital) (Guihard-Costa et Larroche, 1992 ; Guihard-Costa, 1999 ; Guihard-Costa et Droullé, 2000 ; Guihard-Costa *et al.*, 2000). Parmi les facteurs génétiques, le facteur sexuel entre particulièrement en jeu (Choi et Trotter, 1970 ; Guihard-Costa *et al.*, 2002 ; Guihard-Costa, 2006). La longueur crânio-caudale des fœtus féminins a par exemple été identifiée comme significativement plus faible que celle des fœtus masculins (Pedersen, 1982), ce qui n'est pas

universellement observé dans toutes les études (Guihard-Costa et Larroche, 1992). Le pic de testostérone, ayant lieu au cours de la 15^e s.a. chez les fœtus masculins, causerait par ailleurs une accélération de la maturation, dont l'impact sur le squelette serait amené à disparaître avec la poursuite du processus de croissance (Weaver, 1980 ; Adalian, 2001).

Par ailleurs, les différences populationnelles ne se résument pas à des questions de déterminisme génétique : la « population » désigne non seulement un "pool" génétique plus ou moins homogène, mais également les effets d'un environnement précis (conditions sanitaires, climatiques, etc.), de variations séculaires, ou encore de pratiques culturelles. La variabilité inter-individuelle représente ainsi une diversité qui n'apparaît ni influencée par l'âge, ni reliée à des différences significatives entre groupes populationnels. On considère aussi les mécanismes du **déterminisme épigénétique**, soit les effets de l'interaction entre le génome et l'environnement (Waddington, 1942) qui constituent, selon Lewis (2017b), la base de la flexibilité phénotypique. En modifiant la fonction mais pas la séquence du génome (notamment par la méthylation de l'ADN), ces mécanismes pourraient jouer un rôle dans l'action à long-terme sur un individu d'une contrainte environnementale précoce, ainsi que sur la transmission héréditaire de ses effets (Meaney, 2010 ; Kinnally, 2014).

Ces facteurs épigénétiques, comme les facteurs génétiques, peuvent entrer en jeu dans le **déterminisme pathologique propre à l'individu**, comme dans le cadre des désordres génotypiques (Puumala et Hoyme, 2015). Ces atteintes induisent des variations dans le développement osseux et la croissance dès le stade fœtal (*e.g.* achondroplasies) et seront davantage détaillées par la suite (*Cf. infra*, chap. III, I.2.1.). Le **déterminisme pathologique maternel** avec les maladies induites par la grossesse, les gestoses (*e.g.* diabète gestationnel), ou non-induites par la grossesse (*e.g.* épilepsie) est également à considérer (Speidel et Meadow, 1972). Ces dernières sont à mettre en lien avec les conditions de vie de la mère et permettent de parler de **déterminisme social**, voire **comportemental**. Le lien entre sous-alimentation maternelle et retard de développement fœtal a notamment été mis en évidence de manière précoce, en particulier concernant les épisodes de famine ou de changements sociaux (Antonov, 1947 ; Lechtig *et al.*, 1975 ; Owsley et Jantz, 1985). Garn et collaborateurs (1973b ; a) ont montré que chez les mères à faibles revenus il existait, au niveau du fœtus, des différences de taux d'ossification et de maturation dentaire. L'apparition de troubles comme l'anémie ou le rachitisme (*Cf. infra*, chap. III, I.2.3.) est également plus fréquente chez leur descendance (Brickley et Ives, 2006, 2008).

Les futures mères au faible niveau social sont plus à même de contracter des pathologies infectieuses, et ont potentiellement plus de difficultés à y faire face. Une corrélation a été mise en évidence entre de mauvaises conditions de vie de la mère et une altération de l'expression des gènes, ainsi qu'une croissance ralentie (Millett et Gowland, 2015). Le déterminisme comportemental inclurait également le comportement des adultes vis-à-vis de la femme enceinte ou du nouveau-né, qui ne reçoivent pas le même type de soins (protections, apports caloriques, etc.) s'il s'agit d'une grossesse socialement acceptée, attendue, ou au contraire perçue de manière négative.

Des critères propres à la variabilité maternelle rentrent également en jeu parmi les facteurs de l'environnement maternel, comme certains **critères anatomiques**. Il a par exemple été montré que le fait d'avoir une petite cavité utérine était corrélé avec une stature plutôt réduite du fœtus (Cochard, 2012). Le statut immunitaire de la mère (Lewis, 2017b) joue également un rôle à travers les mécanismes de l'immunité passive, c'est-à-dire la transmission de l'immunité maternelle au fœtus, laquelle influe sur le développement de pathologies infectieuses à potentiel effet sur le squelette (*Cf. infra*, chap. III, I.2.2.). L'expression osseuse des pathologies infectieuses acquises par l'intermédiaire de la mère ou contractées *ex utero* est elle-même influencée par la **variabilité immunitaire** de l'individu en période périnatale (Lewis, 2017b). Le fait qu'il s'agisse d'un fœtus ou d'un nouveau-né a ici une influence, puisque l'individu peut être touché, une fois né, par des infections dont il était protégé *in utero* (Solomons *et al.*, 1993).

De la même manière, la **durée de gestation** ainsi que le moment de la naissance, et en particulier le fait qu'il s'agisse ou non d'une **naissance prématurée** a une influence sur la croissance du nouveau-né (Papiernik *et al.*, 1985). L'étude de Rovillé-Sausse et Guihard-Costa (1997) a notamment montré l'existence de trajectoires de croissance pondérales post-natales différentes entre les sujets nés à 36 s.a. et les sujets nés à 40 s.a., les sujets prématurés présentant une vitesse de croissance pondérale supérieure par rapport à ceux nés à terme. Le taux de renouvellement osseux chez les individus prématurés est également supérieur à celui des nouveau-nés à terme (Mora *et al.*, 2003). La dynamique de croissance longitudinale post-natale du nourrisson prématuré fait pour sa part encore l'objet de débats, certains auteurs identifiant une stature des prématurés demeurant inférieure à celle des enfants nés à terme (Wedgwood et Holt, 1968 ; Babson *et al.*, 1970 ; Brandt, 1978) alors que d'autres ne voient aucune différence (Levine et Gordon, 1942 ; Dann *et al.*, 1964 ; Stewart et Reynolds, 1974). Le prolongement de la grossesse est également un facteur à prendre en considération. Si l'accouchement est déclenché dans les grossesses médicalisées au-delà de 42 s.a. environ en raison de la hausse des

risques maternels et fœtaux qu'implique ce prolongement, il n'est pas rare qu'une gestation naturelle se poursuive sur parfois plusieurs semaines avec une perpétuation des processus de croissance et de maturation *in utero* (Vercoustre, 2008 ; Vercoustre et Nizard, 2008). Sur os sec, il peut en résulter des sujets nouveau-nés mais dont l'âge ostéologique estimé correspond à celui d'un individu âgé de plusieurs semaines post-partum. L'existence d'une possible « **hétérogénéité cachée** » doit ici également être prise en compte (Wood *et al.*, 1992). Il s'agit d'une susceptibilité différentielle aux maladies avec des chances de survie inter-individuelles différentes (Yashin *et al.*, 2008) : “*an individual's likelihood to succumb is the result of hidden factors such as genetic predisposition, socioeconomic status, and microenvironment*” (Lewis, 2017b, p. 8). À l'origine identifiée à l'échelle populationnelle pour les classes d'âge supérieures, l'existence de capacités de résistance variables dans la classe d'âge périnatale ne peut toutefois être écartée (Lewis, 2017b).

À l'échelle de l'environnement immédiat (figure 47), l'**exposition maternelle aux polluants et composants tératogènes** (agents provoquant le développement de masses cellulaires anormales comme les agents infectieux, les produits chimiques, les hormones, les radiations ionisantes ou encore les substances toxiques) constitue un facteur émergent, particulièrement pour la période moderne et récente. Le lien entre une exposition maternelle à la nicotine, à l'alcool et aux drogues, et un retard de croissance ou un faible poids de naissance a fait l'objet de nombreuses études (*e.g.* Roberts *et al.*, 1976 ; Chasnoff et Burns, 1987). La question de l'impact des traitements médicamenteux sur le fœtus pendant la grossesse ne cesse également de se poser (Kabbash *et al.*, 1998). Dans les sociétés actuelles, le lien entre pollution atmosphérique et retard de croissance *in utero* a fait son entrée parmi les enjeux sanitaires et économiques majeurs (Rafenberg et Annesi-Maesano, 2018).

Parmi les facteurs maternels, un lien a également été évoqué entre le **rang de naissance** dans la fratrie et l'apparition sur l'enfant d'une asymétrie, absence de correspondance stricte entre deux ou plusieurs éléments au niveau de certaines dimensions bilatérales⁹ (*Cf. infra*, chap IX, I.1.). Une asymétrie supérieure existerait par exemple chez les derniers de fratrie (Lalumière *et al.*, 1999). Cette association a notamment été mise sur le compte d'une immuno-réactivité spécifique de la mère par rapport aux fœtus de sexe masculin, considérés comme plus susceptibles de développer une réaction antigénique que ceux de sexe féminin (Gualtieri et Hicks, 1985 ; Lalumière *et al.*, 1999). L'environnement maternel deviendrait donc plus délétère pour le fœtus en fonction du nombre de frères nés précédemment (Lalumière *et al.*, 1999).

⁹ Définition d'asymétrie modifiée d'après la définition du dictionnaire Larousse en ligne <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sym%C3%A9trie/76062>

Ces observations ont par la suite été discutées, voire contredites, Benderlioglu (2004) trouvant au contraire une asymétrie supérieure chez les premiers-nés par rapport aux suivants.

Parmi les autres facteurs de variabilité de l'environnement immédiat, l'influence du **climat** et des **saisons** sur le phénotype du sujet en période périnatale demeure encore difficile à caractériser avec précision (Cunningham *et al.*, 2016). Leur influence *in utero* sur l'apparition de troubles ou maladies au cours de la vie, comme l'autisme, l'épilepsie, certaines formes de tumeurs ou encore la trisomie, est cependant bien documentée (Tanner, 1962 ; Konstantareas *et al.*, 1986 ; Livingston *et al.*, 1993 ; Fraser et Gwyn, 1998). Les stress saisonniers (manque de nourriture, températures extrêmes, prévalence d'agents infectieux) pourraient en effet jouer un rôle de perturbateur du développement fœtal et auraient une incidence sur l'état de santé de l'organisme, y compris à l'âge adulte. Benderlioglu et Nelson (2004) montrent par exemple à partir d'un corpus de sujets américains actuels vivants que la saison de naissance est significativement corrélée à l'apparition d'asymétrie fluctuante sur des variables de longueurs (doigts, oreille cartilagineuse, articulations), laquelle est interprétée à l'âge adulte comme l'indicateur d'un stress gestationnel. Les sujets nés à l'automne (ayant bénéficié de températures clémentes et d'apports nutritionnels globalement plus complets et variés au cours de la grossesse) sont identifiés comme présentant des taux d'asymétrie fluctuante inférieurs aux sujets nés au printemps (Benderlioglu et Nelson, 2004).

Parmi les facteurs de variabilité diachroniques dans l'environnement général, on compte les **tendances séculaires** (figure 47), évolutions non périodiques ayant lieu sur le temps long (Cole, 2000 ; Wen *et al.*, 2003 ; Oishi *et al.*, 2004). La définition de ce « temps long » varie puisqu'il peut s'agir de plusieurs décennies ou de centaines d'années, voire plus, certaines variations s'exerçant à l'échelle de millions d'années. Des tendances de ce type ont été identifiées pour les sujets immatures plus âgés (Miles et Bulman, 1994 ; Kramer *et al.*, 2002) au niveau des dimensions des nouveau-nés au cours de la seconde moitié du XX^e siècle. Kramer et collaborateurs (2002) montrent par exemple une augmentation de la croissance en taille dans un échantillon de nouveau-nés canadiens nés entre 1978 et 1996. Cette dynamique se poursuit, ce qui a par ailleurs été souligné par la récente mise à jour en France des courbes de croissance des carnets de santé infantiles. Fortement liées au déterminisme social, ces évolutions semblent pouvoir, dans une certaine mesure, être liées à des **changements dans l'environnement**. Elles sont observées au Japon, cadre d'une période d'importante amélioration des conditions socioéconomiques au cours des années soixante. L'étude métrique (poids, stature et circonférences) d'une cohorte née en 1962 et d'une cohorte née en 1988 montre une

augmentation des variables de stature et de poids entre les années 60 et les années 70 (Oishi *et al.*, 2004). Le même type de tendance est décelé au niveau des mêmes variables sur des populations chinoises entre les années 80 et les années 2000, période de transition économique régionale avec le passage d'une société industrielle à des activités de commerce et de finances (Fok *et al.*, 2003). Ces tendances séculaires semblent toutefois saltatoires et fortement dépendantes des contextes locaux. L'étude de Maresh (1972) portant durant trois décennies sur une population de sujets immatures (sujets nés entre 1924 et 1953) originaire et évoluant dans un milieu aisé et stable économiquement n'a au contraire pas mis en évidence d'évolutions au niveau des critères de maturation ou des variables de taille ou de poids (Maresh, 1972). Ces tendances séculaires semblent également s'exercer de manière différente en fonction de l'âge de l'individu. Certains travaux réalisés à partir de corpus nord-américains et norvégiens montrent par exemple une tendance séculaire à la réduction de la croissance des sujets nés prématurément (Skjaerven *et al.*, 2000 ; Ananth et Wen, 2002). Le climat peut également prendre part à la diversité biologique sur le temps long et dans l'environnement général. A été notamment évoqué le refroidissement climatique général que connaît l'Europe entre les XIV^e et XV^e siècles, période nommée « **petit âge glaciaire** » (Le Roy Ladurie, 1967 chap IV, p.102-215) d'après l'expression anglaise, "*the Little Ice age*" (Lliboutry, 1965, p. 727). Les famines et les épidémies apparaissent alors comme autant de pressions de sélection (Badyaev et Foresman, 2000). L'impact de ce type d'événement et de ses implications sur la variabilité phénotypique du nouveau-né reste difficilement appréciable et mal documenté à ce jour.

Une dernière variabilité peut enfin être identifiée à l'échelle de la lignée des hominins avec les **évolutions phylogénétiques** (agissant par l'intermédiaire de la dérive génétique, des mutations, des migrations et de la sélection naturelle). Elle est en cours d'appréhension au fur et à mesure des découvertes archéologiques grâce aux études biologiques comparant les trajectoires de croissance et de maturation des sujets en période périnatale de la lignée *sapiens*, ainsi que de cette dernière par rapport à la lignée néandertalienne (Tillier, 1986, 1987, 2000b ; Tillier et Duda, 1990a ; Weaver *et al.*, 2016). Au Paléolithique moyen en France, le site de La Ferrassie a livré les restes de deux individus néandertaliens en période périnatale (Capitan et Peyrony, 1912 ; Heim, 1982) dans ce qui est, peut-être, un dépôt intentionnel (Tillier et Duda, 1990a ; Maureille et Van Peer, 1998 ; Maureille et Vandermeersch, 2007 ; Maureille, 2017). Un autre (*Cf. infra*, chap XII, II.1.1.) est découvert après réexamen des vestiges de l'abri inférieur du Moustier fouillés par D. Peyrony (Maureille, 2002). En Russie, un individu néandertalien a été identifié sur le site de Mezmaiskaya (Golovanova *et al.*, 1999 ; Barriel, 2002 ; Pinhasi *et al.*, 2011 ; Weaver *et al.*, 2016).

Au Proche-Orient, un sujet est découvert en 1969 sur le site de Qafzeh (Vandermeersch, 1981 ; Tillier, 1989). Pour le Paléolithique supérieur, des vestiges d'individus décédés en période périnatale ont été découverts sur le site de Cro-Magnon, même si le nombre d'individus présents fait encore débat (Lartet, 1868 ; Gambier, 1986, 1990). En Italie, la sépulture de femme enceinte d'Ostuni a livré un fœtus en place *in utero* d'âge estimé à 8 mois de grossesse (Robillard *et al.*, 2018), et le site d'Arene Candide un individu décédé en période périnatale (Gambier *et al.*, 2001). En Égypte, la tombe de Nazlet Khater 1 a livré des restes très fragmentaires de fœtus (Crèvecoeur, 2008). On trouve également un individu en Russie sur le site de Kostenki (Sinitsyn, 2004), un en Allemagne sur le site de Sesselfelds (Richter, 2002 ; Rathgeber, 2006), et deux en Autriche sur le site de Krem-Wachtberg (Einwögerer *et al.*, 2008).

Ces découvertes ont déjà permis de documenter certains aspects de la variabilité de la classe d'âge. Les études de Ponce de Leon et collaborateurs (2008) ainsi que celles de Gunz et collaborateurs (2010, 2011, 2012) ont par exemple mis en évidence des différences au niveau du bloc crânio-facial, dont en particulier l'existence d'une phase de « globularisation » de l'endocrâne spécifique au nouveau-né *sapiens*, pouvant possiblement se traduire par des différences cognitives. Les analyses se trouvent cependant confrontées au manque de données de comparaison disponibles (Gambier, 1986). L'acquisition d'informations sur la variabilité ostéologique de la classe d'âge dans la lignée *sapiens* constitue ainsi une perspective importante pour l'approfondissement des études biologique des sujets des autres taxons.

Synthèse

Après un rappel de certaines données embryologiques, ostéologiques et terminologiques, il a été souligné que les nouvelles dynamiques de recherche autour de la périnatalité dans les populations du passé se heurtent à des limites constitutives de l'étude biologique de la classe d'âge périnatale. La première difficulté est **l'estimation sur os sec de l'âge au décès** de l'individu. Bien que toujours plus précises, les méthodes ne peuvent se dispenser du recours à des populations de référence actuelles, ce qui pose la question de l'applicabilité de ces référentiels à des sujets issus d'environnements différents. Les individus en période fœtale ou post-natale sont en effet soumis, comme les sujets plus âgés, à des facteurs induisant une variabilité ostéologique.

Le squelette peut être perçu comme le résultat d'un compromis entre les dynamiques du développement et les différentes sources de variabilité. Celles-ci peuvent être inhérentes à l'individu (sexe, patrimoine génétique, etc.) tout comme elles peuvent trouver leur source dans

son environnement direct ou indirect. Les sujets en période périnatale ont pour particularité d'avoir vécu la majeure partie de leur développement *in utero*, d'où l'importance des facteurs de variabilité issus de l'environnement maternel (alimentation, pathologies, immunité, etc.) Ils connaissent également l'influence de facteurs extérieurs comme le climat ou l'exposition aux polluants, ou encore des tendances sur le temps long comme les variations phylogénétiques ou séculaires.

La variabilité ostéologique de la classe d'âge périnatale est issue de facteurs multiples, dont les influences, complexes, sont difficiles à distinguer les unes des autres. Cet axe de recherche est pourtant nécessairement à investir, dans une perspective biologique tout comme dans une perspective archéo-anthropologique. L'étude des différences populationnelles, de l'influence de l'environnement et de leur impact sur la variabilité staturale, permettrait en premier lieu d'ajuster les méthodes d'estimation de l'âge, dont l'applicabilité aux populations anciennes reste discutable (Guihard-Costa, 1998 ; Tillier, 2005). Ces analyses de variabilité constituent un préalable aux études archéo-anthropologiques portant sur l'état sanitaire des sujets décédés en période périnatale.

Chapitre III.

La possibilité d'une mort, critères de vitalité, de morbidité et de mortalité

“As vulnerable members of a society who are wholly dependent on the care of others, understanding the survival of infants has the potential to provide an accurate measure of a population’s ability to adapt to their particular environmental circumstances”
(Lewis, 2017b, p. 1).

La maladie et le décès du tout-petit représentent une réalité biologique, celle d'un état sanitaire altéré aboutissant, ou non, au décès du sujet dans les premiers moments de la vie intra ou extra-utérine. La paléopathologie s'est longtemps heurtée à l'idée que ces individus décédaient avant d'atteindre le stade de développement de marqueurs osseux identifiables, (Lewis, 2017b ; a). Ce champ disciplinaire est aujourd'hui de plus en plus investi pour la classe d'âge périnatale, d'une part pour évaluer la place de l'individu dans la société, et d'autre part dans la perspective de les utiliser en tant que *“proxies”* de leur environnement (Halcrow et Tayles, 2011 ; Han *et al.*, 2017 ; Lewis, 2017b ; a).

L'état sanitaire de l'enfant peut, dans un premier temps, apporter des données sur celui de la mère ainsi que sur les stress environnementaux auxquels la population est exposée. La démarche est rendue complexe par la nature et les spécificités osseuses du sujet en période périnatale, pour lequel il peut être difficile de faire la distinction entre croissance normale de l'os et processus pathologique (Lewis, 2007, 2017b ; Sadler, 2011). Au-delà de cette difficulté de « lecture » de l'os, les classes d'âge immatures n'échappent pas au « paradoxe ostéologique ».

Ce dernier désigne le principe selon lequel les squelettes présentant le plus de lésions appartiennent aux individus les plus résistants, et que les squelettes en apparence « sains » pourraient au contraire être attribués aux sujets les plus faibles, décédés avant d'avoir pu développer des signes osseux (Wood *et al.*, 1992). Lewis (2017b) précise ainsi que les marqueurs physiologiques de stress sur l'individu immature représentent à la fois la présence d'une pression passée ou en cours au moment de la mort, et la survie potentielle à des épisodes de stress passés. Les marqueurs de stress ne peuvent, de plus, pas être considérés comme un reflet exact de l'état de santé du sujet. D'après Reitsema (2014, p. 181), "*stress and health are not coterminous, and while the term 'health' encompasses some aspects of 'stress', health refers to a more holistic condition beyond just physiological disruption*". La présence d'une lésion n'équivaut pas à la présence d'une maladie, et son absence, en particulier pour les individus immatures, ne signifie pas que l'individu est en bonne santé (Lewis, 2017b). L'utilisation d'indicateurs multiples, et en particulier de critères de morbidité et de mortalité, apparaît donc comme requise (Temple et Goodman, 2014).

Les **critères de morbidité** sont des éléments de référence permettant de juger ou d'estimer l'état sanitaire d'un individu étudié¹⁰. Les **critères de mortalité** désignent des éléments traduisant une impossibilité, soit qu'il y ait eu naissance vivante, soit qu'il y ait pu avoir une survie de longue durée. Mises à part certaines pathologies facilement identifiables et incompatibles avec la vie (*e.g.* agénésie crânienne, Lewis, 2017b), ces critères sont relativement rares sur os sec. L'identification du statut de vitalité à la naissance (enfant vivant ou mort-né) permettrait, dans un second temps, de compléter les informations relatives à la manière dont le sujet a été considéré et traité. Plus l'âge osseux estimé est élevé, plus il est probable que l'enfant soit né vivant et ait survécu quelques temps, mais il n'est toutefois pas possible de déduire cette information de l'âge osseux. Il est rare de pouvoir identifier si un individu ostéologiquement à terme est mort-né ou a survécu quelques temps, les critères pouvant le prouver étant peu nombreux. La notion de « **critères de vitalité** » est à l'origine un concept développé par Brinchmann (2000) dans le cadre de la médecine périnatale. Il s'agit d'un système d'évaluation de la viabilité d'un individu prématuré et malade, destiné à déterminer si un pronostic favorable justifie le début de soins curatifs plutôt que palliatifs. Cette définition ne fait pas sens en anthropologie biologique, où le concept désigne des indicateurs traduisant que l'individu a fait l'objet, si ce n'est d'une survie de courte durée, au moins d'une naissance vivante.

¹⁰ définition de « critère » modifiée d'après le Larousse (2010)

Dans ce chapitre, nous reviendrons ainsi dans un premier temps sur les caractéristiques ostéologiques que l'on peut considérer comme des critères de morbidité et de mortalité, c'est-à-dire les marqueurs osseux associés aux pathologies fœtales et néonatales courantes. Nous reprendrons ensuite les critères permettant à l'heure actuelle d'attester une survie post-partum de l'individu.

I. Critères de morbidité et de mortalité

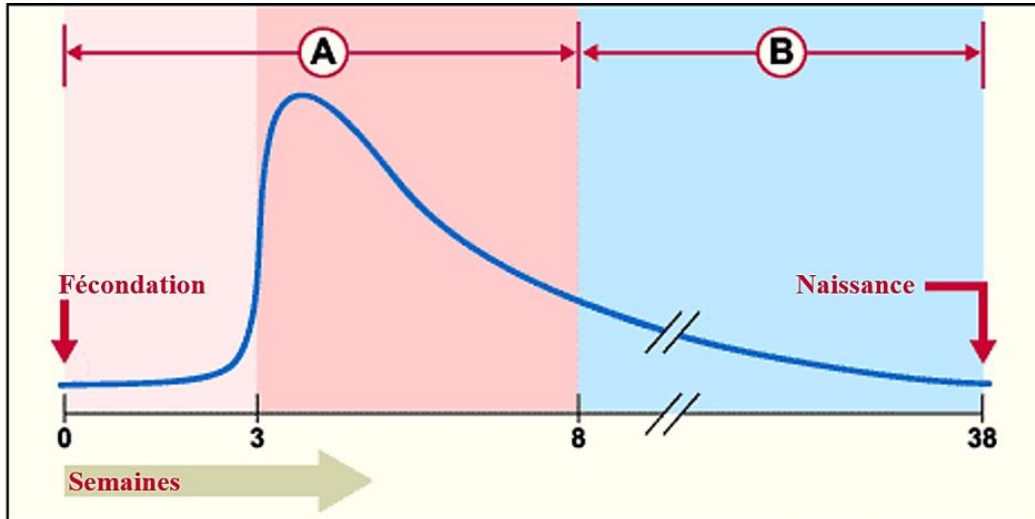
I.1. Avant la période périnatale : les anomalies embryonnaires

Durant la période qualifiée de pré-embryonnaire (jusqu'au 14^e jour post-fécondation, Cf. *infra* chap. III, I.1.), l'embryon possède encore des capacités de régulation et d'auto-réparation, ce qui implique qu'une perturbation n'induirait aucun dommage ou causerait un avortement spontané. L'embryon est ensuite, au cours de l'organogénèse, beaucoup plus sensible aux perturbations et à l'apparition d'anomalies congénitales. Principaux facteurs mettant fin à la grossesse à ce stade, elles sont définies comme le résultat d'une interruption ou d'un écart par rapport au développement normal de l'organisme, écart produisant un changement de forme ou de structure irréversible au niveau de l'embryon ou du fœtus¹¹ (Moore, 1988 ; Aufderheide *et al.*, 1998 ; Moore et Persaud, 2008). On distingue les embryopathies, anomalies congénitales qui se développent durant la période embryonnaire, et les fœtopathies, anomalies congénitales qui se développent après la 8^e semaine de gestation. À partir du début de la période fœtale, la majorité des organes est déjà développée et donc moins sensible aux perturbations. Une exception notable est le cortex cérébral qui se développe entre la 8^e et la 15^e s.a. Le risque de malformation est donc maximal à partir de la 3^e semaine post-fécondation et décroît par la suite (figure 48). On parle d'anomalies primaires dans le cas d'anomalies d'origine génétique. Elles se classent en trois types :

- (i) Les aberrations génétiques, qui constituent actuellement 7,5 % des anomalies congénitales. Il peut s'agir de mutations mono- ou polygéniques, qui peuvent être héréditaires.
- (ii) Les aberrations chromosomiques, de structure ou de nombre. Elles représentent aujourd'hui 0,5 % des anomalies congénitales.

¹¹ Les données de cette partie proviennent en majorité du cours d'embryologie en ligne à l'usage des étudiants et étudiantes en médecine développé par les Universités de Fribourg, Lausanne et Berne (Suisse) - sous l'égide du Campus Virtuel Suisse, <http://www.embryology.ch/>

- (iii) Les anomalies multifactorielles : elles sont dues à plusieurs gènes et peuvent être influencées par des facteurs environnementaux. Elles regroupent les anomalies du tube neural, les becs de lièvres, les anomalies de la circulation cardiaque ou encore les dysplasies des hanches (Charon, 2005).



- A : période embryonnaire
- B : période fœtale
- 0 – 3^e s.a., mort embryonnaire possible
- 3 – 8^e s.a., période de sensibilité maximale aux malformations
- 8 – 38^e s.a., déficits fonctionnels prédominants

Figure 44. Incidence des anomalies congénitales en fonction du moment de la grossesse, modifié d'après <http://www.embryology.ch/anglais/iperiodembry/patholperiod01.html>

Les anomalies primaires les plus courantes sont les *spina bifida*, les becs de lièvre ou encore les défauts cardiaques congénitaux. On parle d'anomalies secondaires lorsqu'elles sont dues à un facteur exogène de type traumatisme ou agent tératogène. Les principaux facteurs d'anomalies secondaires de l'embryon regroupent :

- (1) Les pathogènes viraux : le virus de la rubéole peut causer des microcéphalies et des anomalies dentaires, le cytomégalo virus (HHV-5, l'herpès humain) des microcéphalies ou des hydrocéphalies, l'*herpes simplex* des microcéphalies, la varicelle des hypoplasies des membres et des doigts. Le virus du sida peut quant à lui être responsable d'un retard de croissance ou d'une microcéphalie.
- (2) Les pathogènes non-viraux, comme le parasite intracellulaire de la toxoplasmose qui peut traverser le placenta. Les embryons sont infectés par l'intermédiaire du sang maternel, du placenta ou par la cavité amniotique. Les dégâts causés sur l'embryon (calcifications cérébrales, hydrocéphalie, anomalies ophtalmiques) sont très importants et la plupart du temps mortels. La syphilis congénitale peut quant à elle traverser la

barrière placentaire et causer, outre des anomalies osseuses, des hydrocéphalies ou encore des anomalies pathognomoniques des dents.

- (3) Les agents tératogènes, qui comprennent les radiations ionisantes perturbant la réplication de l'ADN. Les examens pratiqués sur les victimes d'Hiroshima et de Nagasaki ont par exemple montré que l'irradiation avait causé des microcéphalies ou des *spina bifida cystica* (Plummer, 1952 ; Wood *et al.*, 1967).

L'impact de ces agents tératogènes varie en fonction du terrain génétique de l'organisme. Là où certains sujets développent des anomalies majeures, d'autres n'en développent pas, alors qu'ils sont pourtant exposés aux mêmes agents. Pour une grande partie des sujets atteints (pourcentage difficile à évaluer autant dans les populations anciennes qu'actuelles), la grossesse ne se prolonge pas, ce qui donne une fréquence réduite de ces pathologies graves au stade périnatal.

I.2. Marqueurs squelettiques de la morbidité et de la mortalité aux stades fœtal et post-natal

En nous appuyant notamment sur les travaux fondateurs de Maroteaux (1974) et Ortner (2003), ainsi que sur la récente synthèse fondamentale sur la paléopathologie infantile de Lewis (2017b), nous avons tenté de distinguer les principaux marqueurs osseux de morbidité et de mortalité documentés chez les tout-petits. Plusieurs types peuvent être distingués. On parle d'**agénésie** lorsqu'un organe (*e.g.* une partie du squelette) ne s'est pas développé durant la période embryonnaire, de **dysplasie** lorsque le tissu présente une organisation anormale de ses cellules (*e.g.* achondroplasie, *Cf. infra*, chap. III, I.2.1.). Les **déformations** résultent quant à elles de l'application d'un effet mécanique sur l'élément osseux. Ces anomalies peuvent être isolées, ou multiples. On parle alors de **syndrome** lorsqu'une origine unique implique un ensemble d'anomalies (*e.g.* trisomie de Down), et de **séquence** lorsqu'un facteur unique cause des effets secondaires multiples (Lewis, 2017b). Les marqueurs osseux seront ici distingués en fonction de quatre groupes nosologiques :

- (i) Anomalies du développement
- (ii) Pathologies infectieuses
- (iii) Désordres métaboliques et marqueurs de stress non spécifiques
- (iv) Traumatismes

I.2.1. Anomalies du développement

I.2.1.1 Anomalies touchant le bloc crânio-facial

Les **cranosynostoses** regroupent la fusion prématurée d'une ou plusieurs sutures crâniennes de l'enfant, ce qui cause une craniosténose ou une morphologie anormale du crâne (Cohen, 2005). Lorsque la fusion est isolée elle est décrite comme primaire, mais elle peut également faire partie d'un syndrome : il s'agit alors d'une craniosynostose secondaire (Lewis, 2017b). Elles peuvent être causées par de nombreux facteurs, soit biologiques (comme l'hyperthyroïdisme, une déficience en vitamine D), soit culturels ou accidentels, comme des contraintes exercées sur le crâne du nouveau-né ou encore des traumatismes de la naissance (Aufderheide *et al.*, 1998). Il existe également des cas d'agénésie suturale, c'est-à-dire de fusion congénitale des os du crâne (Barnes, 1994). Un cas archéologique de fusion multiple des sutures crâniennes est mentionné aux États-Unis (Glen Canyon) sur un sujet décédé en période périnatale issu d'une population indienne native (Bennett, 1967).

La **microcéphalie** peut se révéler au cours de la période fœtale ou *ex utero*. La microcéphalie se caractérise par une diminution des dimensions pariétales et frontales, par un occipital aplati, et une circonférence crânienne inférieure à 46 cm. Les sujets peuvent également présenter une micrognathie, une face réduite et une réduction de la stature (Lewis, 2017b). Ses causes sont multiples : elle peut être due à une anomalie génétique, à l'exposition fœtale à l'alcool, à une déficience pré et post natale en iode, à une méningite, à un traumatisme de la naissance, ou encore à une asphyxie (Sampson *et al.*, 1997 ; Lewis, 2017b). Au contraire de la microcéphalie, les **hydrocéphalies** se caractérisent par un élargissement de la voûte, résultant d'une accumulation de liquide cébrospinal dans l'espace subarachnoïdien. La voûte présente un crâne élargi avec des bosses frontales développées, une épaisseur amoindrie, une présence d'os wormiens, et une base du crâne aplatie (Aufderheide *et al.*, 1998). L'hydrocéphalie peut être associée à une asymétrie du crâne, avec une prédominance du côté gauche. Cette asymétrie semblerait particulièrement développée au stade périnatal (Galdames *et al.*, 2009). L'hydrocéphalie est congénitale dans 25 % des cas actuels, mais peut également faire suite à un traumatisme ou une anoxie (diminution de l'oxygène sanguin) lors de la naissance, à des tumeurs ou encore à des infections comme les oreillons ou la rougeole (Laurence et Coates, 1962). Elle est documentée en contexte archéologique, mais pas pour des sujets décédés en période périnatale (Lewis, 2017b).

L'anencéphalie est une malformation sévère et létale du tube neural embryonnaire qui se caractérise par un défaut de formation du cerveau, se traduisant par des anomalies graves touchant l'ensemble des os du bloc crânio-facial (figure 49, voûte crânienne réduite, déformations de l'écaille temporale) et du sphénoïde (Irurita *et al.*, 2015). Sa fréquence actuelle est de 1 pour 1000 naissances (Aufderheide *et al.*, 1998).

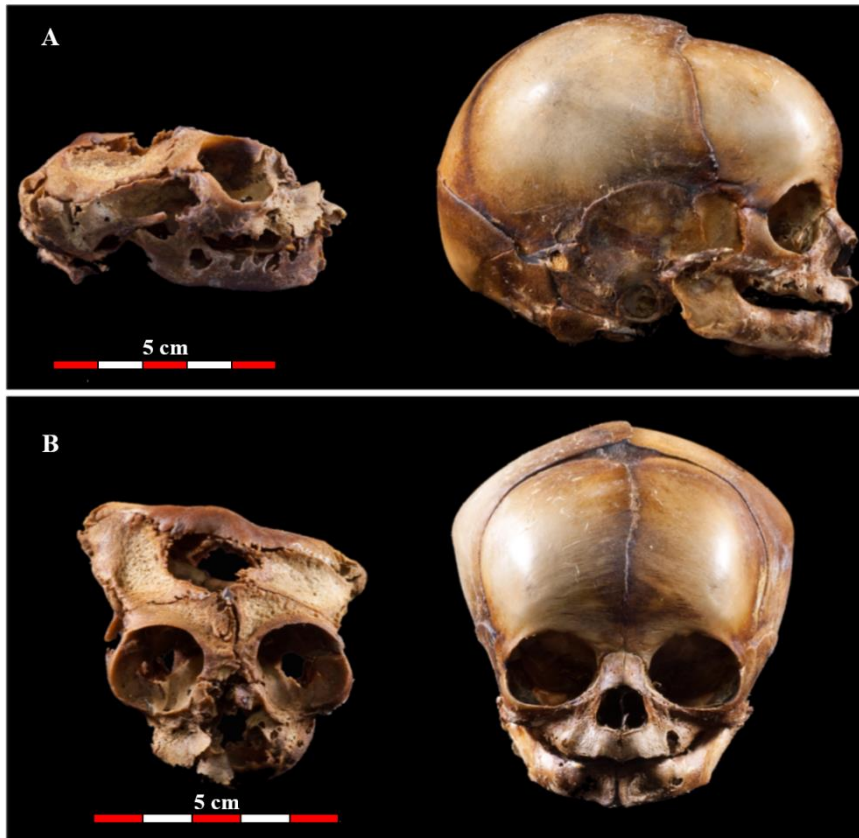


Figure 45. Crâne anencéphalique d'un individu moderne de 38 s.a. squelette G294, avec crâne normal de comparaison, A : vue latérale droite, B : vue antérieure, d'après Irurita *et al.* (2015, p. 906)

Cette anomalie peut provenir d'un déficit en acide folique (vitamine B9). L'individu n'est pas viable, et il s'agit d'une cause de décès dans les tout premiers temps de vie (décès per partum ou quelques heures après la naissance). Ce diagnostic a été discuté en contexte archéologique en Égypte, pour un enfant décédé en période périnatale datant de l'époque ptolémaïque (III^e – II^e siècles av. J.C.) retrouvé dans la nécropole d'animaux consacrée au dieu Thot à Hermopolis (Geoffroy Saint-Hilaire, 1826 ; Dasen, 2010a), ainsi que pour un sujet datant de la période romaine (50 – 450 ap. J.C. environ) retrouvé dans l'oasis de Dakhla (Cope, 2008). L'anencéphalie a aussi été évoquée pour l'enfant du site d'Elmbak Cemetery (Toronto, Canada) issu d'un groupe pionnier américain du XIX^e siècle (Dudar, 2010).

D'autres anomalies du développement peuvent également toucher le bloc crânio-facial et notamment le pétreux, comme dans le cas de **la sténose** ou de **l'atrésie du canal auditif externe**. La sténose correspond à un rétrécissement du méat, lequel peut aller jusqu'à l'atrésie, c'est-à-dire son oblitération. Ces dysplasies du pétreux peuvent être accompagnées d'anomalies morphologiques des osselets de l'oreille interne, et être responsables d'une surdité partielle ou complète. Elles peuvent par exemple résulter d'une mutation génétique ou du syndrome de Down (Cf. *infra*, chap III, I.2.1.3.). La fréquence actuelle de ce type d'anomalie est faible (1 sujet sur 10 000 ou 20 000 environ). La **fente palatine** (figure 50) résulte pour sa part d'un problème de développement du maxillaire au cours de l'embryogénèse, causant une communication entre les cavités orale et nasale (Liston et Rotroff, 2013 ; Lewis, 2017b). La fente est partielle lorsque seul le maxillaire est affecté, et complète lorsque le maxillaire et les lèvres le sont. Il s'agit d'une malformation fréquente, touchant 1 individu sur 1000, qui peut être due à l'exposition à la rubéole, au tabac ou à une déficience maternelle en acide folique (Lewis, 2017b).

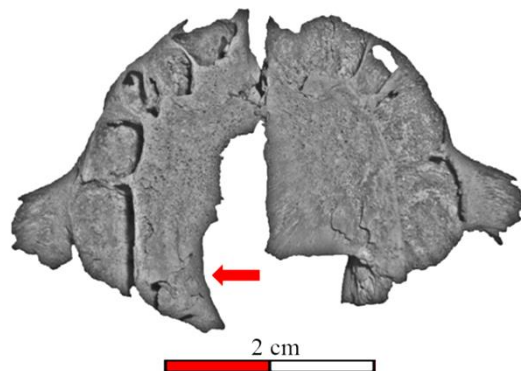


Figure 46. À gauche, maxillaire d'un jeune enfant porteur d'une fente palatine (flèche rouge) jouxtant une altération taphonomique, à droite : maxillaire de comparaison, d'après Liston et Rotroff (2013, p. 75). Qualité de l'image due à la publication d'origine.

I.2.1.2. Anomalies infra-crâniennes

Parmi les anomalies infra-crâniennes, une **occipitalisation de l'atlas** peut être observée suite à un défaut de segmentation de la région occipito-cervicale. Elle peut être identifiée par la fusion partielle de la région antérieure des éléments, ou par une hypoplasie de leur région postérieure. Cette anomalie, identifiée chez 1 % environ des populations adultes, apparaît au cours de la troisième semaine de vie fœtale à l'occasion d'un défaut de division des sclérotomes de l'occipital et des vertèbres cervicales (Lewis, 2017b). Elle peut accompagner le syndrome de Down, l'achondroplasie, le nanisme ou encore l'hyperparathyroïdisme (Cf. *infra*, chap. III, I.2.1.3.).

La **spina bifida** fait également partie des malformations du tube neural avec une exposition de la corde spinale. Il en existe deux types, le premier étant la *spina bifida cystica*, à gravité variable, qui se caractérise par un défaut de formation de la partie postérieure des héli-arcs vertébraux. Cette ouverture autorise la protrusion des méninges et des racines nerveuses. Sur os sec elle se traduit par un élargissement de la distance entre l'extrémité postérieure des héli-arcs neurax, ce qui rend ce type de malformations difficilement identifiable en contexte archéologique dans la classe d'âge périnatale. La deuxième forme est la *spina bifida occulta*, qui est identifiée par une fusion incomplète des arcs neurax postérieurs et due à une déficience en acide folique, zinc, sélénium ou vitamine B12, ou encore des facteurs génétiques (Lewis, 2017b).

Le rachis peut aussi présenter des **lordoses**, **cyphoses** et **scolioses** congénitales. La lordose est causée par un défaut de segmentation ou une fusion anormale des arcs neurax postérieurs, conjointement avec un développement normal de leur région antérieure. La cyphose regroupe les agénésies ou le mauvais développement de la région antérieure des corps vertébraux, résultant en des héli-vertèbres. La scoliose peut pour sa part provenir de la présence d'héli-vertèbres, de vertèbres surnuméraires, ou de la fusion des arcs neurax. De nombreuses anomalies du squelette axial (incluant des fusions des héli-arcs adjacents d'un même côté, et non pas des héli-arcs gauche et droit correspondants) ont par exemple été identifiées en contexte archéologique chez trois nouveau-nés du site protohistorique américain de Homol'ovi III (Arizona) chez lesquels une relation de parenté a pu être suspectée (Anderson, 1989). Des **fentes sagittales des corps vertébraux** (figure 51), induites par une régression irrégulière de la notochorde (*Cf. supra*, chap. II, I.1.) peuvent également être identifiées dès la période périnatale de même que des cas de *rachischisis* antérieur, séparation complète ou partielle du corps en deux parties (Youssef *et al.*, 2014).

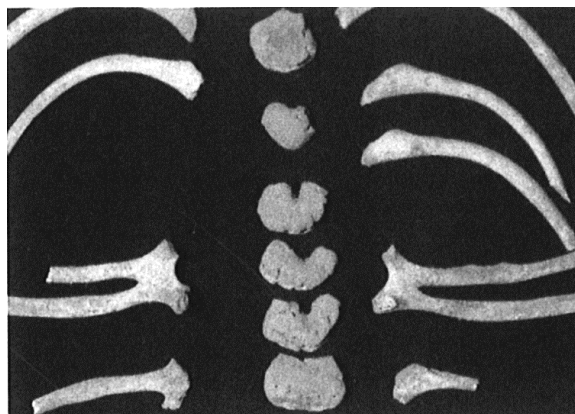


Figure 47. Fentes sagittales multiples des corps vertébraux et côtes bifides sur un individu décédé en période périnatale issu du prieuré Saint Oswald, Gloucester, Angleterre, 1540-1700 ap. J.C., squelette 418, d'après Lewis (2017, p. 31)

À ces déformations du rachis peuvent s'ajouter des malformations du grill costal (côtes dédoublées, figure 51) ou des **côtes surnuméraires lombaires** ou **cervicales**. Ces dernières font l'objet dans la présente étude d'un chapitre à part entière en raison de leur possible identification en tant que critère de morbidité (Cf. *infra*, chap. XIV.).

Certaines anomalies peuvent toucher les membres, comme c'est le cas lorsque les os de l'avant-bras présentent une **synostose** ou **fusion radio-ulnaire** (figure 52). La partie proximale du radius peut être sous-développée et fusionnée à l'ulna, ou la tête du radius peut être sous-développée et fusionnée à l'ulna en région proximale. Cette anomalie (figure 52), héréditaire ou liée à une alcoolisation fœtale (Sampson *et al.*, 1997), a pu être identifiée en contexte archéologique chez un individu en période périnatale découvert sur l'oppidum d'El Molón en Espagne (II^e siècle av. J.C., Lorrio *et al.*, 2010).

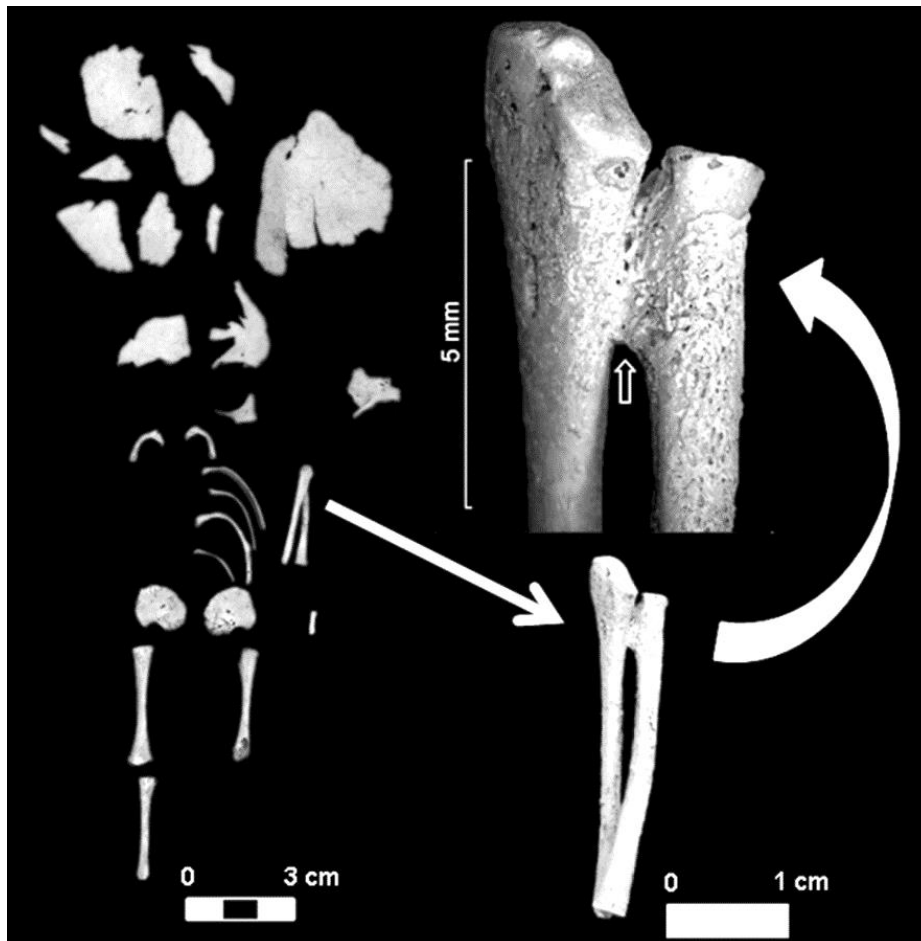


Figure 48. Détails de la synostose radio-ulnaire de l'individu décédé en période périnatale G2 du site d'El Molón (Espagne), d'après Lorrio (2010, p. 235)

Les extrémités des membres font souvent l'objet d'anomalies. Les doigts et les orteils peuvent présenter des **polydactylies** et **syndactylies**, la polydactylie concernant le développement de plus de 5 doigts, et la syndactylie un défaut de différenciation ou une fusion

de deux doigts ou plus. La polydactylie est généralement non héréditaire, tandis que la syndactylie est héréditaire ou peut être associée à des syndromes congénitaux mortels (Aufderheide *et al.*, 1998). Le **pied-bot** ou *talipes equinovarus* est aussi une anomalie courante (1 sur 800 à 1000 naissances) et consiste en une déviation du talus identifiable à partir de 24 à 26 semaines de gestation (Wynne-Davies *et al.*, 1982 ; Miedzybrodzka, 2003 ; Offerdal *et al.*, 2007). Le talus peut présenter une forme plus fine et moins large que la normale. L'identification sur os sec et sur l'individu en période périnatale demeure toutefois difficile, car la déformation se développe au cours de la vie et peut s'exprimer très faiblement chez les sujets immatures (Lewis, 2017b).

1.2.1.3. Syndromes, séquences et ensembles d'anomalies morphologiques

Plus de 350 formes de dysplasies squelettiques peuvent être identifiées chez l'individu en période périnatale (Lewis, 2017a). Les deux types de dysplasies les plus courants actuellement sont l'achondroplasie (nanismes) et l'*osteogenesis imperfecta*. L'**achondroplasie** est la plus répandue des dysplasies squelettiques non mortelles (1 / 10000). Elle est causée par une anomalie dans le récepteur d'un facteur de croissance des fibroblastes, responsable de défauts d'ossification enchondrale et sans altération de l'ossification membraneuse. Les épiphyses des os longs présentent un raccourcissement diaphysaire et un élargissement des métaphyses (Lewis, 2017b). La **dysplasie acromésomélique** se caractérise par un raccourcissement des mains et des pieds, ainsi que par un raccourcissement plus prononcé du membre supérieur par rapport au membre inférieur. Cette anomalie se présente chez les nouveau-nés sous la forme d'un membre supérieur court mais normalement proportionné, avec des doigts plus courts. La **dysplasie mésomélique** se caractérise par un raccourcissement du membre supérieur plus important que le raccourcissement du membre inférieur. Le radius est courbé et son extrémité distale n'est pas ossifiée. Le **nanisme thanatophorique** est une forme rare d'achondroplasie (0,6/10000) qui résulte souvent en une mort *in utero* (Van Dongen *et al.*, 2009). Les os longs sont courbés et raccourcis, les épiphyses élargies, le fémur adoptant une forme de « combiné de téléphone » (figure 53 A), un thorax raccourci, une base du crâne raccourcie et une platyspondylie (faible épaisseur des corps vertébraux). Les iliums présentent un raccourcissement et une incisure ischiatique plutôt petite. Les côtes sont également raccourcies avec des extrémités élargies (figure 53 B), les doigts sont raccourcis et on constate parfois une synostose radio-ulnaire. Un cas est suspecté dans le registre archéologique sur un sujet daté de 1813-1815 ap. J.C., dont l'âge est estimé à 38 s.a..

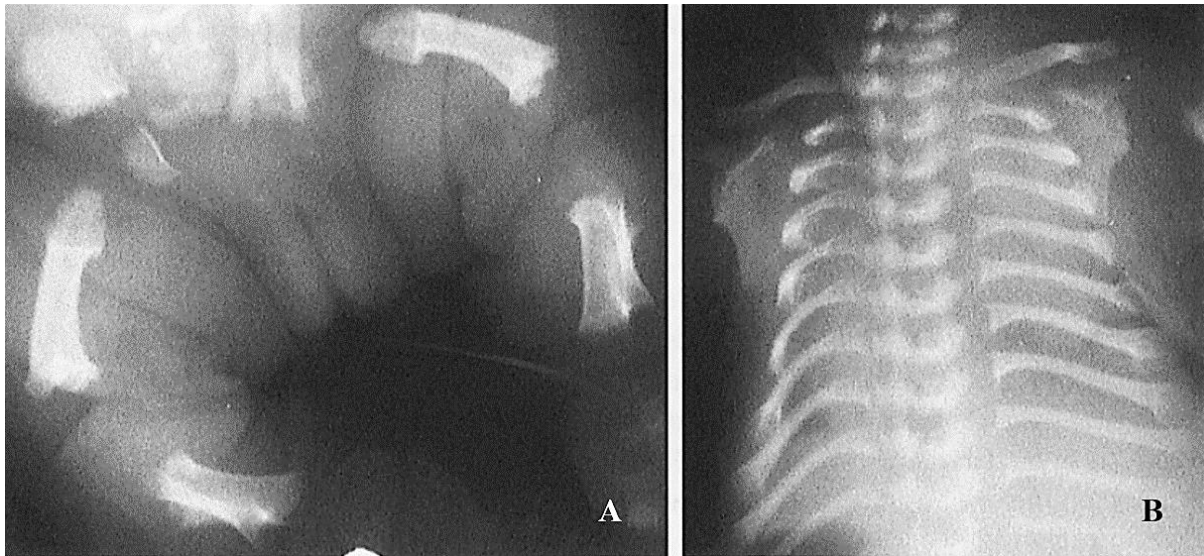


Figure 49. Radiographies cliniques d'un nouveau-né atteint de nanisme thanatophorique, à gauche : os longs incurvés avec épiphyses élargies, à droite : élargissement des extrémités proximales et distales des côtes, d'après Lewis (2017, p. 50), collection de radiographies cliniques de l'Université de Reading, Angleterre

Découvert dans le cimetière St Hilda de Newcastle upon Tyne, dans le nord-est de l'Angleterre, l'individu présente des corps vertébraux aplatis et des côtes élargies au niveau de leur extrémité sternale (Tancock, 2014).

Parmi les syndromes bien documentés, le **syndrome de Binder** se caractérise par un maxillaire hypoplasique, une épine nasale réduite ou absente, une malposition des os nasaux, et il peut possiblement s'accompagner d'une base crânienne antérieure réduite. L'étiologie de ce syndrome est mal connue, même si elle est possiblement attribuée à des événements stressants *in utero* (en particulier la consommation maternelle d'alcool) entre la 5^e et 6^e s.a., lorsque intervient la formation du maxillaire (Ferguson et Thompson, 1985). Le **séquence** ou **syndrome de Potter** comporte aussi un ensemble de malformations squelettiques résultant d'une insuffisance de liquide amniotique (oligohydramnios). Les marqueurs osseux incluent des dislocations de la ceinture du membre inférieur, des pied-bots ou des déformations des mains (Dicker *et al.*, 1984 ; Rodríguez et Palacios, 1991 ; Shastry *et al.*, 2012 ; Lewis, 2017b). L'étiologie du **syndrome de Klippel-Feil** est également mal connue. Il s'agit d'un défaut de segmentation de la colonne entre la 3^e et la 8^e semaine d'embryogénèse, se traduisant par des vertèbres soudées au niveau cervical ou thoracique haut. Le syndrome est identifiable *in utero*. Dans 30 % des cas ces anomalies s'accompagnent d'une asymétrie faciale, d'une occipitalisation de l'atlas, d'une élévation de la scapula, de doigts surnuméraires, d'une hypoplasie du membre supérieur, d'une malformation de l'occipital ou d'une *spina bifida* (Aufderheide *et al.*, 1998). Le syndrome a été identifié en contexte archéologique sur deux des

trois nouveau-nés du site protohistorique d'Homol'Ovi III (Arizona, USA), le premier présentant une fusion des arcs neuraux de C2 et C3, une fusion de deux arcs vertébraux thoracique moyens, ainsi qu'une côte bifide (Anderson, 1989). Le second sujet présente une fusion ou non séparation des processus épineux de C2 et C3, ainsi que de T4 et T5.

La **trisomie 21 (syndrome de Down)** est une anomalie chromosomique relativement courante (actuellement 1 sur 800 naissances vivantes). Elle se traduit ostéologiquement par des pieds et des mains de taille réduite, un raccourcissement de la phalange moyenne du 5^e rayon de la main, et une stature générale réduite. Pour le bloc crânio-facial le syndrome peut se manifester par un occipital et des os nasaux aplatis, une base crânienne élargie, une absence de sinus frontaux, des osselets fusionnés ou malformés, ainsi que des anomalies dentaires (agénésies). Un cas archéologique a notamment été identifié sur un individu âgé de 5 à 7 ans (Rivollat *et al.*, 2014), et un autre est suspecté pour un sujet décédé en période périnatale à Andover Road à Winchester (Angleterre), daté entre le VII^e et le X^e siècles ap. J.C. (Lewis, 2017b). Celui-ci présente notamment une *pars lateralis* gauche scindée (figure 54).

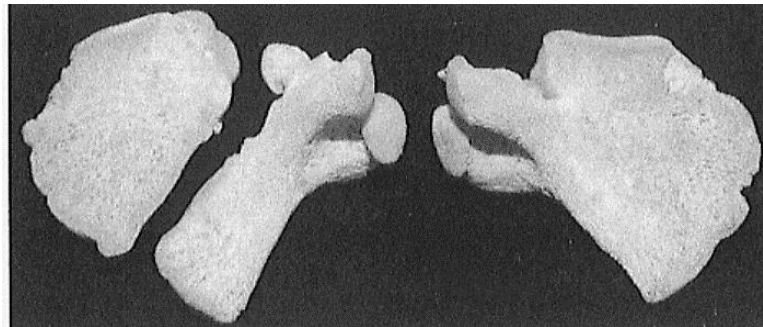


Figure 50. Pars lateralis de l'individu décédé en période périnatale de Andover Road, Winchester (Angleterre), squelette 262. La pars lateralis gauche fait l'objet d'une anomalie du développement. D'après Lewis (2017, p. 60), photographie de Ceri Falys, Thames Valley Archaeological Services

L'**osteogenesis imperfecta** est une maladie plus rare (1 sur 20000 à 50000 naissances actuellement) due à un défaut de formation du collagène du tissu conjonctif causant une ostéopénie et une fragilité osseuse extrême. Les signes osseux de la maladie sont nombreux et incluent notamment des fractures multiples, un bombement du temporal, une micrognathie, un retard de croissance, un raccourcissement et une courbure des membres supérieurs, des déformations fémorales (figure 55) ainsi qu'un élargissement des corps vertébraux (Cope et Dupras, 2011 ; Lewis, 2017b).



Figure 51. Courbures des os longs de l'individu B532 du site de Kellis 2, oasis de Dakhla (Égypte, 50-450 ap. J.C.), identifié comme atteint d'osteogenesis imperfecta, de gauche à droite : humérus droit, vue médiale, ulna droite, vue antérieure, fémur gauche, vue médiale, fibula gauche, vue antérieure, d'après Cope et Dupras (2011, p. 193).

Parmi les sources génétiques courantes d'anomalies multiples, on compte aussi la **dysplasie des hanches** ou **Syndrome de Cilliers Beighton**. Ce syndrome se traduit par une malformation *in utero* de l'acétabulum, avec un ilium plus court et large, un grand angle de l'incisure ischiatique, une tête fémorale et une diaphyse fémorale plus aplaties, une modification de la position du trochanter, ainsi que des facettes asymétriques de la colonne (Cilliers et Beighton, 1990 ; Lewis, 2017b).

L'infirmité motrice cérébrale regroupe également un grand nombre de neuropathies qui peuvent être responsables de microcéphalies, d'une asymétrie du crâne ou des membres due à une hémiplégie (Lewis, 2017b). Megyesi et collaborateurs (2009) ont montré que ce type d'anomalie pourrait provoquer un retard de maturation impliquant une sous-estimation de l'âge.

I.2.2. Pathologies infectieuses

Les sujets au stade fœtal sont particulièrement sensibles aux infections qui peuvent les atteindre par l'intermédiaire du placenta, ce qui est favorisé par la vascularisation importante de ce dernier. Les pathogènes rentrent par la veine ombilicale ou *via* l'ingestion de liquide amniotique infecté. Les pathogènes transplacentaires sont nombreux et comptent notamment la variole, la rubéole, la tuberculose, la syphilis, la lèpre, la varicelle, les oreillons, la rougeole, la

scarlatine, la poliomyélite ou le virus Zika (Naeye et Blanc, 1965 ; Lorin *et al.*, 1983). L'enfant risque d'être exposé à des fluides maternels contaminés au cours de la naissance, puis directement aux pathogènes infectieux dans les toutes premières semaines de vie *ex utero* (Zeichner et Plotkin, 1988 ; Lewis, 2017a). Il peut par la suite développer une réaction auto-immune avec une ostéoformation périostée généralisée, mais ces réactions inflammatoires peuvent être réduites de par l'immaturation de son système immunitaire, ce qui limite également l'expression des signes osseux (Holt et Jones, 2000 ; Lewis, 2017a).

Il existe en effet pour cette classe d'âge deux types d'immunité : l'**immunité active**, acquise par l'exposition de l'organisme à des antigènes étrangers, et l'**immunité passive**, acquise par le transfert de lymphocytes d'un individu immunisé à un autre non immunisé. Le sujet en période fœtale acquiert une importante immunité grâce au transfert d'anticorps transplacentaires et de facteurs anti-infection maternels. À partir de la naissance, le nouveau-né passe d'un environnement stérile à un environnement au fort risque d'infection (Goenka et Kollmann, 2015). Il renforce son immunité acquise grâce au colostrum, le lait maternel des premiers jours, qui lui apporte une protection contre la diarrhée, les maladies respiratoires, les otites, la septicémie néonatale, certaines infections virales et les infections à salmonelle, streptocoques et *E. coli* (Hoshower, 1994). L'immunité acquise lui permettrait aujourd'hui dans certains cas d'être protégé contre le tétanos, la diphtérie, la rubéole, les oreillons ou encore la rougeole (Palmeira *et al.*, 2016). Les anticorps maternels, transférés à l'enfant au cours des derniers mois de la grossesse et dont la demi-vie est de 21 jours, peuvent encore être présents dans son organisme dans les trois premiers mois après la naissance, jusqu'à l'obtention d'une immunité active (Lewis, 2017b). En cas d'infection bactérienne, le système immunitaire du nouveau-né peut ainsi répondre avec la production d'antigènes et de phagocytes, même si dans certains cas l'immaturation du système de régulation immunitaire peut causer des problèmes médicaux importants. Une réponse immunitaire non régulée peut en effet causer durant les deux premières années de vie un choc septique ainsi que la défaillance des organes vitaux (Lewis, 2017b).

Parmi les infections particulièrement graves au stade fœtal, puis post-natal, on compte la **rubéole congénitale**. La rubéole contractée par la mère au cours du premier trimestre de grossesse est responsable d'avortements tardifs spontanés et de décès à la naissance, parfois sans modification squelettique identifiable. Le virus a la faculté d'inhiber la multiplication cellulaire des ostéoblastes et des fibroblastes (Naeye et Blanc, 1965 ; Reed, 1969).

Selon Rudolf et collaborateurs (1965), cela cause chez 45 % des sujets exposés des défauts localisés de calcification entre une et huit semaines post-partum (Lewis, 2017a ; b). Lors du diagnostic différentiel, ces lésions doivent être distinguées de celles produites par le rachitisme et la syphilis congénitale (Lewis, 2017a ; b). Des régions radiotransparentes et des spicules osseux peuvent apparaître dans la région métaphysaire des os longs, en association avec une fontanelle antérieure élargie pour les individus plus âgés (Rudolph, 1965 ; Rudolph *et al.*, 1965 ; Lewis, 2017a ; b). L'infection peut produire de l'os périosté néoformé avec un élargissement des métaphyses (Naeye et Blanc, 1965 ; Reed, 1969 ; Steyn *et al.*, 2002 ; Blickman *et al.*, 2004). Les lésions peuvent disparaître quelques mois plus tard en cas de survie de l'individu (Sekeles et Ornoy, 1975). La **varicelle congénitale** peut quant à elle être contractée *in utero* dès le premier trimestre de grossesse et causer des microcéphalies. Lorsqu'elle est contractée au 2^e ou 3^e trimestre, elle est responsable parfois d'un raccourcissement unilatéral des membres, une agénésie des doigts ou des atrophies diffuses (Lewis, 2017b).

Le moment de la grossesse où le fœtus peut être contaminé par la **syphilis** *via* le système sanguin fait l'objet d'un débat : certains auteurs considèrent qu'elle peut être transmise à partir de la 16^e s.a. (Fiumara, 1970), d'autres dès la 9^e s.a. (Lewis, 2017a). La maladie affecte toutes les régions de croissance enchondrale, en particulier les métaphyses. Sur les os longs, les signes osseux indicateurs d'une infection sont une ostéochondrite (perturbation de la vascularisation du noyau d'ossification), une ostéomyélite (la corticale s'épaissit tout en devenant poreuse) et une périostite, résultant en une néoformation osseuse subpériostée (Caffey, 1939 ; Jaffe, 1972 ; Ortner, 2003 ; Lewis, 2017b ; a). Cette ossification périostée peut également toucher la voûte crânienne. La maladie peut causer l'apparition d'hypoplasies à la morphologie caractéristique sur les incisives supérieures, ainsi que des atteintes spécifiques des molaires ou "*mulberry molars*" (Hutchinson, 1857 ; Cheraskin, 1958). L'un des signes les plus caractéristiques (reporté dans 50 % des cas) est le signe de Wimberger, une atteinte bilatérale et symétrique de la partie médiale de la métaphyse distale du fémur et de la métaphyse proximale du tibia (Caffey et Silverman, 1945 ; Steinbock, 1976). Les toxines libérées par les bactéries mortes peuvent provoquer une réaction allergique et des contractions, lesquelles sont parfois responsables d'une mort *in utero* dès la première moitié de la grossesse (Genc, 2000). Les sujets ne montrent alors aucun signe osseux de l'infection. Les sujets survivants jusqu'à la période du terme peuvent être mort-nés, prématurés, ou au contraire sans expression de la maladie (Dorfman et Glaser, 1990 ; Lewis, 2017b ; a). Cette infection a été suspectée en contexte archéologique

grâce à l'étude biologique d'un fœtus âgé de sept mois daté de l'Antiquité tardive et trouvé dans le bassin maternel à Costebelle, en France (Pálfi *et al.*, 1992). Elle a été identifiée à partir de l'étude ADN de deux sujets décédés en période périnatale retrouvés à Huelva en Espagne (Montiel *et al.*, 2012).

La transmission transplacentaire de la **tuberculose** a longtemps fait l'objet d'un débat (Jordan et Spencer, 1949 ; Lorin *et al.*, 1983 ; Cantwell *et al.*, 1994). La possibilité d'une transmission par le lait maternel a également été soulevée (Roberts et Buikstra, 2003). La bactérie peut causer un retard de croissance *in utero* puis un décès à la naissance ou dans les premières semaines de vie (Norris et Landis, 1918). L'infection transplacentaire par la lèpre, bactérie proche de celle de la tuberculose, est possible et peut également provoquer des avortements spontanés. La **poliomyélite**, infection transmise par la voie digestive, a aussi longtemps fait l'objet d'une épidémie dans le monde entier, et ce jusqu'à la seconde moitié du XX^e siècle et l'apparition des vaccins. Lorsqu'elle est contractée par la mère durant le premier trimestre de grossesse, elle peut être responsable d'un avortement spontané ou d'une transmission au fœtus (Siegel et Greenberg, 1956).

Une infection encore courante aujourd'hui est l'**ostéomyélite périnatale**, qui se caractérise par des abcès et des séquestrations touchant plusieurs os dans 41 % des cas, et les articulations dans 70 % des cas (Trueta, 1959 ; Weissberg *et al.*, 1974). Elle peut apparaître dans les jours qui suivent la naissance, en raison par exemple d'un épanchement sanguin traumatique, et touche particulièrement l'humérus et l'articulation fémoro-tibiale. Un élargissement des foramens nourriciers peut en être révélateur, de même qu'une néo-formation d'os périosté et des lésions arrondies sur la surface métaphysaire (Gilmour, 1962 ; Ogden *et al.*, 1979).

Plus rarement, les nouveau-nés peuvent être touchés par la « **maladie de Caffey** » ou **hyperostose corticale infantile**, dont l'origine reste mal connue (Benomar et Najdi, 1998) mais dont l'étiologie infectieuse est suspectée. Elle peut apparaître autour de la 24^e semaine de gestation, puis se manifester dans les cinq premiers mois de vie extra-utérine. Elle cause des néoformations osseuses souvent asymétriques au niveau de la mandibule, du gril costal ou de la clavicule, ainsi que des angulations du tibia ou encore une fusion radio-ulnaire (Caffey et Silverman, 1945 ; Guerin *et al.*, 1993 ; Hochwald et Osiovič, 2011 ; Prior *et al.*, 2012).

I.2.3. Désordres métaboliques

Les désordres métaboliques touchent la manière dont l'organisme assimile les nutriments (Lewis, 2017b). Parmi ceux évoqués pour le jeune enfant, on peut compter l'**anémie** (déficience en fer) qui s'acquiert par la voie maternelle. Elle provoque une croissance ralentie et une résistance limitée aux infections (Schulman *et al.*, 1954 ; Schulman, 1959).

Le **rachitisme** est un désordre métabolique issu d'un déficit en vitamine D. Acquise notamment par l'exposition au soleil, cette dernière a un rôle dans l'assimilation du calcium et du phosphore ainsi que dans la déposition d'os néoformé aussi bien enchondral que membranaire (Pitt, 1988). Cet apport en vitamine D est nécessaire au fœtus à partir du milieu de la gestation, et le besoin est maximal (80 % de l'apport total) au cours du 3^e trimestre de la grossesse (Kovacs, 2003). Le sang du fœtus présente alors en moyenne une concentration en vitamine D qui est 10 % plus élevée que celle de sa mère, ce qui peut provoquer un état d'hypercalcémie dans les cinq premiers jours de vie *ex utero* (Lewis, 2017b). Les besoins du nouveau-né déclinent ensuite à partir de la naissance, avant d'augmenter de nouveau à partir de six mois environ (Prentice, 2003). Dans la mesure où ils assimilent la vitamine maternelle, les sujets en période fœtale et post-natale ne développent pas de rachitisme carenciel. Ils peuvent en effet présenter des taux élevés de vitamine D malgré une déficience maternelle (Kovacs, 2003). Une déficience maternelle importante (comme un rachitisme génétique) pourrait cependant conduire à un rachitisme néonatal, identifiable par des métaphyses élargies et une courbure des diaphyses, pathologie qui reste extrêmement rare (Lewis, 2017b).

Le **scorbut** (autrement appelée **maladie de Barlow** chez les enfants), est issu d'un déficit en vitamine C ou acide ascorbique. Il s'agit d'une pathologie métabolique fréquemment associée au rachitisme (Schattmann, 2014). La vitamine C étant nécessaire pour la synthèse du collagène, un déficit implique une mauvaise formation de la matrice ostéoïde et un système vasculaire fragilisé, dont la rupture cause des hémorragies localisées. La maladie se traduit par une activité ostéoblastique amoindrie et un défaut de formation dans les régions d'ossification enchondrale (Caffey et Silverman, 1945 ; Nishikimi et Udenfriendt, 1976 ; Aufderheide *et al.*, 1998). Les trabécules osseuses et la corticale voient leur épaisseur amoindrie, tandis que les espaces inter-trabéculaires sont élargis (Park *et al.*, 1935). Les symptômes apparaissent après deux à quatre mois d'apports inférieurs aux besoins (Tamura *et al.*, 2000), et se développent plus rapidement chez les enfants du fait de leurs besoins accrus par les phénomènes de croissance (Stuart-Macadam, 1989). La période de sevrage serait ainsi particulièrement sujette à l'apparition de ces troubles (Lewis, 2017b), même si l'hypothèse de l'existence d'une

susceptibilité génétique a été avancée (Halcrow et Tayles, 2011). Si un cas actuel a été reporté sur un enfant de 10 mois post-partum, (Ratanachu-Ek *et al.*, 2003), la manifestation de la maladie sur les nouveau-nés fait encore l'objet de débats (Ortner *et al.*, 1999 ; Brickley et Ives, 2006, 2008). Même si l'enfant dispose à la naissance, comme pour la vitamine D, de réserves acquises *in utero*, certains auteurs mentionnent une transmission en cas de déficit maternel (Geber et Murphy, 2012).

L'**hypoparathyroïdisme maternel** peut enfin être responsable d'une déminéralisation généralisée du squelette fœtal, d'une résorption de l'os subpériosté, d'une courbure des os longs, d'ostéite fibreuse kystique, de fractures des diaphyses et des côtes, ainsi que d'un poids de naissance faible. Cette affection peut aussi causer un avortement spontané tardif, une naissance de mort-né ou un décès néonatal (Kovacs, 2003).

I.2.4. Marqueurs de stress non spécifiques

Les tissus osseux et dentaires font partie des "*stress responsive tissues*" (Kinnally, 2014). En cas de stress environnemental (malnutrition, infection, facteur psychologique, etc.), leur croissance peut être perturbée par le fait que l'organisme privilégie l'utilisation des nutriments pour le maintien des activités homéostatiques fondamentales aux dépens des activités de croissance et de maturation (Watts, 2011). Ces changements, dont l'expression est variable selon les individus et les environnements, se traduisent notamment par un ralentissement ou un arrêt momentané de la formation tissulaire, ou encore par une augmentation de l'activité ostéoblastique (Kacki, 2016). Les étiologies de ces perturbations des fonctions cellulaires étant très nombreuses et difficiles à identifier avec précision, les lésions produites sont décrites comme « non spécifiques » (Watts, 2011). Malgré leur caractère polyfactoriel, les marqueurs de stress non spécifiques sont particulièrement utilisés en anthropologie biologique pour l'évaluation de l'état sanitaire d'un individu ou d'une population (Watts, 2011 ; Kacki, 2016). D'après « l'hypothèse de Barker », il existerait également une corrélation entre des stress précoces (stades fœtal ou néonatal) et un état de santé dégradé à l'âge adulte (Goodman et Armelagos, 1988, 1989). Ces théories de « programmation » fœtale des pathologies ou "*Developmental Origins of Health and Disease Hypothesis*" constituent un important axe de recherche (*e.g.* Worthman et Kuzara, 2005 ; Armelagos *et al.*, 2009 ; Kinnally, 2014 ; Klaus, 2014 ; Temple et Goodman, 2014).

Parmi les marqueurs osseux de stress non spécifiques évoqués pour la classe d'âge périnatale on compte en premier lieu les **lignes de Harris** (*Cf. infra*, chap. VI, III.3.), lignes radio-opaques dans la région des épiphyses qui traduiraient un épisode de stress physiologique ou émotionnel (Park et Richter, 1953). Leur étiologie exacte est inconnue, mais il semble que ces lignes se forment lorsqu'une diminution des activités des chondroblastes implique une décélération du dépôt de cartilage de croissance au niveau des plateaux métaphysaires, alors que les ostéoblastes continuent à déposer de la matrice ostéoïde. Au moment de la reprise de la croissance normale, une fine couche d'os deviendrait alors visible à la radiographie (Park et Richter, 1953). Ce marqueur, identifié pour la première fois par Wegner en 1874 (Boucherie *et al.*, 2017), doit son nom à Harris (1931) qui en a fait l'étude dans le cadre d'un cas médical de traumatisme de la naissance associé à un état sanitaire dégradé de la mère. La corrélation entre événement perturbateur et apparition d'une ligne de Harris reste particulièrement discutée, dans la mesure où des études cliniques récentes ne sont pas parvenues à démontrer leur association avec des épisodes de stress effectifs (Lewis, 2007, 2016). Certains auteurs les mentionnent comme faisant partie des processus normaux de la croissance osseuse et comme de possibles indicateurs de sa nature saltatoire (Magennis, 1990 ; Lampl *et al.*, 1992 ; Lampl et Jeanty, 2003 ; Papageorgopoulou *et al.*, 2011 ; Boucherie *et al.*, 2017).

Issues de mécanismes similaires à ceux documentés pour l'apparition des lignes de Harris sur les diaphyses osseuses, les **hypoplasies dentaires** se traduisent par des anomalies linéaires ou punctiformes de l'épaisseur de l'émail (Goodman et Rose, 1990). Elles sont identifiées comme le résultat de perturbations des activités améloblastiques de l'organe de l'émail (*Cf. infra*, chap. VI, III.3.) sous l'effet d'un traumatisme localisé, de rares facteurs héréditaires, d'une maladie systémique ou de perturbations physiologiques comme la prématurité ou des anomalies de la grossesse (Via et Churchill, 1959 ; Goodman et Rose, 1990 ; Skinner et Goodman, 1992). Comme pour les lignes de Harris, l'association effective entre un événement de stress et l'apparition des hypoplasies reste sujette à débat (Via et Churchill, 1959 ; Goodman et Rose, 1990 ; Seow et Perham, 1990 ; Needleman *et al.*, 1992 ; King *et al.*, 2005 ; Boldsen, 2007 ; Franco *et al.*, 2007 ; Halcrow and Tayles, 2008b ; Guatelli-Steinberg *et al.*, 2013 ; McDonnell et Oxenham, 2014), même si leur observation dans la lignée des grands singes ouvre de nombreuses perspectives quant à l'analyse précise de leurs étiologies (Lukacs, 1999). Comme pour les lignes de Harris, les analyses portant sur ce type de marqueurs d'arrêt de croissance restent toutefois soumises à des problèmes de reproductibilité (concordance suffisante entre plusieurs observateurs) et de répétabilité (concordance suffisante entre

plusieurs observations par un même observateurs) des cotations, de même qu'à la variabilité même des processus de développement tissulaire (Hillson et Bond, 1997). Ces deux marqueurs (hypoplasies dentaires et lignes de Harris) ont été considérés dans notre étude (*Cf. infra*, chap. VI, III.3.).

Parmi les marqueurs osseux potentiellement liés à des stress, on compte les **lésions endocrâniennes**, résultant de l'inflammation ou d'une hémorragie des méninges (Lewis, 2004). Des travaux récents ont permis de discuter leur lien avec des infections (tuberculose et syphilis), des hématomes subduraux ou encore des déficits en vitamines C ou D (Lewis, 2004, 2017b), mais leur étiologie demeure encore débattue. Ces couches isolées de néoformations osseuses peuvent prendre une apparence poreuse, fibreuse, ou se manifester sous la forme de « lésions capillaire » ou "*hair-on-end formation*", selon la typologie élaborée par Lewis (2004) sur des sujets immatures de plus de trois mois post-partum. Nous reviendrons toutefois par la suite sur l'applicabilité de ce système de cotation à des sujets décédés en période périnatale (*Cf. infra*, chap. VI, III.3.).

Parmi les possibles indicateurs de stress non spécifiques souvent pris en compte dans les études biologiques, on peut compter enfin les « **asymétries pathologiques** », c'est-à-dire l'existence d'un écart considéré comme « anormal » pour une même variable entre le côté gauche et le côté droit d'un individu (Lewis, 2017b). Alors qu'une asymétrie d'un trait particulier peut traduire l'existence d'un processus pathologique ponctuel (*e.g.* traumatisme), des asymétries diffuses et généralisées du squelette peuvent être interprétées comme la marque de légères perturbations des processus de développement (Palmer et Strobeck, 1986, 2003 ; Van Dongen *et al.*, 2010 ; Van Dongen et Gangestad, 2011 ; Bots *et al.*, 2015). Même si d'après Lewis (2017b, p. 275), "*there is no agreement on how much variability between opposing limbs constitutes a clinical significant feature*", cet axe de recherche sera ici approfondi dans le chapitre dédié aux asymétries directionnelles et fluctuantes (*Cf. infra*, chap. IX, I.2.).

I.2.5. Traumatismes de la naissance

L'identification des traumatismes osseux est plus complexe sur l'individu immature du fait de la plasticité des os, des caractéristiques immatures du périoste (plus épais, plus actif et moins solidement attaché à la corticale diaphysaire, *Cf. supra*, chap. II I.2.) ainsi que d'une guérison accélérée (Lewis, 2013). Les fractures sont connues pour se distinguer par un aspect « en bois vert », c'est-à-dire une fracture partielle due à l'arrachement du périoste (touchant la corticale mais pas la cavité médullaire).

La diaphyse est courbée d'un côté et fracturée de l'autre (Ortner, 2003 ; Lewis, 2017b). Ces fractures peuvent causer de larges hématomes ainsi que la formation d'un cal cicatriciel, cette néoformation osseuse pouvant être interprétée comme un marqueur d'infection ou de problème métabolique (Lewis, 2017b). Les traumatismes peuvent également se manifester sous la forme de déformation plastique de la diaphyse (lorsqu'il existe une courbure inhabituelle sans fracture), de « *torus* » ou « *buckle fracture* » (bombement des métaphyses dans le cas d'une fracture de compression), ou encore des fractures spécifiquement métaphysaires (Lewis, 2013, 2017b).

Les sujets décédés en période périnatale ont pour particularité de pouvoir présenter des **traumatismes de la naissance**, catégorie définie comme “*any condition that adversely affects the fetus during delivery*” (Gresham, 1975, p. 317). Ces atteintes sont fréquemment liées à ce qu'on appelle le « **dilemme obstétrical** », c'est-à-dire l'existence au niveau du bassin féminin de contraintes évolutives fortement antagonistes (Rosenberg et Trevathan, 2005 ; Wittman et Wall, 2007 ; Wells *et al.*, 2012). Alors que la bipédie implique une réduction de la hauteur du bassin ainsi qu'un élargissement de ses dimensions médio-latérales, l'encéphalisation exceptionnelle du fœtus nécessite de conserver une largeur antéro-postérieure suffisante pour laisser passer la boîte crânienne (Wells *et al.*, 2012). Le processus de naissance humaine, à la différence de celui des autres grands singes (Trevathan, 1988 ; Rosenberg et Trevathan, 2002) comporte donc des manœuvres complexes avec le passage du fœtus dans le petit bassin (figure 56) et le franchissement des détroits supérieur durant la phase d'engagement, et inférieur durant la phase d'expulsion¹².

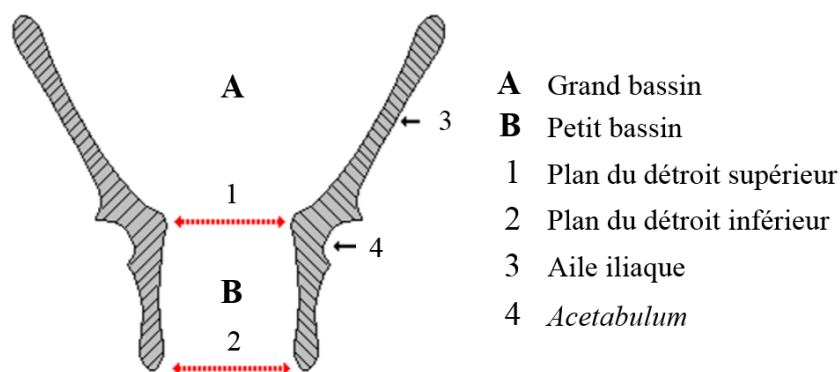


Figure 52. Coupe antérieure du bassin maternel avec les détroits successivement passés par le fœtus au cours de l'accouchement, modifié d'après Mijcke (2008)

Ce processus constitue donc un difficile compromis entre ces deux dynamiques évolutives, ce qui l'a amené à être en partie qualifié de « roulette russe », “*where either mother*

¹² Mijcke F., Cours de physiologie de la grossesse, Haute École provinciale de Hainaut Condorcet, 2008

or offspring might receive the 'fatal bullet' arising from the risks of obstructed labor'' (Wells *et al.*, 2012, p. 40–41). Certains travaux tendent toutefois à remettre en question le dilemme obstétrical en mettant en évidence que les dimensions du bassin ne seraient en réalité que rarement impliquées dans la mortalité maternelle et fœtale (Bouhallier, 2006, 2015).

Dans ce contexte biologique, les traumatismes de la naissance sont souvent dus à une mauvaise présentation du fœtus ou à des compressions et / ou tractions exercées sur la mère ou ce dernier. Ils accompagnent aujourd'hui moins de 3 % des naissances vivantes, mais peuvent aussi être responsables du décès du nouveau-né : ils sont actuellement la cause de 2% des décès néonataux et des mort-nés dans les populations à haut niveau de prise en charge médicale (Gresham, 1975). Ils se traduisent ostéologiquement par un pattern typique de fractures touchant la clavicule, l'humérus, la partie proximale du fémur et la voûte crânienne (Caffey et Silverman, 1945). Pour ces dernières, les cas de traumatismes crâniens avec céphalhématome peuvent être identifiés lorsque l'individu a survécu quelques semaines et que le cal s'est ossifié (Lewis, 2017b). Les observations de Griffith (1919) ont par ailleurs montré que des hémorragies intra-crâniennes potentiellement responsables d'une infirmité motrice cérébrale (*Cf. supra*, chap. I.2.5.) étaient observables dans 15 % des naissances prématurées de l'époque. Celles-ci peuvent conduire à un hématome localisé, notamment dans la région occipitale lorsque l'enfant est déposé sur le dos (Lewis, 2017b). Dans le cas des mort-nés ou des sujets ayant survécu sur une très courte durée, les fractures crâniennes perimortem apparaissent souvent comme impossibles à distinguer des fracturations taphonomiques. Le cal au niveau des atteintes diaphysaires est identifiable à partir de huit ou neuf jours (Caffey et Silverman, 1945), même s'il est difficile de distinguer ce processus de celui de la croissance naturelle de l'os (Lewis, 2013, 2017b). Lorsque la néoformation est unilatérale elle est plus à même d'être d'origine pathologique (à l'exception des infections non spécifiques responsables de périostite, d'ostéite et d'ostéomyélite bilatérales), mais le diagnostic différentiel avec le cal osseux issu d'une fracture doit être envisagé. La cicatrisation rapide et le remodelage osseux durant la croissance rendent toutefois ces fractures difficiles à identifier (Lewis, 2013). À partir du Moyen-Âge, ces atteintes sont parfois amplifiées par l'usage d'instruments comme les forceps ou les crochets d'extraction (Caffey et Silverman, 1945 ; Brill et Winchester, 1987). Les traumatismes de la naissance sont également à même de toucher le maxillaire et de causer des infections localisées, qui se traduisent par des néoformations osseuses réactives autour des germes dentaires (Caffey et Silverman, 1945).

Il est toutefois difficile de distinguer macroscopiquement les néoformations osseuses pathologiques des néoformations osseuses dues à la croissance appositionnelle normale (*Cf supra*, chap. II, I.2.). Dans certains cas, des dommages au muscle sternomastoïdien mènent aussi à l'apparition d'un torticolis congénital s'exprimant ostéologiquement sur le nourrisson âgé de quelques semaines par l'apparition d'une asymétrie du massif facial et de la mandibule, une plagiocéphalie, un aplatissement du frontal ainsi qu'un élargissement des processus mastoïdes (Laruelle et Deraa, 2010). Certains traumatismes de la naissance peuvent enfin toucher les membres : c'est en particulier le cas des fractures physéales ou **fractures des plateaux de croissance**. Elles sont dues au déplacement des épiphyses cartilagineuses durant le travail et peuvent dans certains cas se caractériser par une fracture transversale de l'épiphyse, souvent dans la région distale de l'humérus (Kacki *et al.*, 2013 ; Verlinden et Lewis, 2015).

II. Critères de vitalité

Comme évoqué précédemment (*Cf. supra*, chap. II), il n'est pas possible de déterminer si un nouveau-né a fait l'objet d'une naissance vivante uniquement à partir des critères classiques de croissance et de maturation de l'os. Un enfant d'âge osseux correspondant à un individu prématuré a de grandes chances d'être mort-né (figure 57), mais peut tout à fait avoir respiré quelques minutes, voire quelques heures (Roegiers, 2003). Un nouveau-né d'âge osseux estimé à 40 s.a. est probablement mort-né à terme. Les hypothèses selon lesquelles il peut être né légèrement prématurément et avoir survécu quelques temps, ou au contraire avoir vécu avec un retard de croissance *in utero* ou une hypotrophie faussant l'estimation de l'âge réel à partir de l'âge osseux ne peuvent toutefois être écartées au premier abord (figure 57). De la même manière, un sujet d'âge ostéologique estimé à quelques semaines post-partum est en toutes probabilités un sujet né à terme et ayant survécu quelques semaines (figure 57). Il peut cependant, dans de rares cas, être un individu plus jeune et plus grand que la normale (*e.g.* grossesse prolongée, individu particulièrement grand). D'après les courbes de croissance réévaluées de Remontet et collaborateurs (1999), la taille des individus féminins à la naissance varie par exemple entre 46 et 54 cm. Même si cet intervalle n'est pas applicable aux populations anciennes, il traduit l'existence d'une variabilité de taille à la naissance qui demeure un facteur de biais. L'obtention d'indicateurs biologiques permettant de déterminer si l'individu a fait l'objet d'une naissance vivante (critères de vitalité), demeure donc un axe de recherche crucial, en particulier pour les individus dont l'âge osseux estimé se situe autour de la période du terme.

Deux sont actuellement documentés et utilisés dans certaines études biologiques, à savoir la **ligne néonatale** et les **marqueurs isotopiques**.

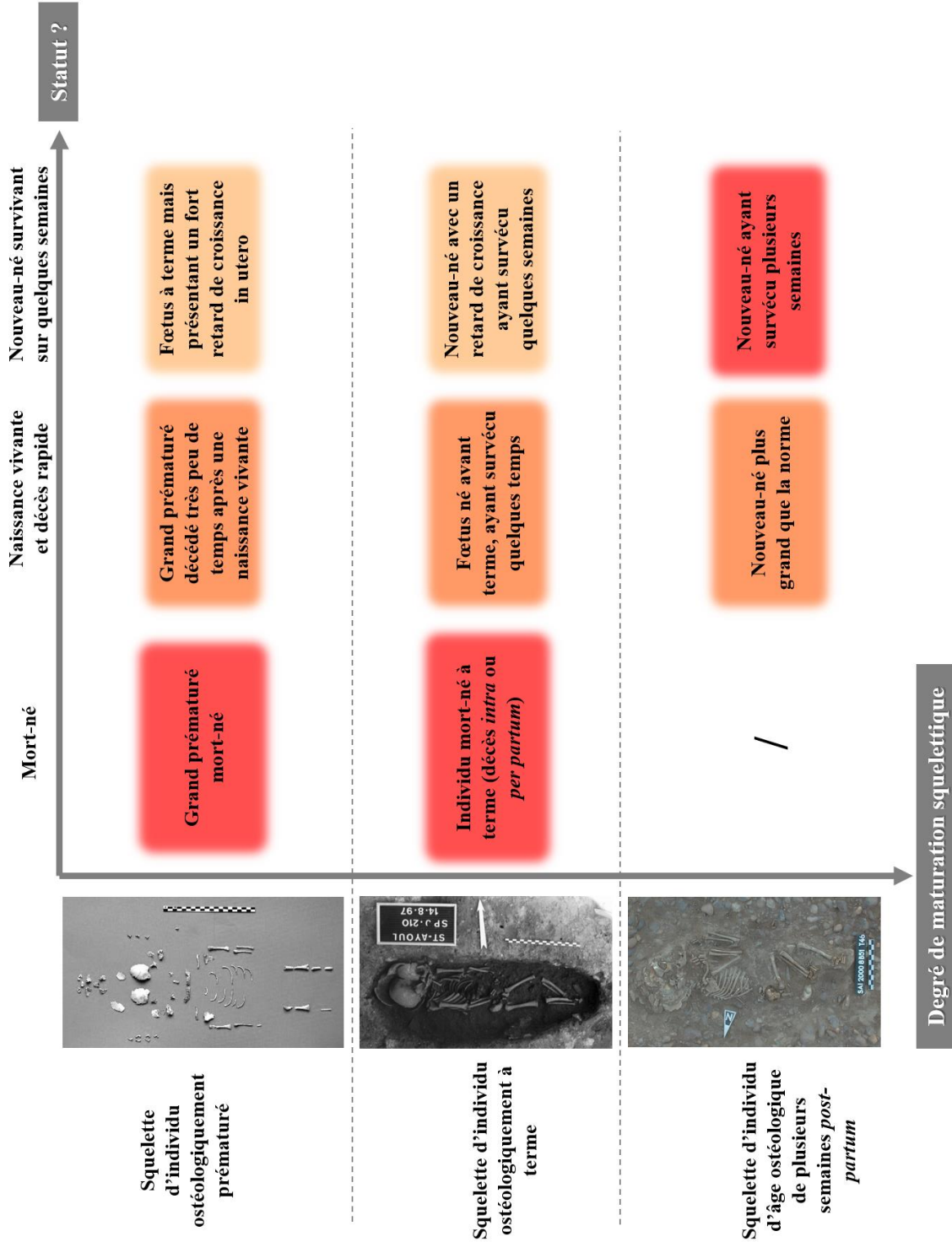


Figure 53. Différents cas de figure possibles au niveau de la vitalité à la naissance en fonction du degré de maturation squelettique. La couleur du plus clair au plus foncé donne des indications sur la probabilité d'être face à cette situation, du moins probable au plus probable, individus de haut en bas P214-A (photo de M. Guillon), P210 (photo M. Guillon), et S46 (photo de B. Maureille)

II.1. La ligne néonatale

La **ligne néonatale** est un critère identifié par Rushton (1933) et défini comme une ligne incrémentaire se formant rapidement après la naissance au niveau des germes dentaires (Schour, 1936 ; Weber et Eisenmann, 1971). Identifiée sur 90 % des dents déciduales (Schour, 1936), elle est issue d'une perturbation métabolique de l'odontogenèse induite par le stress de l'événement (Gustafson et Gustafson, 1967 ; Eli *et al.*, 1989). Les améloblastes et odontoblastes continuent leur progression par rapport à la jonction émail-dentine (*Cf. infra*, chap. XII, III.1.1.), et tout tissu anormal produit par ce type de perturbation demeure inscrit dans la structure dentaire (Boyde, 1991). Ce repère histologique est en principe relevé sur tous les germes présents au moment de la naissance, c'est-à-dire toutes les dents déciduales et parfois la première molaire permanente (Sabel *et al.*, 2008). Au niveau de sa structure, Sognaes (1949) a le premier identifié un épaissement des prismes, responsable de l'aspect ondulé de la ligne. Son caractère hypominéralisé est confirmé par Crabb (1959), avant que Weber et Eisenmann (1971) identifient un changement de configuration des prismes de l'émail (Whittaker et Richards, 1978). L'aspect spécifique de la ligne est mis selon les auteurs sur le compte de prismes identifiés soit comme courbés, soit comme dotés d'une conformation différente, même si Whittaker (1978) observe les deux configurations. D'après Kodaka (1996), il s'agirait d'un type particulier de ligne de Retzius plutôt que d'une ligne de Retzius pathologique.

Comme elle se forme à l'issue de la naissance, son emplacement au niveau de la dent est corrélé à la durée de gestation (Skinner et Dupras, 1993), et son épaisseur au type d'accouchement (Eli *et al.*, 1989 ; Canturk *et al.*, 2014). Dans le cas d'un accouchement simple par voie basse, elle présente une largeur de 12 μm . Elle est plus fine dans les cas d'accouchement par césarienne, et plus épaisse dans le cas d'accouchement difficile (Eli *et al.*, 1989). Sa présence, de même que le décompte des stries de croissance de l'émail qui lui sont postérieures lui donnent donc une utilité pour l'estimation du temps de survie post-natal (Janardhanan *et al.*, 2011). Son identification passe, la plupart du temps, par une coupe histologique longitudinale ou transverse de la dent (figure 58), puis par des analyses par micro-radiographie, microscope électronique à balayage ou microscope polarisé (Whittaker et Richards, 1978 ; Canturk *et al.*, 2014). D'autres techniques moins destructives pourraient être utilisées, comme la micro-tomographie par synchrotron qui a montré son efficacité pour l'histologie virtuelle (Nava *et al.*, 2017b), mais dont le coût reste toutefois particulièrement élevé et difficilement applicable à une étude de série.

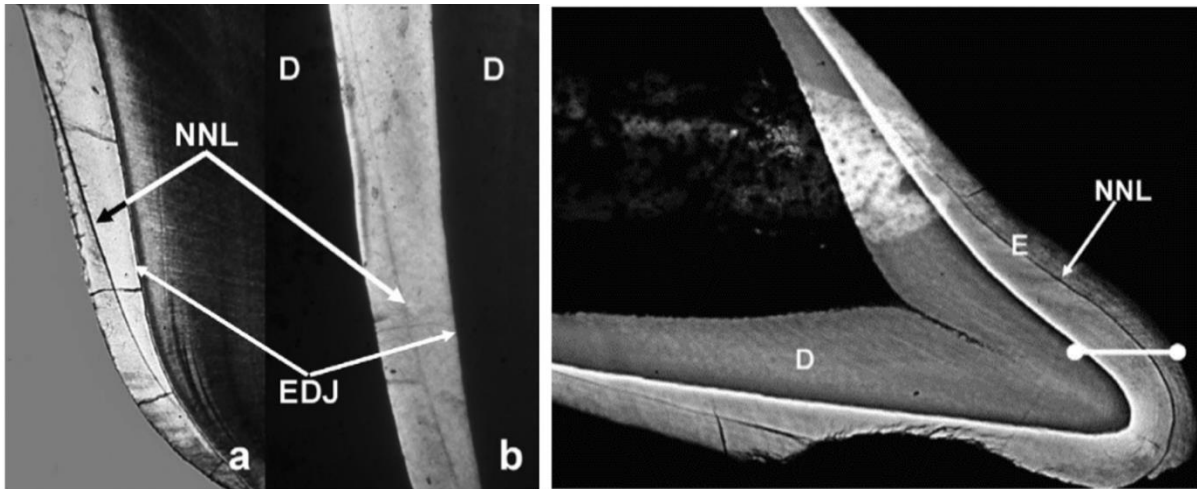


Figure 54. a : dent exfoliée vue à l'air libre à la lumière polarisée, b : ligne néonatale d'un germe vu en micro-radiographie ; à droite : micro-radiographie d'un germe d'incisive déciduale d'un individu de 2 mois post-partum ; NNL : ligne néonatale, EDJ : jonction émail-dentine, D : dentine ; à gauche : ligne néonatale d'un germe d'incisive déciduale, modifié d'après Sabel et al. (2008)

II.2. Les marqueurs isotopiques

Les analyses des isotopes stables comme l'azote, l'oxygène, le carbone ou les éléments traces (strontium, cuivre, fer, zinc, baryum et calcium) dosés sur la fraction organique des tissus (kératine, collagène) sont souvent utilisées en écologie pour tracer les différents niveaux trophiques d'une chaîne alimentaire (Lee-Thorp *et al.*, 1989 ; Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Fuller *et al.*, 2006b ; Waters-Rist *et al.*, 2011 ; Herrscher, 2013). Le dosage en azote fournit des informations sur les modes de vie des populations passées en traduisant la composition en protéines de l'alimentation, du niveau trophique le plus bas pour les végétaux, jusqu'aux plus hauts pour les carnivores (DeNiro et Epstein, 1981 ; Schoeninger et DeNiro, 1984). Il s'agit d'un indicateur particulièrement intéressant en contexte archéologique car, dans le cas de tissus bien conservés, les teneurs en isotopes stables restent inchangées après le décès de l'individu (Herrscher, 2013). Les analyses des paléodiètes se fondent notamment sur le ratio des deux isotopes stables de l'azote ($^{15}\text{N} / ^{14}\text{N}$), l'azote lourd ^{15}N augmentant de 3 à 5 ‰ au fur et à mesure de l'élévation dans la chaîne alimentaire (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Mays *et al.*, 2002). Le $\delta^{15}\text{N}$ est particulièrement utilisé dans l'étude des populations du passé pour évaluer le moment et le mode de sevrage, ainsi que la mortalité associée à cette période (Schurr, 1997 ; Herring *et al.*, 1998 ; Dupras *et al.*, 2001 ; Mays *et al.*, 2002 ; Herrscher, 2005, 2013 ; Fuller *et al.*, 2006a ; Prowse *et al.*, 2008 ; Pearson *et al.*, 2010 ; Howcroft *et al.*, 2012 ; Tsutaya et Yoneda, 2013 ; Herrscher *et al.*, 2017).

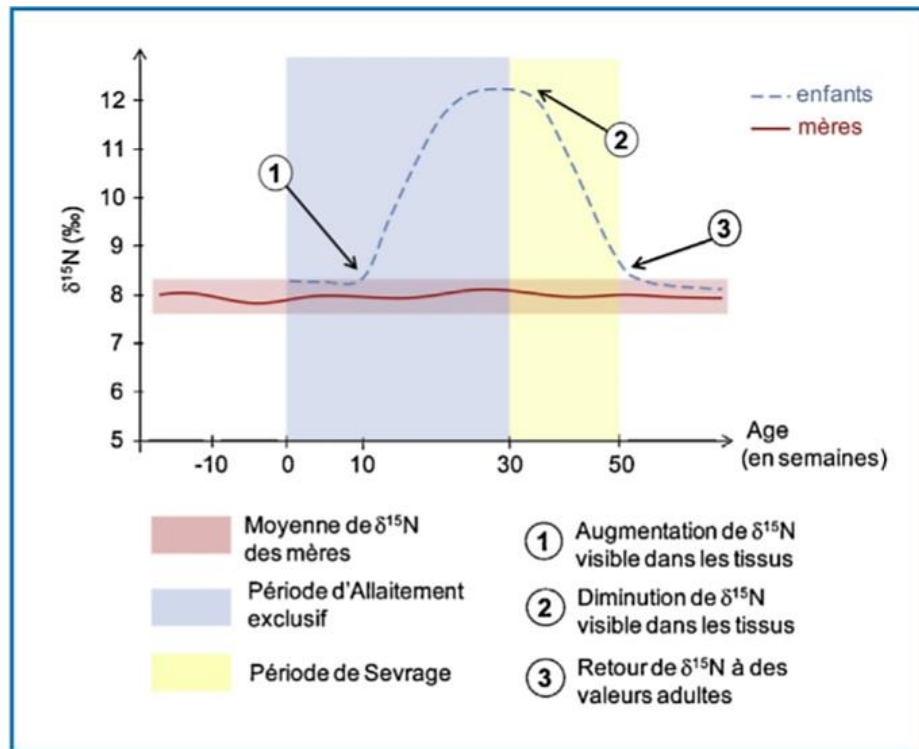


Figure 55. Évolution des compositions isotopiques en azote dans les tissus de couples mères-enfants durant la période d'allaitement et de sevrage, d'après Herrscher (2013, p. 77)

En traduisant le fait qu'un enfant ait été nourri (Herrscher, 2013), la signature isotopique peut, dans une certaine mesure, constituer un critère de vitalité toutefois difficilement applicable dans la classe périnatale. Au stade fœtal ou à la naissance, le collagène de l'enfant a en effet une signature isotopique égale à celle de sa mère. L'allaitement, que l'on peut concevoir comme une relation de type « proie - prédateur », confère à l'enfant un régime de type carnivore et provoque à partir de 10 semaines post-partum une hausse du niveau trophique et une hausse du ratio de 3 à 4 % (figure 59), avant que le sevrage ne se traduise par un appauvrissement en ^{15}N (Dupras *et al.*, 2001 ; Mays *et al.*, 2002 ; Herrscher, 2013). L'usage de la signature isotopique en tant que critère de vitalité dans les populations du passé soulève plusieurs difficultés. Du fait de la variabilité des pratiques alimentaires entre les populations, il n'est pas possible d'apprécier l'élévation du taux de ^{15}N sans un référentiel local. La possibilité d'analyser un couple mère - enfant attesté est, de plus, extrêmement rare. Dans la plupart des cas, l'enrichissement des sujets immatures en ^{15}N est donc estimé par comparaison avec la variabilité isotopique d'un groupe d'individus féminins issu du même contexte (Herrscher, 2013). Dans certains cas, la diversité des signatures adultes peut être large et masquer les signatures induites par l'allaitement, ou les individus féminins peuvent être indisponibles. Des protocoles d'analyse reposant sur l'analyse de plusieurs tissus au sein d'un même individu ont été proposés pour pallier ces difficultés. Ils permettraient d'identifier une évolution dans les habitudes alimentaires du sujet. Ces démarches

seraient en revanche plutôt applicables à la détection du sevrage (Herrscher, 2013). Le fait que la signature de l'allaitement en ^{15}N soit identifiable à partir de deux mois et demi ou trois mois post-partum empêche donc son utilisation en tant que critère de vitalité dans la majorité de notre corpus d'étude, à l'exception des sujets grands prématurés qui auraient survécu sur plusieurs semaines, ce qui est difficilement envisageable.

Synthèse

La recherche autour de la périnatalité dans les populations anciennes se heurte la plupart du temps à une limite majeure, celle de la détermination du **statut de vitalité** de l'individu à la naissance. Comme esquissé précédemment, sa place dans la société peut en effet considérablement varier selon que l'individu soit né vivant ou pas, et cela autant dans les populations anciennes qu'actuelles (Cf. *supra*, chap. I). Pour cet axe de recherche, l'étude biologique des restes osseux et la recherche d'indicateurs témoignant de l'état sanitaire de l'individu apparaissent comme primordiales.

L'identification de **critères de morbidité et de mortalité** aux stades fœtal et post-natal est confrontée aux difficultés d'identification de l'expression osseuse des pathologies et anomalies. Ces manifestations ont pu être classées en deux catégories. Certaines, dont notamment les anomalies du développement, se caractérisent par des expressions osseuses très marquées. Ces anomalies morphologiques importantes (défauts de segmentation, dysplasies) sont aisément identifiables, voire pathognomoniques, et ce qu'elles soient isolées ou multiples. Elles sont toutefois rares, dans la mesure où les plus graves touchent préférentiellement les sujets au stade embryonnaire, et concernent donc souvent des grossesses qui ne se prolongent pas (Cf. *supra*, chap. III, I.1.). Leur potentiel en tant que critères de morbidité ou de mortalité en contexte archéologique apparaît donc comme restreint, moins adapté à des études populationnelles qu'à des études de cas. D'autres pathologies et anomalies présentent au contraire des expressions que l'on peut qualifier de « discrètes », au sens où elles sont très difficilement identifiables comme déviant de la norme ostéologique. Le premier enjeu reste en effet la nature plastique de l'os en croissance (Lewis, 2013, 2016, 2017b ; a ; Verlinden et Lewis, 2015). D'après Lewis (2017b, p. 3), *"we are now unable to effectively distinguish between new bone formation as the result of infection or trauma, from that which forms as part of the normal growth process in young children, often hindering our ability to explore such pathology in children younger than 4 years of age"*.

La distinction entre une hyperactivité pathologique ou physiologique du périoste demeure un challenge, tout comme la connaissance de la variabilité individuelle des phénomènes d'ostéof ormation. L'os immature est en effet décrit comme présentant moins de réactions que l'os mature (Holt et Jones, 2000), ou au contraire comme réagissant de manière plus forte à un stimulus plus faible (Bolton-Maggs et Thomas, 2008). Comme les néoformations périostées, les marqueurs de stress non spécifiques restent soumis à des problématiques de reproductibilité et de répétabilité autant qu'à celles de la correspondance effective avec des événements perturbateurs. Ce qui est intégré comme un stress par l'organisme maternel n'est, de plus, pas forcément ressenti ni exprimé comme tel par l'organisme fœtal, et *vice versa*. Certaines dysplasies apparaissant comme flagrantes dans la littérature scientifique (courbures anormales des diaphyses ou élargissement des métaphyses) le sont en réalité beaucoup moins en contexte d'étude populationnelle. Sauf cas exceptionnels, elles ont la plupart du temps une expression continue et variable qui rend difficile leur reconnaissance en l'absence d'un référentiel approprié. De la même manière, d'autres anomalies comme les agénésies sont manifestes en contexte médical, beaucoup moins en contexte archéologique où l'absence d'un élément osseux oriente davantage vers une perturbation taphonomique que vers un défaut constitutionnel.

Les critères marquant la vitalité à la naissance sont, pour leur part, rares et difficiles à envisager pour des études de séries. Les seules méthodes non destructives pour l'observation de la ligne néonatale sont pour l'instant matériellement inapplicables à un grand nombre d'individus, tandis que l'étude des marqueurs isotopiques ne s'appliquerait à la classe d'âge périnatale que dans de rares cas de grande prématurité avec survie de minimum trois mois.

L'approfondissement des connaissances relatives à la variabilité générale des sujets décédés en période périnatale autant qu'aux critères de vitalité, morbidité et mortalité, nécessite donc l'analyse de corpus respectant plusieurs critères. Ils doivent dans une certaine mesure couvrir un spectre d'âges étendu (fin de la grossesse et début de la vie extra-utérine) afin de pouvoir refléter les évolutions anthropométriques de la classe d'âge et d'inclure des individus mort-nés ou ayant vécu une naissance vivante. Ils doivent également rassembler des sujets de contextes géographiques et historiques différents afin de permettre de documenter, du moins en partie, la diversité inter-populationnelle et les dynamiques séculaires à l'œuvre.

Partie II.
Matériel et méthodes :
corpus archéologique et corpus virtuel

Chapitre IV.

Corpus archéologique :

contextes géographiques et chronologiques

Le corpus ostéologique a été établi à partir de trois collections issues de fouilles archéologiques récentes, à savoir la nécropole Kerma classique 8B-51 de l'île de Saï (Nord-Soudan, 1750-1500 av. J.C., fouille programmée, dir. F. Geus), le cimetière de Blandy-les-Tours (France, X^e-XII^e siècles, fouille préventive de l'Inrap, dir. M.-C. Coste avec la collaboration de V. Delattre) et le cimetière de Provins (France, XIII^e-XVIII^e siècles, fouille programmée de l'Inrap et de l'Université Paris I, dir. M. Guillon). Ces sites ont été privilégiés parce qu'ils ont livré un grand nombre d'individus décédés en période périnatale. La représentation (présence ou absence d'un élément osseux) et la conservation des ossements (préservation ou destruction de la fraction osseuse), bien qu'évidemment imparfaites, sont remarquables eu égard à la nature fragile du matériel ostéologique de cette classe d'âge et à sa relative rareté en contexte archéologique. Les tombes ont été fouillées de la manière la plus précise possible et les éléments osseux prélevés selon les techniques de l'archéothanatologie recommandées par Duday et collaborateurs (1990), ce qui garantissait la qualité et la précision des informations archéologiques. Dans la mesure où nos objectifs d'étude comprennent une approche de la variabilité inter- et intra-populationnelle, la prise en compte de contextes géographiques, chronologiques et culturels distincts constituait par ailleurs un prérequis indispensable. À cet égard, le fait de pouvoir comparer les données acquises sur la collection du nord-Soudan et celles acquises sur les collections françaises constitue un avantage certain, de même que celui d'avoir accès à deux séries de contextes géographiques très proches (Est du Bassin parisien) mais en continuité chronologique (du Haut-Moyen Âge à la Période Moderne). L'étude des trois collections a pu être réalisée en laboratoire, avec un accès pérenne aux vestiges favorisant une recherche exploratoire.

I. La nécropole 8B-51 de l'île de Saï (Nord-Soudan)

Nous reviendrons brièvement dans cette partie sur le contexte général du royaume de Kerma, l'historique et la description du site lui-même étant davantage détaillés dans le chapitre dédié à l'étude bio-archéologique de la nécropole (*Cf. infra*, chap. XV.).

I.1. Histoire abrégée du Soudan et du royaume de Kerma

Les civilisations du Soudan ont longtemps été décrites comme les reflets grossiers d'une civilisation égyptienne polarisant les peuples alentours par une suprématie culturelle rayonnante (Gratien, 1978, 1985). Dès les premières découvertes, l'immense héritage archéologique hérité des civilisations nubiennes se voit en effet interprété en contrepoint d'un empire égyptien hégémonique dans le contexte scientifique de l'époque (Gratien, 1978, 1985). Ces schémas interprétatifs amènent Reisner (1923), inventeur de la civilisation Kerma, à « inverser » l'ordre des cultures qu'il identifie sur le site de la ville éponyme. Ne concevant pas l'existence d'un royaume prospérant indépendamment de son voisin, il détaille entre 1913 et 1916 une riche période de domination égyptienne censée précéder une civilisation nubienne plus grossière, dont la culture s'étiolerait au fur et à mesure que le pouvoir central pharaonique se désengagerait du territoire (Reisner, 1923). L'importance de la civilisation est réévaluée à partir des années 1950 du fait d'un intérêt mondial pour cette région, en particulier suite à la mission internationale de sauvetage des temples d'Abou Simbel liée à la construction du barrage d'Assouan. Le cadre historique est redéfini par Bonnet (1982, 1984, 1986a ; b, 1988, 1990, 1991, 1992a ; b, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000, 2001, 2006 ; 2003, 2006, 2009) avec la Mission de l'Université de Genève, ainsi que par Gratien (1978). L'interprétation chronologique des cultures observées par Reisner (1923) est alors révisée, amenant à distinguer un royaume de Kerma indépendant et florissant qui précède, et non succède à, l'emprise du pouvoir central égyptien (Gratien, 1985 ; Bonnet, 1990). La reprise par Charles Bonnet à Kerma des prospections entre 1973 et 1976, puis des fouilles à partir de 1977 (avec la mise en place en 1976 d'un plan de sauvegarde à long terme du site *via* la création de la Mission archéologique de l'Université de Genève¹³) ont marqué le début d'une véritable compréhension de la culture Kerma (Bonnet, 1980). La chronologie de celle-ci, esquissée à partir des données funéraires et du mobilier, a ensuite été confirmée grâce à une série de datations au ¹⁴C (Honegger, 2005).

¹³ Site internet de la mission archéologique suisse à Kerma <https://kerma.ch/>

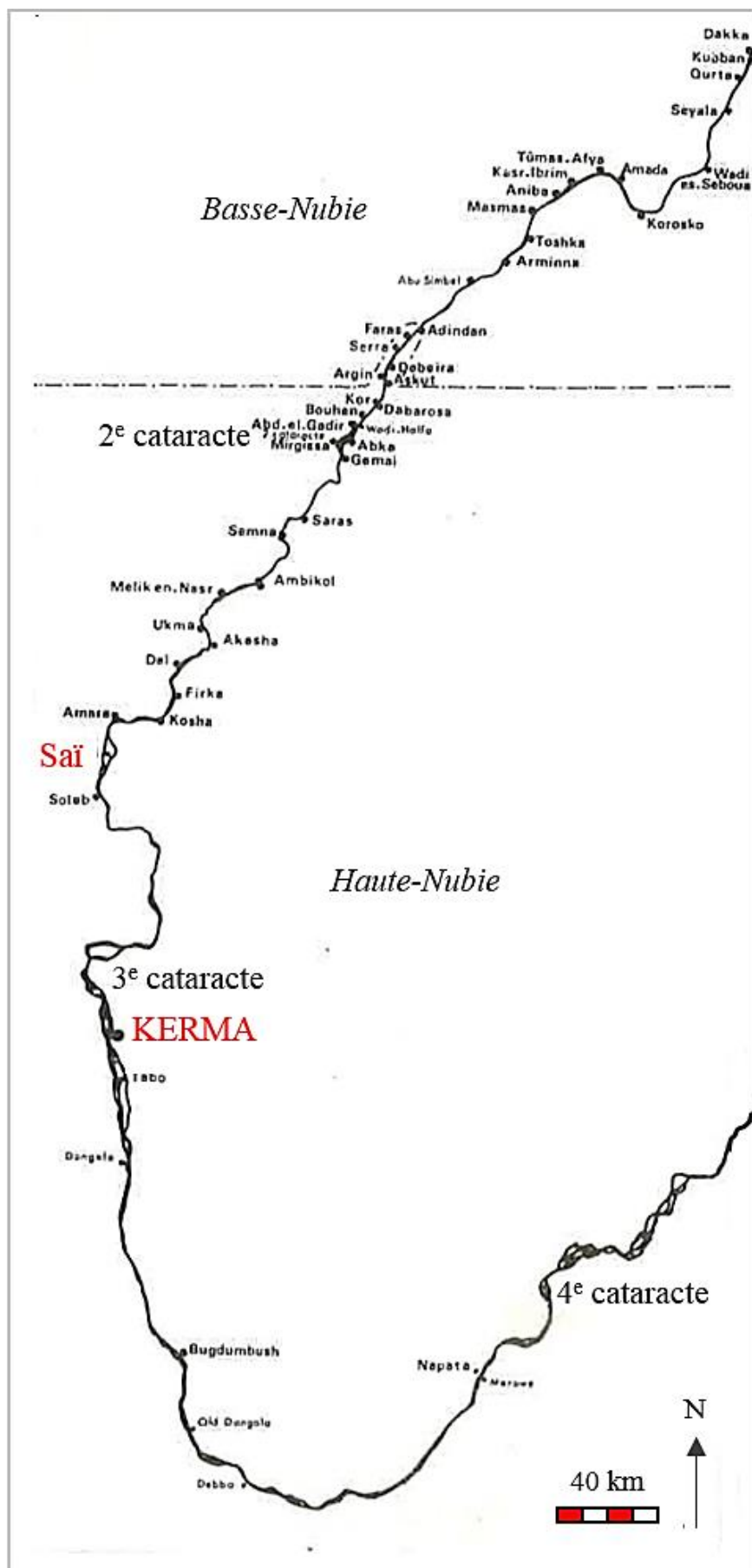


Figure 56. Localisation de la capitale Kerma au sein de la Haute et de la Basse-Nubie, modifiée d'après Gratien (1978, p. 14)

Grâce à sa situation géographique entre la I^e et la VI^e cataracte (figure 60), la vaste région constituée de la Basse (pays de Ouaoouat, entre la I^e et la II^e cataracte) et de la Haute Nubie (pays de Koush, entre la II^e et la VI^e cataracte) joue très tôt un rôle de plaque tournante commerciale entre l'Égypte, la Mer Rouge et les civilisations d'Afrique méridionale (Honegger, 2001, 2004, 2005 ; Grimal, 1989).

Cette localisation, appuyée par la fertilité de la vallée du Nil, constitue un cadre propice pour les premiers peuplements mésolithiques (avant 6000 av. J.C. environ) et néolithiques. La distinction entre les deux périodes est variable selon les auteurs, certains faisant remonter le Néolithique ancien au début du 8^e millénaire av. J.C. avec l'apparition de la céramique (Gutherz et Joussaume, 2000 ; Lesur, 2014), d'autres à 6000 av. J.C., moment où l'on identifie les premiers indices d'élevage (Honegger, 2002, 2005, 2006, 2010 ; Honegger et Williams, 2015). Les occupations du pré-Kerma (figure 61) sont quant à elles datées de 3500 à 2500 av J.C. (Honegger, 2002, 2004, 2005, 2006, 2010). Le royaume de Kerma se développe entre 2500 et 1500 av. J.C. à partir de ces occupations pour donner naissance au premier royaume africain de ce territoire, polarisé autour de la ville éponyme (Bonnet, 1980, 1992b).

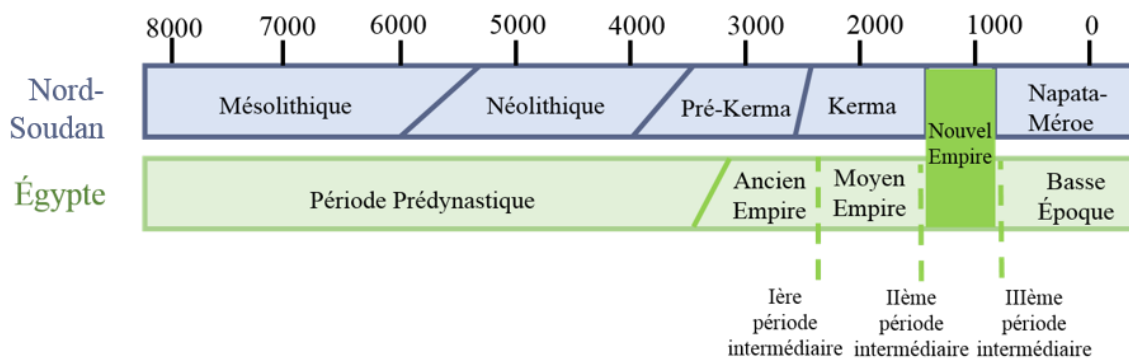


Figure 57. Chronologie comparée des civilisations soudanaises et égyptiennes, modifié d'après Honegger (2015, p. 144)

La capitale s'étend au sud de la III^e cataracte dans le plus grand bassin fertile de Nubie, sur une plaine alluviale de 200 km de long (figure 62). Elle est dominée par la Deffufa, le temple monumental construit en briques crues autour duquel s'articulent les bâtiments rectangulaires des quartiers à fonction religieuse, administrative et résidentielle (Bonnet, 1982, 1990, 2001, 2006 ; Bonnet *et al.*, 2003 ; Honegger, 2005). Le royaume entretient des relations commerciales ponctuées de démonstrations de force avec son voisin égyptien, avant que les campagnes expansionnistes de la XVIII^e dynastie ne parviennent à établir la domination du Nouvel Empire égyptien (Valbelle, 1998 ; Grimal, 1989).

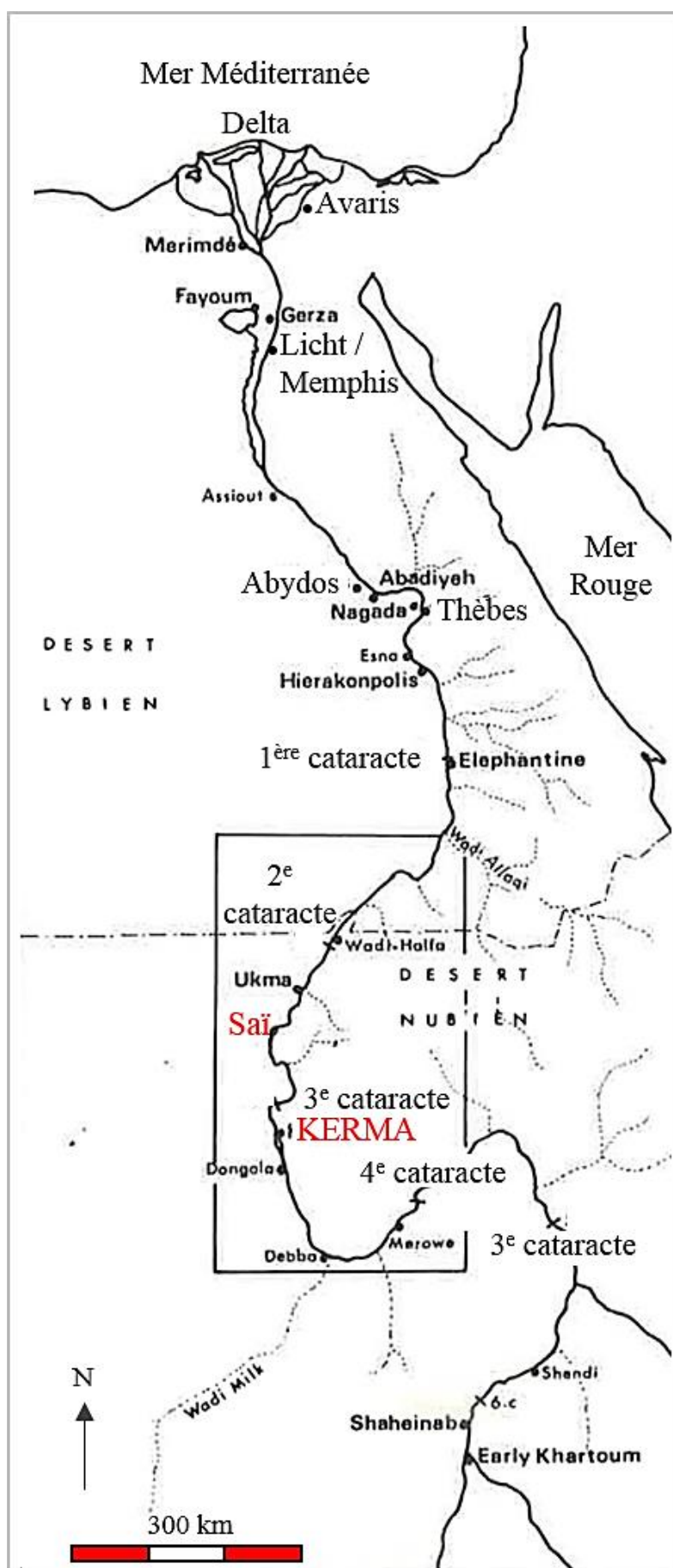


Figure 58. Localisation du royaume de Kerma par rapport au royaume égyptien et à ses villes principales, modifiée d'après Gratien (1978, p.13)

La civilisation égyptienne se constitue en parallèle des royaumes soudanais dans une région comprise entre la II^e cataracte et le delta du Nil (figure 62), au cours d'une période pré- puis protodynastique (figure 61) d'installation et de structuration progressive de différentes cultures entre 8000 et 3175 av. J.C. (Valbelle, 1998 ; Midant-Reynes, 2003 ; Grimal, 1989). L'unification de la Haute et de la Basse Égypte marque classiquement le début de la période Thinite. Cette apparition de l'État est communément rapportée comme un fait du roi Menès aux alentours de 3150 av. J.C. selon l'*Aegyptiaca* de Manéthon (III^e siècle av. J.C., traduction de Wickersham, 1996), même si la réalité historique de l'événement reste à démontrer (Midant-Reynes, 2003). L'unification du royaume s'effectue plus vraisemblablement au cours d'une période plus longue de transition, qui aboutit à l'Ancien Empire, longue période de stabilité politique centralisée autour de Memphis et qui précède les troubles de la première période intermédiaire (Valbelle, 1998 ; Grimal, 1989). Le Moyen Empire, dont la capitale devient consécutivement Thèbes puis Licht au sud de Memphis, couvre par la suite une période comprise entre 2033 et 1786 av. J.C. environ (Grimal, 1989). La domination du delta par les Hyksôs, peuple asiatique basé à Avaris (figure 62), marque le passage à la Deuxième Période Intermédiaire avec la coexistence de deux lignées dynastiques, la lignée thébaine poursuivant son règne sur la partie méridionale du territoire (Grimal, 1989). Le Nouvel Empire débute avec la reconquête des terres septentrionales par la dynastie égyptienne (Valbelle, 1998). Cette période se caractérise par la réunification du territoire ainsi que par son expansion au cours de campagnes militaires successives, tournées en particulier vers le royaume de Kerma (Lalouette, 1985, 1986 ; Vandersleyen, 1995). Vers 1500 av. J.C. Thoutmosis I^{er}, poursuivant les campagnes de son prédécesseur Ahmôsis, assiège et défait la ville de Kerma. La civilisation koushite prend fin avec la mise sous contrôle du pouvoir central par l'intermédiaire d'un vice-roi nommé « Fils royal de Koush », qui s'assure de la diffusion du culte royal et de l'emprise du pouvoir thébain (Lalouette, 1985).

I.2. L'île de Saï

I.2.1. Aperçu historique et occupations de l'île

Les premières occupations de l'île datent de l'Acheuléen, comme en témoignent les outillages lithiques retrouvés au niveau du Gebel Adou (Arkell, 1949 ; Geus, 1996 ; Van Peer *et al.*, 2003). L'occupation est davantage marquée au Néolithique (figure 61), période identifiée grâce à la découverte de haches polies et de céramiques caractéristiques du Nord de l'Afrique, présentant des décors ponctués organisés en lignes ondées ou "*Dotted Wavy Line*" (Geus,

2000 ; Honegger, 2005). Cette céramique est attribuée à une industrie connue sous l'appellation de "*Khartoum Variant*", datée par ¹⁴C des environs de 5000 av. J.C. sur le site proche de Soleb (Hassan, 1986 ; Van Peer *et al.*, 2003). Les sites néolithiques sont distribués le long du trait de rivage du début de l'Holocène. L'île est occupée dès le Kerma ancien, vers 2400 / 2100 av. J.C. (Gratien, 1978 ; Bonnet, 1980 ; Van Peer *et al.*, 2003), comme le signalent la présence d'une nécropole évaluée à plusieurs milliers de tombes et incluant des tumuli, ainsi qu'au moins une zone d'habitat à l'est de la grande nécropole (Gratien et Olive, 1981 ; Gratien, 1985 ; Vercoutter, 1986 ; Geus, 1988, 1996). Elle constitue un avant-poste important de la civilisation Kerma durant toute la période (Gratien, 1978, 1985 ; Bonnet, 1992b, 2000 ; Bonnet *et al.*, 2006). D'après une inscription de la cataracte de Dal et la présence sur l'île de restes de campements datés de la XII^e dynastie, elle aurait pu constituer dès l'an 10 du règne de Sésostri III un lieu de passage, voire un objectif de raid militaro-commercial pour les troupes égyptiennes (Gratien, 1985 ; Tallet, 2005). À la suite de la conquête égyptienne par la XVIII^e dynastie des régions dominées par le royaume de Kerma entre Semnah et la IV^e cataracte (figure 61), l'île accueille de manière pérenne une importante occupation militaire égyptienne entre 1700 et 1100 av. J.C. (Gratien, 1985). Le site pharaonique principal est une ville fortifiée (*mnw*¹⁴) située sur la pointe septentrionale de l'île et administrée par un gouverneur (*hqzous* les ordres du Fils royal de Koush (Gratien, 1985). L'île devient un centre administratif du Vice-roi de Koush sous Thoutmosis III, ce qui montre son importance politique à l'échelle des territoires conquis (Gabolde, 2012 ; Thill, 2017). La nécropole du Nouvel Empire date de la XVIII^e jusqu'à la XX^e dynastie, et s'étend au sud-sud-ouest de la forteresse. Elle se caractérise par des tombes de grandes dimensions, soit construites en briques crues (dans certains cas accompagnées d'un puits conduisant à une chambre voûtée), soit des hypogées creusées dans le grès et présentant un enclos rectangulaire, une chapelle dont le puits donne accès aux chambres funéraires et une petite pyramide (Gratien, 1985). Aucune trace d'occupation n'est à l'heure actuelle identifiée sur l'île entre 1100 et 800 av. J.C, mais on relève par la suite des occupations napatéennes (725-660 av. J.C.) puis méroïtiques, entre 660 av. – 350 ap. J.C. (Gratien, 1985). Sous le Bas-Empire romain la région est occupée par la culture dite du Groupe-X (Museum, 1969), qui marque l'île par de nombreuses nécropoles et des tumuli de grandes dimensions entre 350 et 550 ap. J.C. (Gratien, 1985). L'île est finalement occupée sous l'ère chrétienne (habitats, cimetières et églises), puis par les sultans ottomans au XVI^e, avant d'être conquise par le vice-roi d'Égypte Mehemet Ali en 1820 (Gratien, 1985).

¹⁴ Les mentions en italique correspondent à la translittération depuis l'égyptien hiéroglyphique

I.2.2. Historique des découvertes

La localisation de l'île, éloignée des sites archéologiques principaux autant égyptiens que kermas (plateau de Giza, région thébaine, ville de Kerma, etc.), la maintient longtemps à l'écart des campagnes archéologiques. Elle est pourtant mentionnée au XVIII^e siècle par Maillot, Consul français en Égypte (Gratien, 1985), puis par l'explorateur Browne en lien avec son voyage au Darfour. Son potentiel archéologique est jugé médiocre au XIX^e siècle par l'explorateur suisse Burckard, qui n'y pose pas le pied, et se contente de l'observer depuis la rive du fleuve. Cette mention a cependant pour effet d'attirer les premiers voyageurs dans la région, avant que son potentiel historique et archéologique ne soit identifié en 1821 avec la visite du français Cailliaud. Budge et Crowfoot confirment ces observations en 1905 et exportent plusieurs de ses monuments afin de fournir le musée de Khartoum alors en création (Gratien et Olive, 1981 ; Gratien, 1985 ; Vercoutter, 1986 ; Soulé-Nan, 2002). Les fouilles archéologiques des équipes françaises sur l'île de Saï commencent en 1954 sous l'égide de Jean Vercoutter (Vercoutter, 1958, 1986 ; Geus, 1988, 1995, 1996). Elles connaissent une période d'interruption suite à l'appel de l'UNESCO pour le sauvetage des monuments de la Nubie, avant de reprendre en 1969. En 1993, la direction des fouilles de l'île est reprise par Francis Geus (Geus, 1988, 1994, 1995, 1996, 2000, 2004 ; Geus *et al.*, 1995), puis par Didier Devauchelle avec l'Université de Lille III en 2005 (Devauchelle et Doyen, 2012) suite au décès de F. Geus, avec participation de Julia Budka et Vincent Francigny.

I.2.3. La nécropole 8B-51

La nécropole 8B-51 (figure 63) est découverte en 1995 par M. de Dapper et R. Goosens au cours de prospections géomorphologiques, grâce à la mise au jour d'ossements humains d'adulte affleurant en bordure du ouadi (Maureille *et al.*, 2006).



Figure 59. Vue de la nécropole, photo B. Maureille

Sa numérotation est à l'origine 8B-SP14 (pour « sépulture paléolithique »), puis 8B-31 et enfin 8B-51, relativement au quadrillage archéologique du Soudan en carrés de 20 km de côté établi par F. Hinkel dans le but de localiser facilement les sites d'intérêt (Hinkel *et al.*, 1977). La nécropole s'étend le long de la côte est de l'île, à l'extrémité d'un ouadi (figure 64). Le site a été daté de la fin du Kerma classique grâce à la présence de poteries caractéristiques de la période (de forme « tulipe » avec une bande noire) et par plusieurs datations ^{14}C (Murail *et al.*, 2004). Il a livré un total de 66 individus, 2 adultes et 64 sujets immatures, dont les dispositifs funéraires ont été étudiés ci-après (*Cf. infra*, chap. XV.). Parmi les individus immatures, 54 ont pu être sélectionnés pour notre étude biologique, après que notre estimation de leur âge osseux a permis de les identifier comme appartenant à la classe d'âge des individus décédés en période périnatale selon la définition donnée précédemment (*Cf. supra*, chap. V, III.). Leurs âges estimés sont compris entre 24 et 46 s.a.

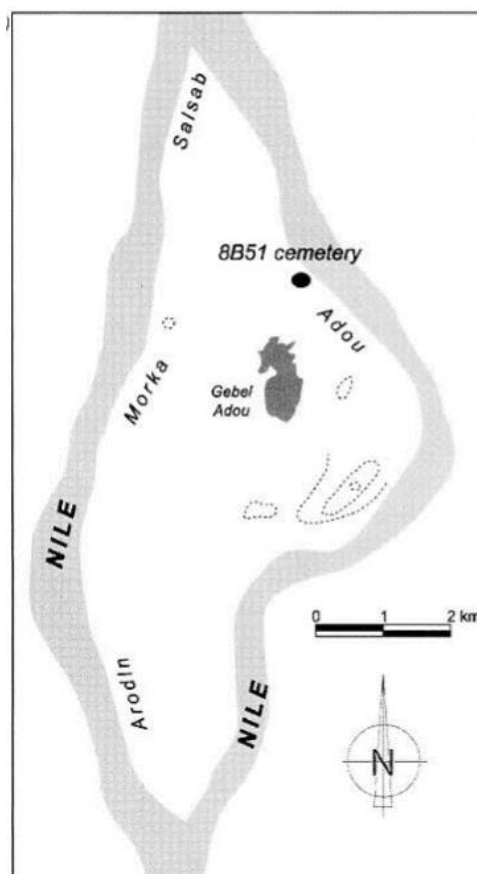


Figure 60. Carte de l'île de Sai, d'après Murail et al. (2004, p.268)

L'impossibilité d'accès à une partie des individus des collections médiévales, de même que l'existence d'une synthèse extrêmement récente sur Provins apportée par la thèse de Portat (2018) ont amené à privilégier cette série pour le croisement de données biologiques et archéologiques (*Cf. infra*, chap. XV.).

II. L'église dite « anonyme » de Blandy-les-Tours (France)

II.1. Aperçu géographique et historique

L'agglomération de Blandy-les-Tours (figure 65) est située en Seine-et-Marne à 70 km au sud-est de Paris, sur le rebord de la plaine calcaire briarde (Coste, 2006 ; Delattre, 2008).

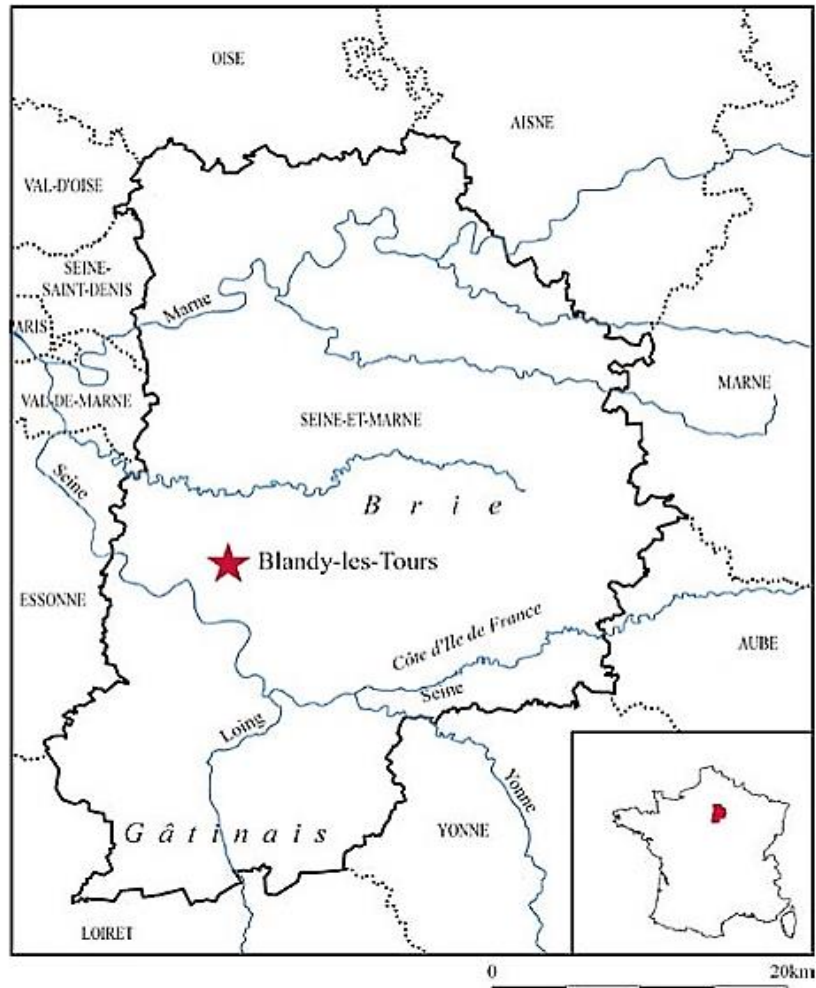


Figure 61. Localisation de Blandy-les-Tours, d'après Delattre (2008, p. 201)

Le site castral occupe une position de promontoire sur une sinuosité éminente du rû d'Ancœuil (figure 66), affluent encaissé qui rejoint la Seine en rive droite à Melun (Coste, 2006 ; Delattre, 2008). La première mention de la motte castrale remonte à un testament daté de 1216, affirmant l'appartenance de la seigneurie au Vicomte de Melun Adam de Chailly (Coste, 2006). La fondation du château est attribuée à la première moitié du XIII^e siècle. Le site comprend une enceinte en demi-lune dont les vestiges de deux tours rondes et d'une tour carrée ont été identifiés. De nombreux bâtiments en matières périssables (constructions en bois et clayonnage) étaient construits à l'intérieur de l'enceinte (Coste, 2006). L'apposition au bâtiment fin XIII^e ou début XIV^e d'un logis seigneurial avec fossé est confirmée par des

mentions historiques (Viré, 1995 ; Coste, 2006). Ces constructions amènent sans doute à détruire un édifice religieux et son cimetière datés du X^e au XIII^e siècle (Coste, 2006). Le château est agrandi et fortifié au XV^e siècle grâce à des financements royaux de Charles V et Charles VI datés de 1371 et 1388 (Coste, 2006). Ce programme de construction inclut l'édification de trois nouvelles tours (la Tour des Archives, la Tour des Gardes et le Donjon), la création d'une nouvelle porte d'entrée, l'agrandissement de l'enceinte et la surélévation des courtines. Une nouvelle phase de construction est menée au XVI^e siècle avec l'édification de logis à l'intérieur du château, avant que ce dernier ne soit vendu au maréchal de Villars en 1707, puis à la famille de Choiseul-Praslin. Laisse à l'abandon et utilisé comme carrière de pierres, le site est transmis à la commune en 1884, laquelle doit faire détruire la plupart des logis de la cour et procéder au comblement des fossés. Le château de Blandy-les-Tours est néanmoins classé Monument Historique en 1889. La Tour Carrée est restaurée par des bénévoles en 1978, et une partie du reste du bâtiment par la commune.

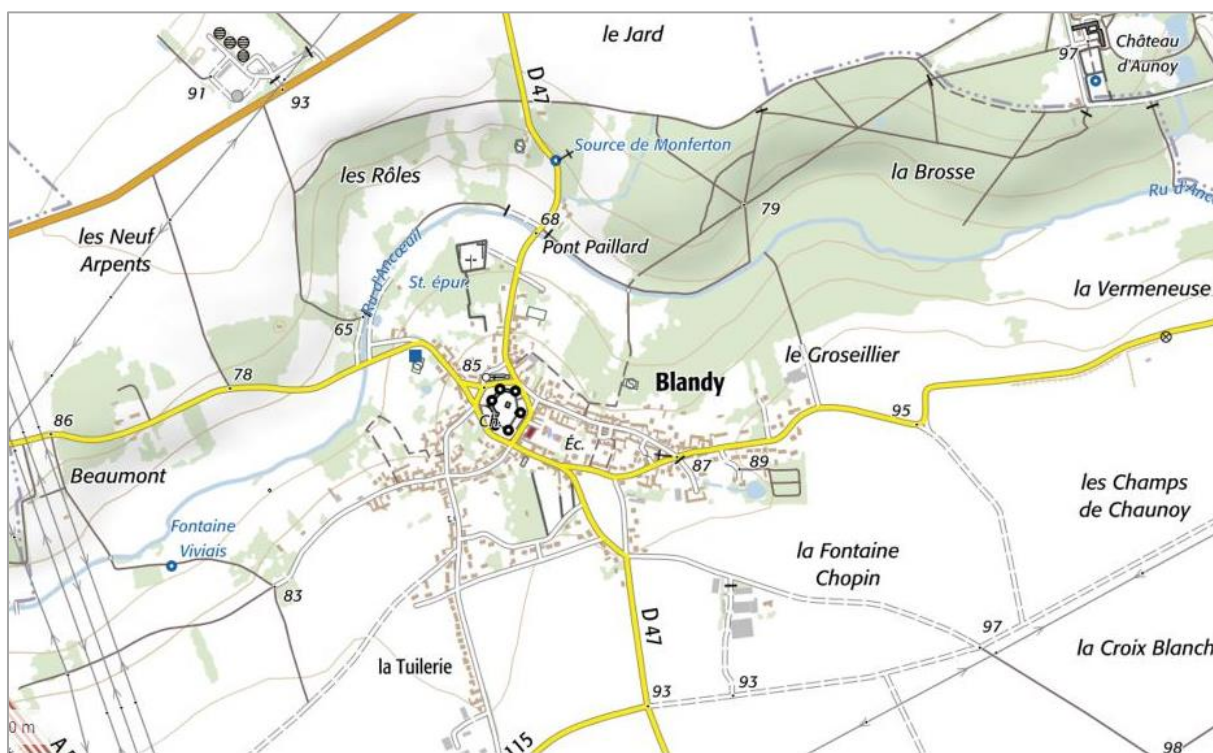


Figure 62. Ville de Blandy-les-Tours, échelle 1 / 17 000, d'après <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

Le château a notamment fait l'objet d'études préalables à une campagne de restauration engagée en 1986 par l'Architecte en chef J. Moulin et soutenue en 1995 par D. Mordant, Conservateur au Service Départemental d'Archéologie de Seine-et-Marne. Les résultats de cette étude ont été en partie présentés par C. Corvisier (Corvisier, 1993).

Un diagnostic archéologique a été effectué ponctuellement par l'association ACAME sous la direction de M. Castille-Gaxatte en 1993 au pied de la Tour Carrée, en 1994 au pied de la Tour des Archives, puis par M. Viré à l'intérieur du château en 1995 et Y. Franzini au niveau des fossés en 1996 (Coste, 2006). Ces diagnostics précèdent la mise en place de campagnes de fouilles entre 1998 et 2003. Le bâtiment appartient à la commune jusqu'à ce que sa richesse historique justifie son rachat en 1992 par le département de Seine-et-Marne (Delattre, 2008).

II.2. L'intervention et le site archéologique

C'est dans le cadre des études pluridisciplinaires lancées en tant que préalable à la mise en œuvre du dernier programme de réhabilitation et de valorisation qu'a été réalisée l'opération archéologique par l'Inrap au printemps 2002 (M.-C. Coste, dir., avec la collaboration de V. Delattre). La zone au nord du château à proximité de l'église Saint Maurice livrait régulièrement des sépultures depuis le XIX^e siècle, ce qui a motivé une intervention dans la cour du château (figure 67 et figure 68) où une partie des logis seigneuriaux, de même qu'un segment de la courtine primitive et un bâtiment quadrangulaire à la fonction inconnue avaient été dégagés (Delattre, 2008).



Figure 63. Vue d'ensemble de la zone fouillée en 2002 sur le site de Blandy-les-Tours, photo M.C. Coste

L'opération a permis d'exhumer les vestiges arasés d'un bâtiment dans la cour du château, identifiés par la suite comme les fondations d'un édifice cultuel à partir de leurs caractéristiques architecturales et de la présence de sépultures associées. La découverte de nombreux sarcophages en plâtre a permis de dater l'ensemble de la période mérovingienne. La présence de sépultures du Haut Moyen-Âge a entraîné plusieurs sondages, lesquels ont confirmé une dense occupation funéraire datant du VII^e au X^e siècle. L'église dite « anonyme » présente une nef rectangulaire s'ouvrant à l'est sur un chœur de même plan (figure 68).

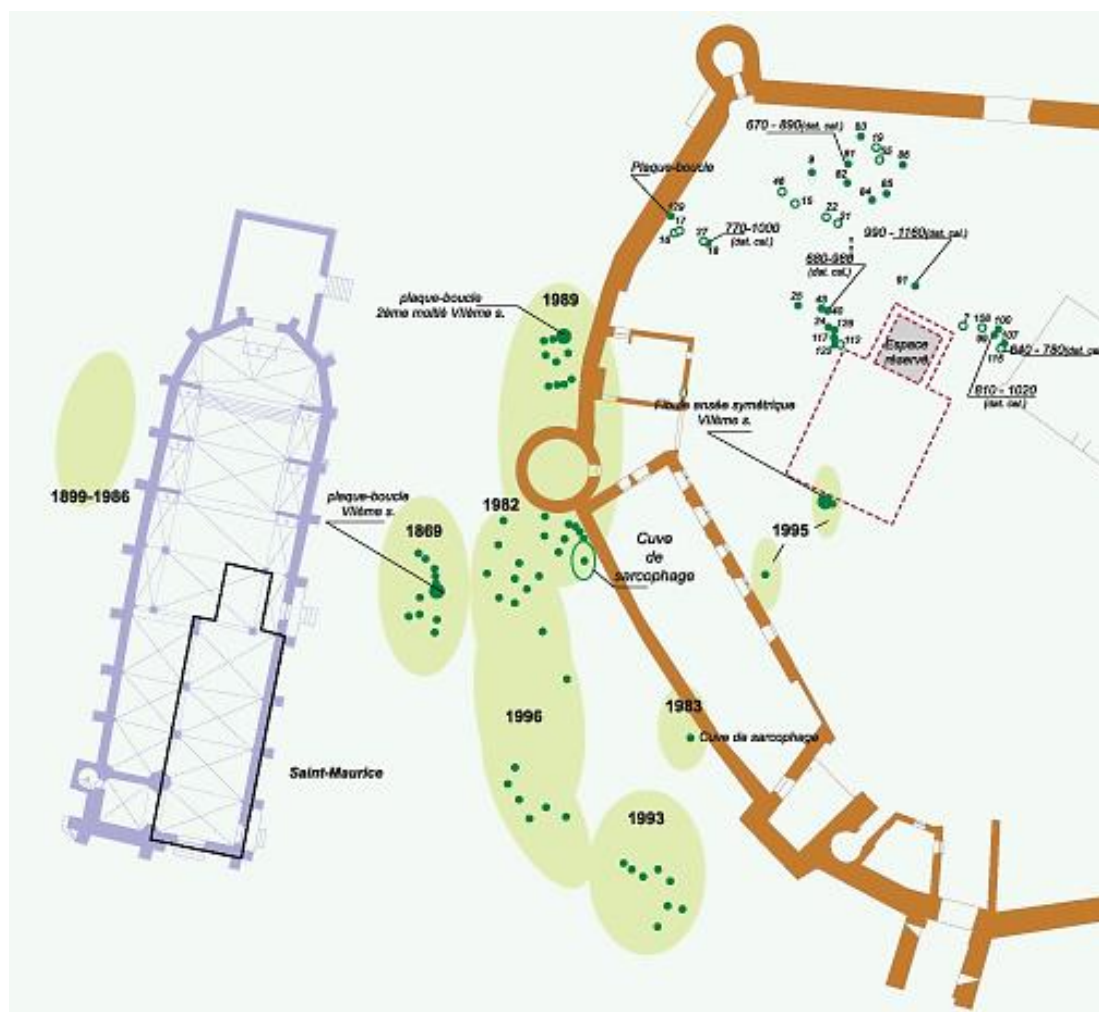


Figure 64. Plan du site de Blandy, d'après Delattre (2008, p. 203), qualité de l'image due au document d'origine

Des contreforts, signalés par des excroissances rectangulaires, sont disposés le long de la travée orientale, ainsi qu'au niveau des angles orientaux des fondations. Des maçonneries antérieures, une possible tranchée de récupération ainsi que des enduits peints du VI-IX^e siècles sont découverts à l'intérieur du chevet agrandi, ce qui concorde avec l'hypothèse d'une église primitive. Cette attribution est appuyée par l'absence de sépultures à l'intérieur du chevet, ce qui semble traduire la pérennité de fonctionnement de la zone.

L'église est toutefois rapidement modifiée, avec un plan amplifiant la structure antérieure. L'hypothèse d'un fonctionnement paroissial contemporain de l'église Saint-Maurice peut être avancée du fait des similitudes techniques entre les deux structures. La fondation de l'église dite « anonyme » semble donc remonter au X^e siècle, et l'existence d'un groupe paroissial entre la fin du X^e et la première moitié du XI^e siècle.

L'aire d'inhumation, dont la composition par âge paraît compatible avec celle d'une population théorique, évolue alors en lien avec l'agrandissement oriental de l'église préexistante anonyme. La zone autour du chevet de l'église anonyme se transforme en cimetière spécialisé, réservé aux très jeunes immatures (figure 69).



Figure 65. Exemples de sépultures en place de très jeunes sujets immatures, de gauche à droite B95 (36,8 s.a.), B97 (44,6 s.a.) et B125 (34,2 s.a.)

Les secteurs de la périphérie des murs du chevet de celle-ci ainsi que la jonction de l'abside et du chevet ont livré 72 sépultures de sujets immatures dont l'âge au décès varie entre 24 / 26 s.a. (sep n°11) et 30 mois (sep n°127), et dont 27 (d'âge estimé compris entre 33 et 45 s.a.) ont pu être inclus dans notre corpus (*Cf. infra*, chap. V, III.). Cette fonction originale, à l'origine de l'adjonction du chevet construit de l'église anonyme en 1000-1050, se maintient jusqu'au milieu du XIII^e siècle au plus tôt. Six datations ¹⁴C réalisées sur les nouveau-nés ont permis de préciser à quel moment le chevet a accueilli ces inhumations d'individus en très bas-âge (figure 70), faisant remonter l'utilisation de la zone à la période entre la fin du X^e et le début du XII^e siècle.

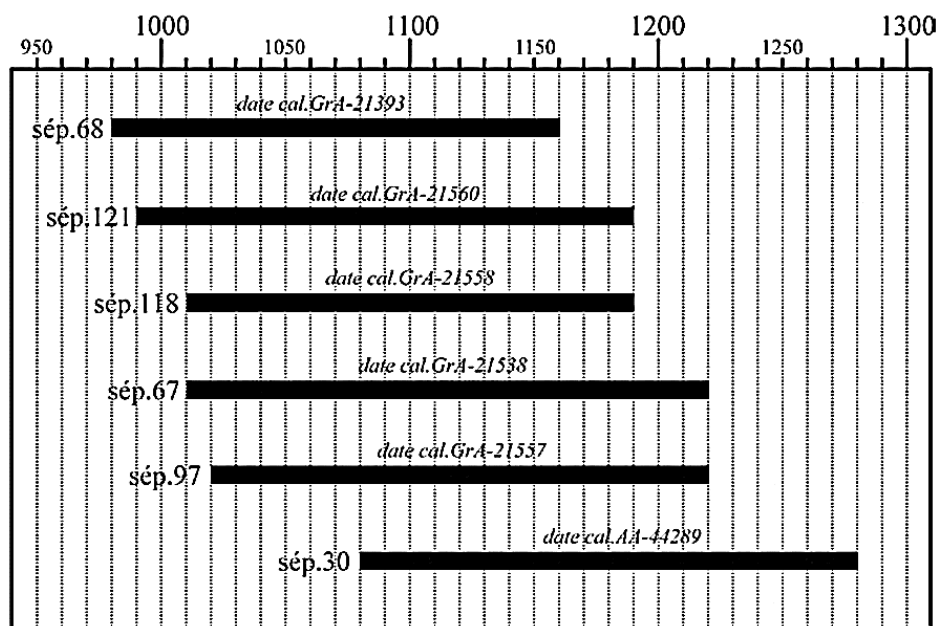


Figure 66. Dates C-14 calibrées sur les sépultures d'individus en période périnatale associés au chevet de l'église dite « anonyme », d'après Delattre (2008, p. 205)

III. L'église et le prieuré Saint-Ayoul de Provins (France)

III.1. Situation géographique

L'église et le cimetière paroissial de Saint-Ayoul sont situés dans la région Île-de-France, à 77 km à l'est de Paris et à 40 km à l'est de Blandy-les-Tours (figure 71).

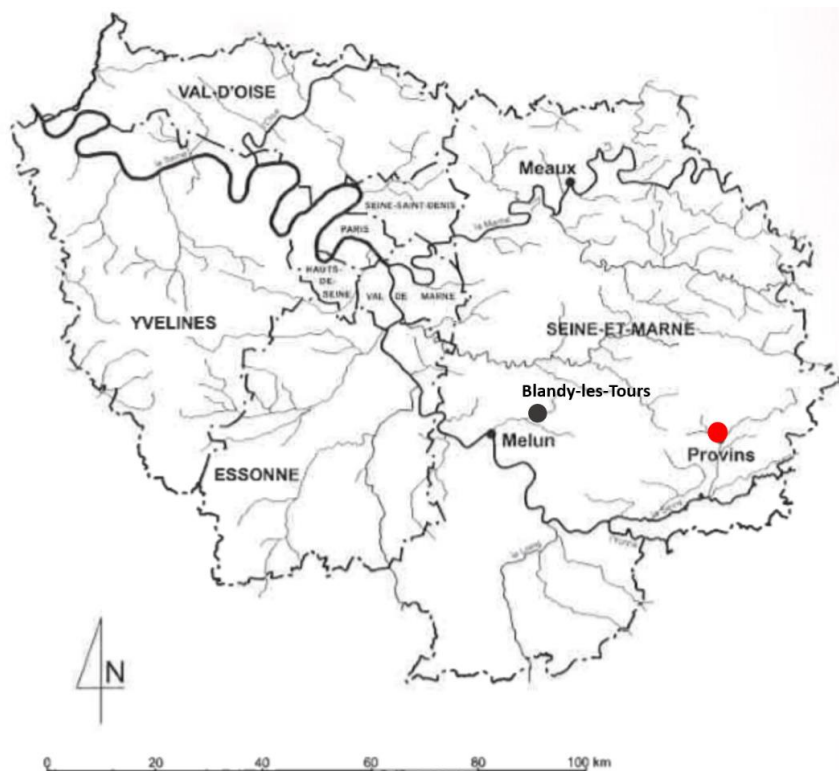


Figure 67. Localisation de Povins à l'échelle de l'Île-de-France et ar rapport à Blandy-les Tours, modifié d'après de Mecquenem (2007, fig.1)

Ce promontoire à haut potentiel stratégique (Mesqui, 1979) constitue le point de départ du développement de la ville haute, le Châtel (Veissières, 1988). La ville basse et ses faubourgs, le Val, se développent ultérieurement en contrebas dans le secteur marécageux. Le contexte géomorphologique local a fortement contribué au développement urbain de la ville haute. Un affleurement de calcaire facilement accessible sous son plateau limoneux a facilité l'extraction de pierres de taille, tandis que le sable à la base des côteaux était directement disponible pour la fabrication de mortier de chaux. La ville basse aux sols marécageux est au contraire peu propice à l'extension car fortement sujette aux inondations (Mesqui, 1979). L'ensemble est entouré de fortifications médiévales parmi les plus imposantes de France (Mesqui, 1979), construites entre 1226 et 1314. La ville haute, (figure 73) comporte encore des murs de 1200 m de longueur incluant 22 tours. Les fortifications de la ville basse, (figure 73) sont quant à elles peu conservées.

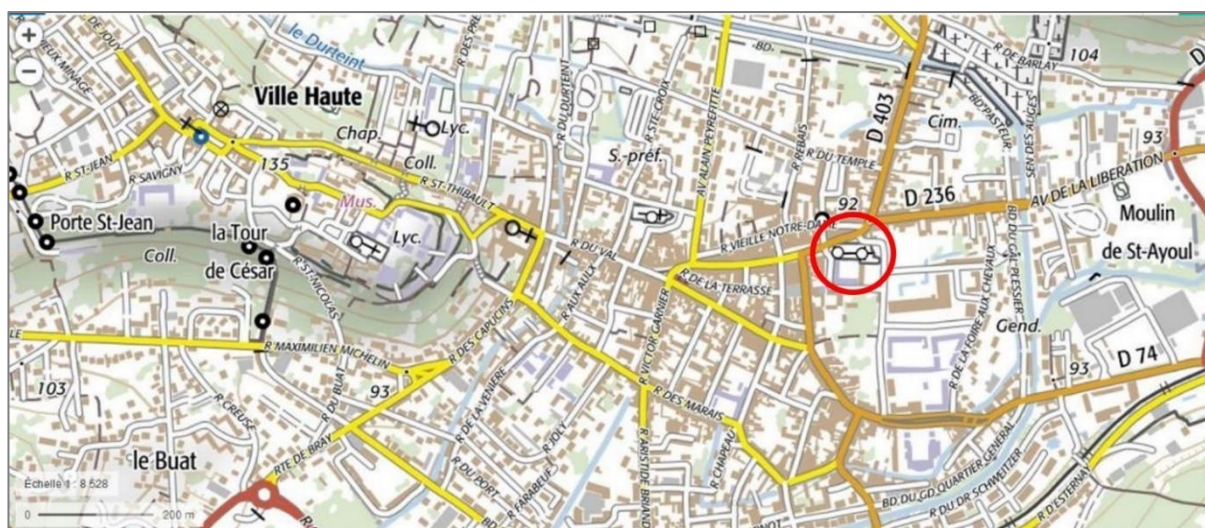


Figure 69. Localisation de l'église Saint-Ayoul par rapport à l'agglomération et à ses fortifications, échelle 1 / 8528, modifié d'après <https://www.geoportail.gouv.fr/carte>

III.2. Aperçu historique

Aucune preuve archéologique ne témoigne d'une occupation antérieure à l'époque mérovingienne (Boisset et Etancelin, 1967). Les premières mentions de la ville remontent à l'an 485, alors que le *castrum* de Provins passe aux mains de Clovis après la victoire de Soissons, puis à 802, alors que Fardulphe, abbé de Saint-Denis, et Étienne comte de Paris, assurent à Charlemagne que les Pruvinois lui sont fidèles (Bourquetot, 1839 ; Veissières, 1988). Après avoir été propriété de la maison d'Herbert II de Vermandois au X^e siècle, la ville passe à Thibaud I^{er} de Blois dit Thibaud le Tricheur (premier compte héréditaire de Blois et ancêtre de la maison de Champagne) lors de son mariage avec Liutgarde, fille d'Herbert II (Mesqui, 1979 ; Guillon *et al.*, 1998 ; Coste, 2006).

Leurs descendants obtiennent le comté de Chartres et en viennent à contrôler une grande région incluant Chalons et Reims. Leurs localisations sur d'anciens axes romains leur fournissent une assise pour développer des relations commerciales à grande échelle, même après la perte des deux villes au XI^e siècle (Mesqui, 1979 ; Guillon *et al.*, 1998 ; Coste, 2006). Les villes de Provins ainsi que Bar-sur-Aube, Troyes, Lagny ou encore Sézanne obtiennent alors un rôle fondamental dans le réseau d'échanges commerciaux (Mesqui, 1980).

Provins se développe dès le XI^e siècle grâce au support des Comtes de Champagne, lesquels décident de la construction d'un palais au Châtel (Garrigou-Granchamp et Mesqui, 1991). L'instauration successive de trois des plus grandes foires de Champagne marque le début d'une période d'important enrichissement (Bautier, 1952 ; Chapin, 1976 ; Mesqui, 1979 ; Boulet-Sautel, 2004). Les premières attestations de ces foires commerciales remontent au X^e siècle avec une mention lors du transfert des reliques de Saint-Ayoul en 996-999 (Bautier, 1952), puis 1089 (Veissières, 1988) et 1137 (Chedeville *et al.*, 1980). La première est celle de Saint-Martin et se tient au Châtel à l'ouest du castrum, entre le 30 novembre et le 1^{er} janvier. S'ensuit à partir de 1141 la foire de Saint-Quiriace dans la ville-haute, qui dure 46 jours à partir du mardi précédant l'Ascension, et celle de Saint-Ayoul entre le 14 septembre et le 1^{er} novembre, installée près du prieuré (Garrigou-Granchamp et Mesqui, 1991).

Ces foires, très règlementées, sont spécialisées dans le commerce du drap de Provins et de Hollande, ainsi que dans les cuirs et les épices (Bautier, 1952). Elles centralisent les flux commerciaux venus d'Italie et d'Europe du nord (Le Mené, 1977). La ville, située à la frange occidentale du domaine champenois, constitue de plus la première forteresse rencontrée de Paris à Troyes, une marche contrôlant les axes principaux de transport ouest / est et nord-ouest / sud-est, ce qui accentue son rôle de pôle d'échanges (Mesqui, 1979). La richesse des drapiers conduit la ville à frapper sa propre monnaie, le denier provinois, qui s'impose jusqu'à être reconnu dans toute l'Europe occidentale (Guillon *et al.*, 1998). La tutelle du comte de Champagne constitue un moteur de ce développement. Les marchands se rendant à la foire sont en effet dépositaires d'un « conduit », protection du seigneur s'exerçant bien au-delà du territoire de ce dernier. La sécurité de l'événement est, de plus, assurée dès le XII^e siècle par un corps de garde seigneurial chargé de l'organisation et du contrôle du respect des règlements (Bautier, 1952). La ville se structure autour de ces activités commerciales : les faubourgs nés des foires se stabilisent d'une année sur l'autre et donnent naissance à la ville basse. L'enceinte du XIII^e siècle marque alors les limites du développement urbain du Châtel et du Val (Mesqui, 1979). Le provinois, partie nord-est du diocèse de Sens, bénéficie de la présence de nombreux

établissements religieux implantés dès le XI^e siècle avec l'appui de la noblesse locale (figure 74) : la collégiale de Saint-Quiriace (1019), le prieuré bénédictin de Saint Ayoul) en 1048, le prieuré bénédictin de Sainte Croix et la chapelle de Saint-Thibault à la fin du XI^e siècle (Guillon *et al.*, 1998 ; de Mecquenem, 2007).

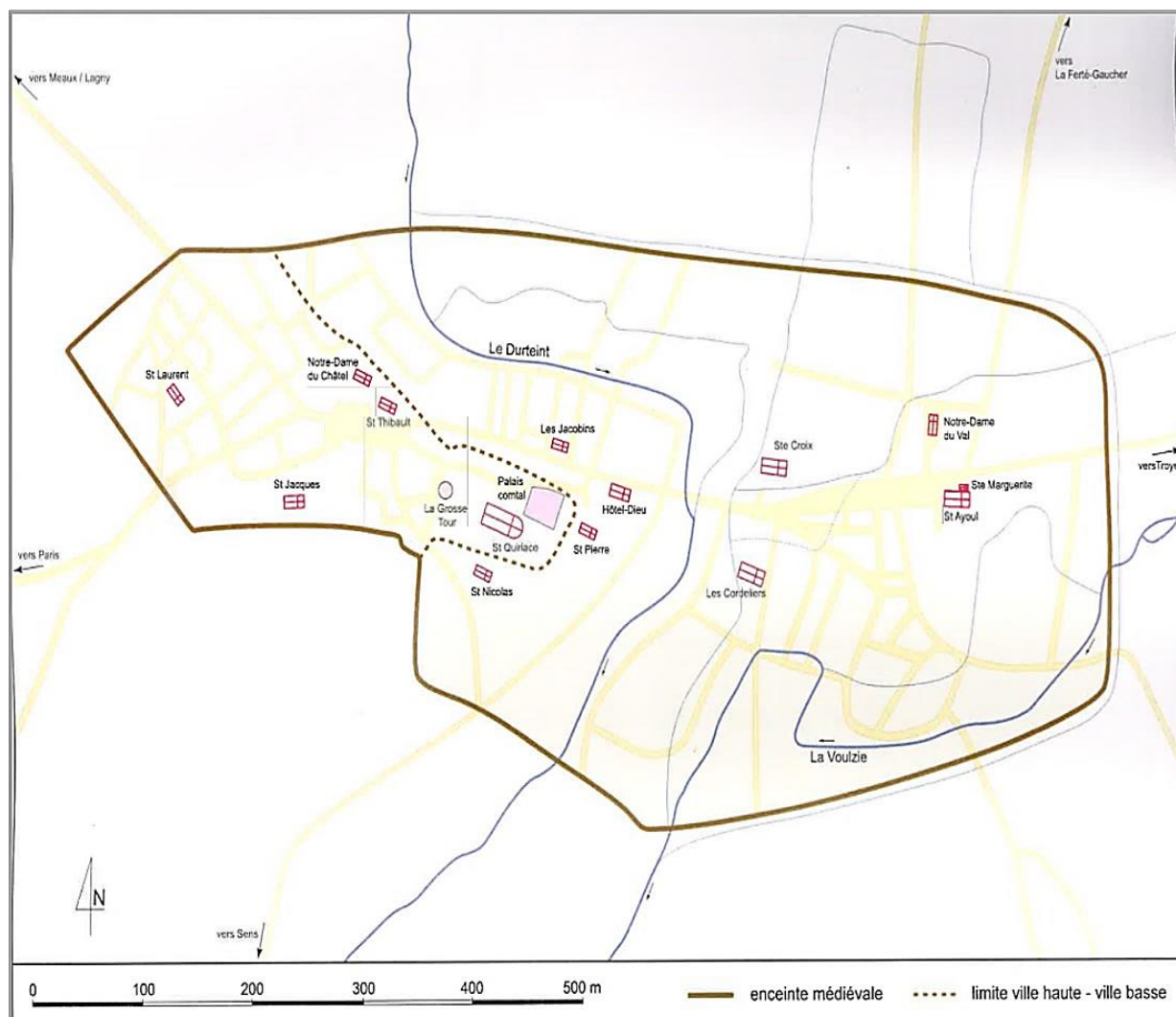


Figure 70. Les principaux établissements religieux de Provins et le prieuré de Saint-Ayoul, d'après de Mecquenem (2007, fig. 2)

Sont également fondées l'abbaye de Saint-Jacques de l'ordre de Saint Augustin en 1157, la maison des Templiers en 1193 et la collégiale de Notre-Dame-du-Val en 1196 dans le faubourg de Fontenay (figure 74). La ville compte 4 églises paroissiales (Saint-Quiriace, Saint-Ayoul, Sainte-Croix et Saint-Pierre). L'absence de centralisation (par un siège épiscopal local ou un établissement monastique de premier plan) permet cette accumulation d'établissements (de Mecquenem, 2007). Deux d'entre elles, la chapelle de Saint Thibault et l'église Saint-Ayoul, attirent particulièrement les pèlerins du fait de la présence de reliques (le moine Saint-Ayoul est en effet connu comme celui qui aurait ramené les reliques de Saint Benoît).

Le prieuré Saint-Ayoul (figure 74) tient un rôle éminent en tant que bénéficiaire et organisateur de la foire, se plaçant au centre du développement des échanges (de Mecquenem, 2007). Au XIII^e siècle il accueille des ordres mendiants, les Franciscains en 1233, les Clarisses en 1240 / 1250 et les Frères pêcheurs en 1269 (Guillon *et al.*, 1998).

L'ensemble du pouvoir administratif, commercial et religieux de la ville s'effrite dès la fin du XIII^e siècle. En 1285, le mariage de Jeanne I^{ère} de Navarre, héritière de la Champagne, avec Philippe IV dit Philippe-le-Bel, met fin au rôle politique de la ville avec son rattachement à la couronne (Bautier, 1952 ; de Mecquenem, 2007). À partir du XIV^e siècle, la région se trouve également confrontée à la baisse des activités commerciales de la draperie. Le développement du trafic maritime avec l'établissement de routes directes par Gènes et Venise entre 1297 et 1317, ajoutés à l'industrialisation de l'Italie, les évolutions du marché des métaux précieux ainsi que l'attrait croissant du pôle parisien lui font perdre son rôle de carrefour entre l'Italie et les Pays-Bas (Bautier, 1952 ; Braudel, 1994). Les conflits politiques et l'interruption du commerce avec la Flandres constitue également une gêne (Bautier, 1952). La ville perd son rôle de pôle d'échanges commerciaux, même si ses activités de marché financier lui permettent de maintenir une prospérité jusqu'au tout début du XIV^e siècle (Bautier, 1952). La situation économique régionale empire toutefois avec la Guerre de Cent ans (1337-1453), puis avec l'occupation de la ville de Provins à deux reprises par les Anglais (en 1417 et entre 1432 et 1433). Des émeutes sur fond de malaise social apparaissent (Chedeville *et al.*, 1980). Cette dégradation de la situation s'accompagne de la hausse des épidémies et de la mortalité, avec une diminution de la population citadine au profit des campagnes. À la fin du Moyen-Âge, Provins n'est plus qu'un centre urbain de second ordre (Garrigou-Granchamp et Mesqui, 1991).

III.3. L'église paroissiale et le prieuré de Saint-Ayoul, Provins (France)

Après un premier « miracle » survenu en 996 sont exhumés dans la chapelle Saint-Médard des restes appartenant vraisemblablement à un personnage dénommé Ayoul, ainsi que les vestiges d'un culte relatif à ces ossements (de Mecquenem, 2007). Ces restes sont réinhumés dans un tombeau maçonné construit dans la chapelle par Sewin, l'archevêque de Sens. Afin de pérenniser le culte, le Comte Thibaud I^{er} fonde le prieuré bénédictin de Saint-Ayoul en 1048 sur l'emplacement de l'ancienne chapelle devenue église paroissiale. Il confie sa gestion à des moines de Montier-la-Celle, près de Troyes (Maillé, 1939). Ceux-ci construisent une église à déambulatoire et chapelles rayonnantes (Macintyre, 1993) ainsi que des bâtiments conventuels. Le culte du saint provinois Ayoul est alors assimilé au culte d'un autre Ayoul ou Aigulphe,

abbé de Lérins originaire de Blois, martyrisé vers 675 sur l'île italienne de Capraia (Maillé, 1939). Détruite en 1157 par un incendie, l'église est reconstruite et embellie grâce aux dons pour les reliques de Saint-Ayoul (Maillé, 1939). Au XIII^e siècle, sa nef est reconstruite puis la partie méridionale du chevet est remplacée par le chœur des Bénédictins (figure 75). Cet édifice impose une séparation entre les paroissiens et les religieux lors des offices et traduit l'émergence de fortes dissensions entre les communautés, les religieux accusant les paroissiens de les troubler dans leur office.

Entre la fin du XV^e et le début du XVI^e siècle, le prieur Charles de Refuge construit une seconde abside de dimensions légèrement inférieures à la précédente. Les différends ne cessent pourtant d'augmenter jusqu'à ce que l'édification d'un mur, reliant le mur ouest du bras nord du transept au mur ouest du bras sud en 1527, ne sépare définitivement les deux groupes dans l'édifice. La nef de l'église est alors laissée aux paroissiens, et le prieuré aux religieux. Les deux parties connaissent tout de même des rénovations et travaux : un nouveau clocher ainsi qu'un nouveau cloître sont édifiés vers 1533 sous le priorat d'Etienne Roisard, un nouveau collatéral est construit au nord de l'église paroissiale sur une partie du cimetière, puis une maison priorale sous le priorat de Jean Bourgeois entre 1753 et 1763 (Guillon *et al.*, 1998). La partie régulière de l'église ainsi que le cimetière attenant sont abandonnés à la Révolution (Guillon *et al.*, 2002). Le prieuré est vendu en lots et fait en partie office d'écurie ou de bûcher avant d'être acheté par la municipalité de Provins et d'être classé Monument Historique. Le cimetière est converti en jardins tandis que la partie paroissiale de l'église n'a pas cessée d'être utilisée jusqu'à aujourd'hui (Guillon *et al.*, 1998).

III.4. Les interventions archéologiques

Des premiers sondages effectués en 1939 par M. Bray mettent au jour la « piscine » du mur sud de l'abside, dissimulée sous des enduits et comblée par des éléments de maçonnerie. Un sondage au centre de l'abside (figure 75) permet alors de dégager la partie inférieure d'un autel ainsi que deux rangs de colonnettes tronquées et un sol de carreaux. Ces premières découvertes aboutissent à la mise en place d'un premier chantier archéologique en 1953 (figure 76) alors que le secteur appartient à l'armée, chantier entrepris sans archéologue par M. Arnaud, sous-préfet de Provins, ainsi que par le lieutenant Laurent de la gendarmerie locale. Ils mettent au jour une partie du déambulatoire et de la chapelle du XII^e siècle, ainsi que le sol de carreaux et des statues colonnes.

Le chantier est repris par M. Creuzot, Architecte en chef des Monuments historiques, qui poursuit les fouilles dans la partie orientale du chœur du XVI^e siècle et découvre le chœur primitif et la chapelle axiale. En 1954, une demande de rétrocession du terrain par le ministre de l'Éducation nationale au Secrétaire d'état à la guerre est réalisée, et aboutit en 1957.

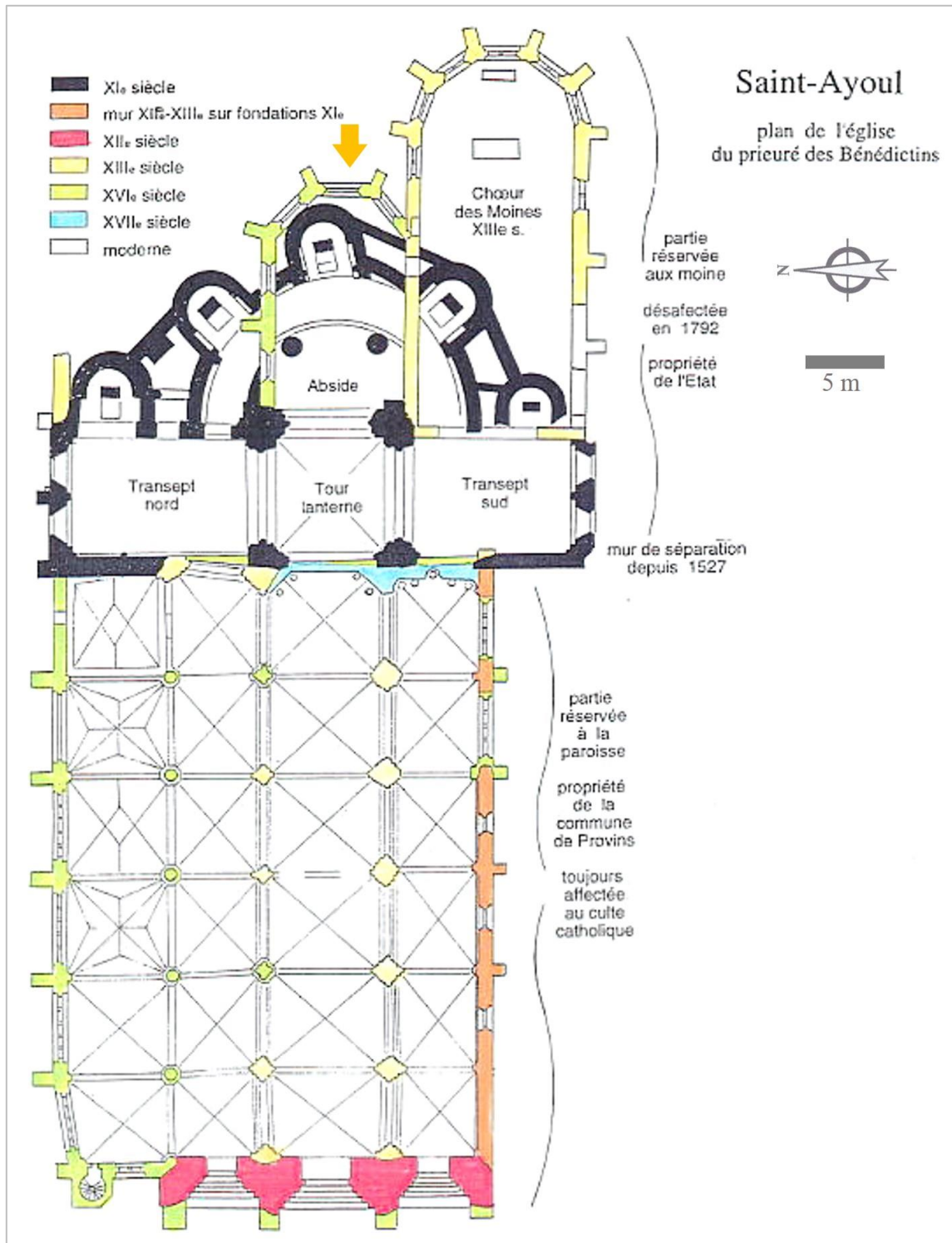


Figure 71. Plan chronologique schématique du prieuré saint-Ayoul, modifié d'après de Mecquenem (2007, fig. 8)

La chapelle des bénédictins est restaurée jusqu'à la charpente et la couverture (Guillon *et al.*, 1998). Un diagnostic est effectué en 1996 afin d'estimer l'intérêt archéo-anthropologique de l'église Saint Ayoul (Guillon *et al.*, 1998). La découverte de sépultures en place dans l'église et dans le cimetière paroissial induit la décision en 1997 de lancer des fouilles programmées entre 1997 et 1999 (Guillon *et al.*, 1998). Ces fouilles programmées fournissent l'échantillon archéologique inclus dans notre corpus ostéologique, lequel comporte 35 individus dont l'âge a été évalué entre 26 et 46 s.a (Cf. *infra*, chap. V, III).

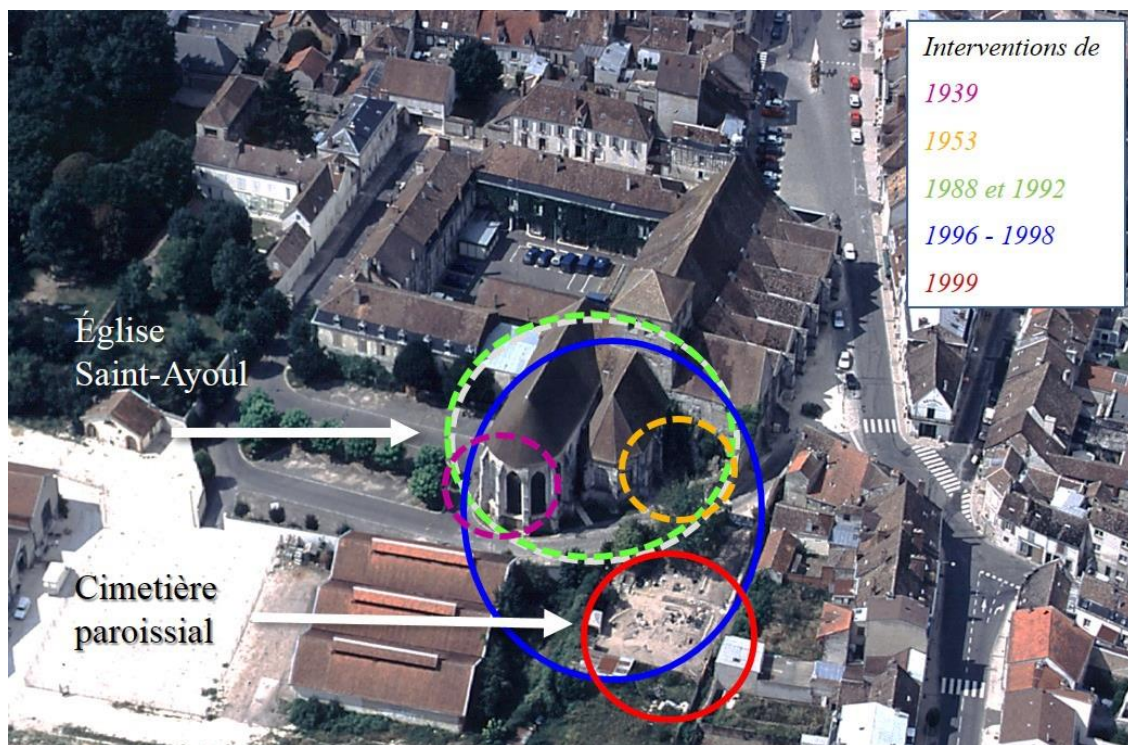


Figure 72. Interventions sur le site de Provins, modifié d'après cliché Ulm « Laurent Photo »

Les problématiques des opérations archéologiques se sont articulées autour de la restitution des gestes et appareils funéraires, ainsi que sur la distribution par âge des populations inhumées (Guillon *et al.*, 1997, 1998, 2002). Les recherches à l'intérieur de l'église, partagée par deux communautés distinctes, se sont attachées à étudier le recrutement de la population inhumée et à distinguer une chronologie relative entre les sépultures (Guillon *et al.*, 1998). L'étude du cimetière s'est concentrée sur la distribution par âge de la population inhumée ainsi que sur les variations chronologiques d'utilisation du secteur. La campagne de 1997 a concerné le bras sud du transept de l'église ainsi que le secteur du déambulatoire et avait pour but de retrouver les limites de la fouille de 1992 et d'étudier les gestes mortuaires et le recrutement des sujets inhumés dans l'église. L'intervention sur le cimetière avait pour objectif d'augmenter le corpus de sépultures et de compléter les études topographiques et démographiques.

La campagne de 1998 a permis de poursuivre les objectifs de la campagne précédente, et d'aborder les questions de la typologie funéraire (Guillon *et al.*, 1998). Les interventions se sont poursuivies en 2001 et 2002 en prévision des travaux de restauration des élévations du transept de la priorale (de Mecquenem, 2003, 2007).

III.5. Travaux de recherche de Portat (2018)

Le site du prieuré Saint-Ayoul a constitué le cœur d'un travail de thèse portant sur la mortalité fœto-infantile et les comportements funéraires associés à cette classe d'âge (Portat, 2018). Ce travail constitue une synthèse complète sur l'historiographie de l'enfant au Moyen-Âge, ainsi que sur l'étude démographique et archéo-anthropologique du site de Provins. Il inclut le dépouillement et l'étude de l'ensemble des registres paroissiaux d'état civil conservés à partir du XVI^e siècle, avec la transcription des âges des individus immatures et leur vérification dans les actes de baptême. Ce travail étant extrêmement récent et complet, nous n'aborderons pas ici les aspects relatifs à la gestion des espaces funéraires et à l'étude archéo-anthropologique des sujets immatures de Saint-Ayoul, et nous orientons le lecteur vers cette étude pour des données relatives à ces axes de recherche.

IV. Problématique archéo-anthropologique commune des sites de Provins et Blandy-les-Tours : la pratique du répit et ses estimateurs archéologiques

De nombreux arguments bio-archéologiques et historiques ont amené les chercheurs à proposer l'hypothèse de l'existence de la pratique du répit (*Cf. supra*, chap. I, III.3.) sur les sites de Provins et de Blandy-les-Tours. La question s'est posée en premier lieu pour le site du prieuré Saint-Ayoul, face à la concentration extraordinairement élevée d'individus décédés en période périnatale (figure 77) dans les parcelles 223 et 52 (Portat, 2018). L'hypothèse est appuyée par la mise en évidence d'un culte particulier dont faisaient l'objet respectivement la Sainte Vierge et Sainte-Marguerite, toutes deux faisant partie des saints auxiliaires, groupe de quatorze saints identifiés comme particulièrement accessibles aux prières. La ville comporte plusieurs sanctuaires en l'honneur de la Vierge, dont une chapellenie dans l'église Saint-Ayoul. Sainte Marguerite est quant à elle mentionnée par la légende comme sortant indemne de la gueule du diable incarné en dragon, et cela à l'issue de nombreuses tortures (Portat, 2018). D'après le mythe populaire, elle aurait adressé au ciel avant de mourir la requête selon laquelle « toute femme en couches en danger qui l'invoquerait mettrait au monde un enfant indemne » Jacques de Voragine, XIII^e siècle, traduction de Brunet, 1967, p. 453, citée par Portat 2018, p. 488).



Figure 73. Plan de situation d'après le plan du cadastre de 1988 (service cadastral de la ville de Provins). Localisation des deux secteurs principaux de la fouille dont les individus de notre corpus sont issus, DAO S. Piéra et M. Guillon, université Paris I et Inrap, d'après Guillon (2008, plan 1)

La légende devient un véritable succès au XIII^e siècle, période durant laquelle l'Église réaffirme le caractère impératif du baptême pour bénéficier du Salut. La sainte fait alors l'objet de nombreuses dévotions de la part des parturientes. C'est probablement à cette même période qu'une chapelle dédiée à Sainte-Marguerite est édifiée contre le bras nord du transept de l'église Saint-Ayoul (Portat, 2018). Bien que détruite entre 1826 et 1828, les vestiges de cet édifice sont aujourd'hui identifiables notamment par le portail en arc brisé et une colonnette conservée (figure 78).

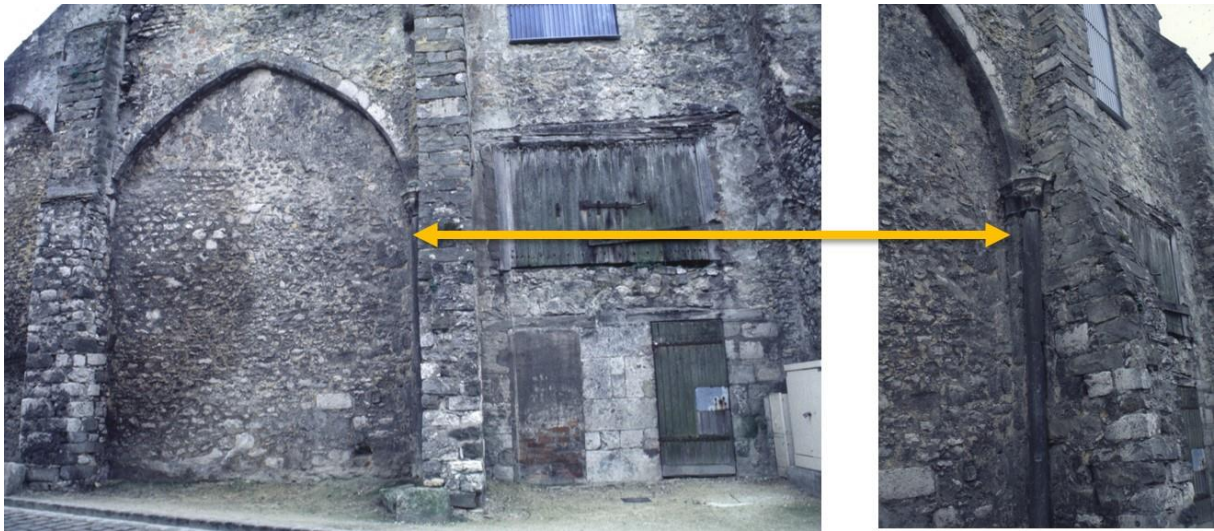


Figure 74. Vestiges actuels de la chapelle Sainte-Marguerite, la flèche jaune indique la colonnette, modifié d'après les photos de M. Guillon

Comme à Provins, le recrutement spécifique d'individus en très bas âge (72 sujets âgés entre 24 s.a. et 30 mois post-partum) constitue également un indice pour l'hypothèse d'un fonctionnement de l'église anonyme de Blandy-les-Tours en tant que sanctuaire à répit (Delattre, 2008). Le site a en effet pour particularité d'avoir livré 22 individus âgés de 24 à 38 s.a., soit près d'un tiers de l'effectif total de sujets immatures. La présence parmi eux d'individus mort-nés (n'ayant donc pas pu faire l'objet d'un baptême *in vivo*) est donc certaine. L'inhumation des tout-petits est par ailleurs datée par l'édification du chevet entre 1000-1050 et le XIII^e siècle, et se trouve géographiquement limitée au pourtour de celui-ci, le reste de la zone semblant faire l'objet d'une utilisation funéraire classique.

L'identification de la pratique du répit et de ses « estimateurs archéologiques » (Portat, 2009, 2018) dans ces deux sites soulève cependant plusieurs difficultés. Pour le site de Provins, aucune trace écrite de cette pratique (récit de miracle) n'est jusqu'alors venue confirmer son existence. La mention répétée à l'identique dans les registres paroissiaux d'inhumations d'enfants ayant vécu « une demi-heure », vraisemblablement des sujets ayant fait l'objet de la pratique, apparaît néanmoins comme une confirmation écrite indirecte (Portat, 2009, 2018), que seules des preuves bio-archéologiques pourraient définitivement entériner. L'enjeu est encore plus complexe pour le site de Blandy-les-Tours, puisque l'obstacle principal à l'identification d'un sanctuaire à répit est la précocité du geste observé. La mise en place de la pratique est en effet identifiée comme remontant au XIII^e siècle (Gélis, 1984 ; Lett, 1997), et non pas au XI^e. Les indices archéologiques en faveur de cette pratique posent donc, de fait, la question de la manifestation du geste avant l'apparition du lieu dédié à ce dernier.

Deux fonctionnements distincts peuvent alors être évoqués, et cela en particulier pour le site de Provins. S'il s'agit de sanctuaires à répit au sens strict, ils fonctionnent alors comme un point de convergence où les enfants décédés avant le baptême peuvent être amenés afin de tenter d'obtenir le miracle du répit, puis le sacrement. Ils peuvent autrement se limiter à faire office de zone d'inhumation dédiée aux enfants ayant bénéficié d'un répit à la maison, enterrés à proximité du lieu consacré pour remercier du miracle la sainte auxiliaire (et notamment Sainte-Marguerite). Les deux fonctionnements peuvent être envisagés comme concomitants.

Synthèse

Les sites de la **nécropole 8B-51 de l'île de Saï (54 individus** répertoriés avec la lettre « S »), de **l'église dite « anonyme » de Blandy-les-Tours (27 individus** notés avec la lettre « B ») ainsi que de **l'église et du prieuré de Saint-Ayoul à Provins (35 individus** notés avec la lettre « P ») se distinguent autant par leurs recrutements exceptionnels (ils sont en tout ou partie dédiés aux individus décédés en période périnatale), que par leur conservation et la qualité des informations issues de la fouille. Si l'ensemble des sujets appartenant à cette classe d'âge a pu être étudié pour la collection soudanaise, des problèmes d'accessibilité aux collections de Blandy et Provins ont malheureusement contribué au fait que certains individus n'ont pas pu être inclus dans notre corpus. Celui-ci s'avère cependant et à notre connaissance être inédit par ses effectifs, puisqu'il comporte un total de **116 individus**.

En rassemblant des individus issus de contextes géographiques et chronologiques diversifiés, la constitution du corpus répondait à une partie des prérequis nécessaires pour les études sur les variabilités inter-populationnelles, voire séculaires. La collection de l'île de Saï, témoin de la diversité biologique de l'Antiquité africaine, est issue d'un milieu à la fois semi-désertique et insulaire (*Cf. supra*, chap. IV, I.2.). Bien que localisé sur le Nil, un des principaux axes de communication nord / sud du continent, le site demeure potentiellement propice à une relative endogamie. Le fait que la nécropole semble avoir été en activité sur une période courte octroie à la collection un statut « d'instantané » de la diversité locale. L'absence d'écriture est, de plus, en partie responsable d'une méconnaissance du contexte culturel et des pratiques funéraires de ce qui constitue pourtant l'un des plus grands royaumes du territoire africain.

L'échantillon médiéval et moderne est au contraire issu d'un contexte de flux populationnels importants, autant à l'échelle historique de par l'essor démographique occidental qui caractérise la période du Moyen-Âge, que par la localisation toute particulière

de la ville de Provins. Sous l'impulsion de ses foires pluriannuelles, le centre urbain fait office de pôle commercial majeur à l'échelle européenne (*Cf. supra*, chap. IV). Avec des milliers de personnes s'y rendant et y séjournant, la ville acquiert une forte densité populationnelle et devient un important foyer de mise en nourrice. Quoique d'ampleur urbaine bien inférieure, la ville de Blandy-les-Tours est elle-aussi inscrite dans le maillage déjà dense du Bassin parisien. Son échantillon constitue, avec celui de l'église Saint-Ayoul, un corpus médiéval et moderne à la fois géographiquement cohérent et en continuité chronologique sur plusieurs siècles. La très bonne connaissance historique de la période et du statut social théorique du tout-petit ajoute encore à l'intérêt d'une recherche biologique.

La caractérisation biologique de cet échantillon (*Cf. infra*, chap. V) représente une seconde étape permettant de valider l'étendue du spectre des âges. Ce second critère constitue un prérequis pour l'étude des variations anthropométriques autant que pour celle des marqueurs de vitalité, morbidité et mortalité.

Chapitre V.

Corpus archéologique, caractérisation biologique et sélection des individus

« L'utilisation d'un standard de croissance dans une population autre que celle ayant servi à le construire n'est légitime que si la composition de l'échantillon de référence (composition ethnique et socio-économique, incidence des différentes formes de pathologie maternelle et fœtale) est voisine de celle de la population à étudier »
(Guihard-Costa, 1998, p. 261).

En l'absence de méthodes d'identification du sexe fiables et applicables à toute la classe d'âge (*Cf. infra*, chap. V, I.), l'estimation de l'âge demeure l'un des enjeux fondamentaux de l'étude biologique des individus immatures (Cunha *et al.*, 2009). De sa fiabilité et de sa précision dépend la portée du raisonnement autant archéo-anthropologique que paléodémographique, palethnologique ou encore médical (Bruzek *et al.*, 1997). Cet axe d'étude a, de fait, été investi très tôt par la recherche (*e.g.* Pryor, 1907 ; Scammon et Calkins, 1923 ; Huxley, 1924), ce qui a donné lieu depuis le XIX^e siècle à l'apparition d'une multitude de méthodes appliquées sur un grand nombre de paramètres métriques ou non métriques. Dans sa revue critique des méthodes d'estimation de l'âge des individus immatures, Corron (2016) en recense après sélection un minimum de 256, en majorité publiées récemment, et cela malgré la mise en évidence régulière de l'importance d'une homogénéisation des méthodes (Ferembach, 1980 ; Garcin, 2009).

Le fait que les méthodes soient élaborées à partir de populations de référence est aujourd'hui unanimement démontré comme l'un des critères justifiant de la qualité de l'estimation (Sellier *et al.*, 1997).

Ce critère s'appuie sur l'hypothèse selon laquelle, pour les individus au stade fœtal ou néonatal, la variabilité non pathologique serait faible, voire négligeable (Choi et Trotter, 1970 ; Bruzek *et al.*, 1997 ; Portat, 2018). Ce postulat, qui fait l'objet de discussions, a été longtemps encouragé par le fait que les perspectives de l'étude de la croissance étaient majoritairement cliniques (Corron, 2016). Il s'agit principalement d'estimer si le développement d'un individu appartient à un spectre de « normalité » assimilé au « non-pathologique ». L'émergence de l'estimation de l'âge en tant qu'objectif méthodologique (Corron, 2016) oriente cependant de plus en plus vers la mise en évidence d'une diversité (Guihard-Costa, 1998).

Si l'utilisation d'une population de référence n'est pas à remettre en cause, elle ne peut toutefois se départir du biais difficilement réductible que constitue l'existence de cette variabilité des phénomènes de croissance (*Cf. supra*, chap. II, III.2.). Celle-ci rend fortement discutable l'application d'un standard dans une population issue d'un contexte différent de celle ayant servi à son élaboration (Bruzek *et al.*, 1997 ; Guihard-Costa, 1998 ; Liversidge *et al.*, 1998 ; Cameriere *et al.*, 2007 ; Lewis, 2007 ; Cunha *et al.*, 2009 ; Garcin, 2009 ; Rissech *et al.*, 2013 ; Corron, 2016). Le respect du principe d'application des méthodes à un contexte proche de celui de leur élaboration est toutefois presque impossible dans le cadre d'une recherche sur des populations anciennes, où sont appliquées des méthodes standardisées construites à partir de l'analyse de populations récentes, voire médico-légales (Corron, 2016). De même, non seulement les méthodes d'estimation de l'âge sont « population-dépendantes » (Corron, 2016), mais leur fiabilité et leur précision, même excellentes, ne garantissent pas que l'âge estimé corresponde à l'âge réel de l'individu. Dans un cas de retard de croissance *in utero* par exemple, l'individu présentera un âge sous-estimé par rapport à l'âge réel, et l'estimation nécessiterait une réévaluation à partir d'autres critères. Si l'estimation de l'âge des individus décédés en période périnatale reste l'une des plus précises comparativement aux méthodes appliquées aux autres classes d'âge, elle demeure bien, dans la majorité des cas, une évaluation. Elle est donc à nuancer, voire à ajuster, par une meilleure connaissance de la variabilité ostéologique de cette période de la vie (Lunt et Law, 1974 ; Schmeling *et al.*, 2007 ; Cunha *et al.*, 2009).

Dans ce chapitre, nous reviendrons ainsi sur les démarches de caractérisation biologique des individus non-adultes (détermination du sexe et estimation de l'âge), avant de présenter la démarche choisie pour la présente étude.

I. La détermination du sexe des individus immatures

La détermination du sexe est à la base de l'étude biologique des individus adultes, pour lesquels le développement des traits morphologiques à la puberté garantit aux méthodes morphologiques et métriques une fiabilité à plus de 95 % (Bruzek, 2002 ; Murail *et al.*, 2005 ; Bruzek *et al.*, 2017). Cette détermination demeure pourtant un obstacle dans le cadre de l'étude d'individus immatures. Jusqu'à récemment, aucune méthode fiable n'avait en effet pu être élaborée, l'obstacle principal demeurant l'immaturité des caractères sexuels secondaires identifiables sur le squelette.

Le dimorphisme du squelette immature a en premier lieu fait l'objet de nombreux travaux, ces derniers s'attachant en particulier à l'analyse de l'ilium (Trotter et Peterson, 1969 ; Bruzek, 1985 ; Schutkowski, 1987, 1993 ; Hunt, 1990 ; Holcomb, 1992 ; Majó, 1992 ; Majó *et al.*, 1993 ; Holcomb et Konigsberg, 1995 ; Adalian, 2001 ; Adalian et Boutin-Forzano, 2001 ; Loth et Henneberg, 2001 ; Coqueugniot *et al.*, 2002 ; Coussens *et al.*, 2002 ; Scheuer, 2002 ; Vlak *et al.*, 2008). La présence de différences morphologiques significatives n'impliquant pas des capacités discriminantes suffisantes pour permettre l'établissement d'une méthode de détermination, les méthodes morphologiques les plus abouties ne présentent pas des taux de fiabilité suffisants. Adalian et Boutin-Forzano (2001) parviennent à une fiabilité de 89 % pour certaines variables une fois intégré le paramètre de l'âge, mais de 66,27 % pour l'ensemble de la régression logistique. La méthode n'est toutefois pas applicable à l'ensemble de la classe d'âge périnatale, et apparaît surtout comme pertinente pour les sujets de moins de 26 s.a.

Le dimorphisme sexuel des tissus dentaires (dimensions des couronnes ou proportions relatives des tissus) a également été considéré pour la détermination du sexe des individus immatures. Les méthodes élaborées à partir des dents permanentes demeurent toutefois peu fiables (Cardoso, 2008). Il n'existe donc à l'heure actuelle aucune méthode permettant une détermination du sexe pour l'ensemble de la classe d'âge à partir d'indicateurs morphoscopiques ou morphométriques (Ferembach *et al.*, 1979 ; Bruzek, 1985).

L'analyse génétique est pour sa part une option fiable, mais qui demeure coûteuse, chronophage, et fortement dépendante de l'état de conservation de l'ADN et de la prise en compte des contaminations (Waldron *et al.*, 1999 ; Tierney et Bird, 2015). Elle reste ainsi difficilement applicable en première intention dans le cadre de l'étude biologique de séries d'individus immatures, et davantage envisageable pour des études de cas.

Une nouvelle méthode, élaborée par Stewart et collaborateurs (2017) apparaît toutefois comme extrêmement prometteuse, car fiable à 100 %, peu destructive et potentiellement applicable au cours des études de routine. Elle est fondée sur l'analyse d'acides de surface de l'émail dentaire par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse, et identifie la présence d'amélogénines (protéines responsables de la formation de l'émail) dont la forme est différente selon le sexe de l'individu ("*sex chromosome-liked isoforms*"). Cette méthode ne nécessite qu'un prélèvement limité au niveau de la surface dentaire, tissu qui a par ailleurs pour avantage d'être souvent très bien conservé. Cette méthode apparaît à l'heure actuelle comme une réponse, probablement prochainement généralisable, à cette problématique ancienne.

II. L'estimation de l'âge des individus immatures

L'estimation de l'âge constitue un préalable à toute interprétation de données à l'échelle individuelle (étude de cas) autant que populationnelle (recrutement d'un ensemble funéraire). L'enjeu des méthodes est d'acquérir, à partir de vestiges osseux, une approximation de l'âge chronologique ou réel de l'individu (donnée généralement non accessible dans les populations du passé, Cf. *supra*, chap. I, I.1.) constituant un compromis entre fiabilité (probabilité d'appartenance à une classe d'âge) et précision (intervalle le plus réduit possible). Cette estimation se fonde sur une ou plusieurs variable-s corrélée-s soit à la croissance, soit à la maturation, et passe par le calcul d'un âge dentaire ou squelettique. La fiabilité et la précision d'une méthode sont garanties par plusieurs critères (Corron, 2016), incluant notamment l'utilisation, pour son élaboration et pour sa mise à l'épreuve, d'une population de référence (constituée d'individus d'âges connus au préalable) d'un effectif considéré comme suffisant, ainsi que la proposition d'intervalles de confiance, paramètre d'évaluation de la précision des estimations en exprimant l'incertitude par rapport à la moyenne de celles-ci (Morey, 2008).

Au vu du très grand nombre de méthodes pour déterminer l'âge au décès des sujets immatures élaborées depuis le XIX^e siècle, nous ne présenterons ici que les plus couramment utilisées dans la recherche actuelle, une synthèse critique complète étant disponible dans la thèse de Corron (2016). En ce qui concerne les individus non-adultes, nous proposons de distinguer l'estimation de l'âge des individus immatures en général (classiquement les individus entre 0 et 19 ans) de celui des individus décédés en période périnatale.

II.1. L'âge dentaire, maturation et éruption

Le processus physiologique considéré comme le mieux corrélé à l'âge réel et le moins influencé par les facteurs environnementaux est la maturation dentaire (Moorrees *et al.*, 1963b ; a ; Ferembach *et al.*, 1979 ; Liversidge *et al.*, 1998 ; Heuzé, 2004 ; Liversidge et Molleson, 2004 ; Braga *et al.*, 2005 ; Smith *et al.*, 2006 ; Rösing *et al.*, 2007 ; Cardoso, 2008 ; Heuzé et Braga, 2008 ; Heuzé et Cardoso, 2008 ; Corron, 2016 ; Nava *et al.*, 2017a ; b). Elle fournit pour les individus entre 6 mois (minéralisation des premiers germes) et 12 / 14 ans (maturation complète de la deuxième molaire) l'âge le plus précis et le plus fiable. Les méthodes les plus récentes pour l'obtention d'un âge dentaire « absolu » prennent en compte la formation de la dent à l'échelle microscopique, grâce à l'observation des stries de croissance dentaires, parfois à partir de la ligne néonatale sur les dents déciduales (Weber et Eisenmann, 1971 ; Whittaker et Richards, 1978 ; Smith *et al.*, 2006 ; Smith, 2008 ; Rozzi, 2010 ; Tafforeau *et al.*, 2012 ; Nava *et al.*, 2017b). Ces protocoles présentent pour principal inconvénient d'être destructifs, en dehors des études micro-tomographiques en cours de développement, difficilement applicables à un large échantillon (Lampl *et al.*, 2009 ; Nava *et al.*, 2017b).

La méthode non-destructive considérée comme la plus fiable (Corron, 2016) d'estimation de l'âge dentaire est celle de Moorrees (1963b ; a). Elle est fondée sur le processus de minéralisation et permet d'attribuer un stade de calcification à trois dents déciduales et dix dents permanentes. Élaborée à partir de radiographies sur une population actuelle, la méthode prend en compte les différences entre les sexes et est applicable sur de nombreuses dents, y compris des dents isolées. Il s'agit d'un avantage certain dans le cadre d'une étude biologique de collections archéologiques et tout particulièrement en contexte de sépultures collectives. Même si les germes dentaires des dents déciduales sont tous présents avant 6 mois post-partum, ils ne constituent cependant pas à l'heure actuelle un paramètre à considérer en première intention pour l'estimation de l'âge des individus décédés en période périnatale (Corron, 2016). Les résultats obtenus avec la méthode de Moorrees (1963b a et b) se présentent sous la forme de l'union de deux intervalles centraux (l'intervalle correspondant à un individu masculin ajouté à l'intervalle correspondant à un individu féminin) auxquels se rajoutent les intervalles de confiance. Bien que très fiable, la méthode n'offre pas une précision suffisante pour la classe d'âge des tout-petits, ce qui constitue un frein pour les études biologiques. Plusieurs autres méthodes sont élaborées à partir de la minéralisation dentaire, dont celle de Liversidge et Molleson (2004) sur les dents déciduales. Les estimations ont été affinées par des approches statistiques différentes (Braga *et al.*, 2005 ; Heuzé et Braga, 2008).

Si la méthode de Demirjian (1973) n'est pas utilisable sur les individus décédés en période périnatale, la méthode de Liversidge et Molleson (2004) présente comme inconvénient d'avoir été élaborée sur la population de la crypte de Christ Church de Spitafields (Londres). Constituée d'individus inhumés entre 1729 et 1852, les mauvaises conditions de vie des sujets étudiés sont susceptibles de constituer un biais en favorisant des retards de maturation dentaire (Heuzé, 2004).

L'estimation de l'âge des individus non-adultes considère en deuxième intention les phénomènes d'éruption dentaire, processus dont la variabilité est considérée comme plus grande que la maturation dentaire. En considérant nos sujets d'étude, ces méthodes, telles que celles de Schour et Massler (1941), d'Ubelaker (1978) ou Foti et collaborateurs (2003) ne sont pas applicables à notre corpus, tout comme celles utilisant de manière conjointe maturation et éruption (AlQahtani *et al.*, 2010).

II.2. Âge squelettique : la croissance osseuse

L'estimation d'un âge squelettique est indispensable en cas d'impossibilité d'utiliser des méthodes d'estimation de l'âge dentaire, même si la susceptibilité du développement squelettique à la variabilité environnementale est supérieure (Ferembach *et al.*, 1979 ; Albert et Greene, 1999). Elles sont élaborées grâce à la constitution de populations de référence, comme par exemple celle du *Mall and Lamb Smithsonian Institute, Anthropological Institute of the National Museum of Natural History, Washington, D.C.*, celle du *Peabody Museum collection*, celle du cimetière municipal de Grenade ou encore de la collection de Bologne (Colombo, 2014). S'il s'agit d'un second choix pour la majorité des classes d'âge immatures, l'utilisation de paramètres de croissance sur le squelette infra-crânien est en revanche à privilégier pour les individus décédés en période périnatale, lesquels présentent une phase de très forte croissance (Bruzek *et al.*, 1997 ; Corron, 2016). La longueur diaphysaire est un paramètre anciennement et toujours utilisé afin d'obtenir un âge statural grâce à des tables de référence (Balthazard, 1921 ; Scammon et Calkins, 1923 ; Maresh et Deming, 1939 ; Krogman, 1941 ; Palkama *et al.*, 1962 ; Fazekas et Kósa, 1978 ; Sellier *et al.*, 1997 ; Adalian, 2001 ; Adalian *et al.*, 2002 ; Piercecchi-Marti *et al.*, 2002 ; Franklin, 2010). Certaines méthodes, comme celle élaborée par Fazekas et Kósa (1978), sont applicables à plusieurs longueurs diaphysaires, ce qui constitue un avantage appréciable en contexte archéologique.

II.3. Âge squelettique : la maturation osseuse

Les abaques de référence sur la maturation squelettique donnant les âges d'apparition et de fusion des points d'ossification secondaires (Birkner 1980, Scheuer et Black 2000, Greulich et Pyle 1981) constituent moins des méthodes que des référentiels à utiliser en tant qu'indicateurs certes utiles, mais imparfaits. Certains traits comme le point de Béclard, précurseur de l'épiphyse distale du fémur, ou le point de Todd, point précurseur de l'épiphyse proximale du tibia, sont classiquement considérés comme des marqueurs signalant un individu à terme (Tillier et Duday, 1990b). Le premier est censé, selon la littérature scientifique, être visible à partir de 32 s.a. et mesurer entre 5 et 7 millimètres à 37 s.a. Le second apparaîtrait entre 33 et 34 s.a. (Riethmuller *et al.*, 2004 ; Ecra *et al.*, 2011). Outre la variabilité d'apparition de ces caractères, point sur lequel nous reviendrons par la suite (*Cf. infra*, chap. XI, I.2.), leur représentation non systématique en contexte archéologique n'en fait pas le meilleur élément à prendre en compte pour une estimation de l'âge. Les phénomènes de fusion des points secondaires représentent toutefois des indicateurs particulièrement appréciables pour l'étude d'individus immatures plus âgés (Coqueugniot et Weaver, 2007 ; Coqueugniot *et al.*, 2010).

III. Sélection de la méthode d'estimation de l'âge

Le choix d'un protocole d'estimation de l'âge représente toujours un compromis dépendant autant du type d'échantillon analysé que des objectifs de l'étude. Dans le cas présent, la finalité était double :

- (i) distinguer dans un premier temps dans les trois séries archéologiques les individus décédés en période périnatale telle que définie ici (entre le stade foetal et 2 mois post-partum) des individus plus âgés afin de constituer le corpus ostéologique,
- (ii) disposer d'une estimation assez précise pour permettre de différencier des sous-ensembles et d'étudier la variabilité en fonction de l'âge à une échelle plus fine.

Le choix de la méthode à utiliser a donc été réalisé par exclusion, en s'appuyant notamment sur la revue critique des méthodes d'estimation de l'âge des individus immatures réalisée par Corron (2016). Ce travail de thèse a abouti à la mise en évidence de critères permettant de juger, pour chaque méthode, la fiabilité et la précision des échantillons utilisés ainsi que des démarches statistiques employées. Il avait pour objectif de faciliter et d'homogénéiser le choix des méthodes dans les études biologiques de sujets immatures. Dans la perspective de choisir la méthode adéquate, nous avons sélectionné, parmi celles identifiées par Corron (2016) comme acceptables au regard de ces critères, les protocoles utilisables d'une part sur l'individu décédé en période périnatale, et d'autre part sur os sec (tableau 1).

Élément osseux considéré	Méthode	Âges concernés	Éléments de décision
Germes dentaires	Liversidge <i>et al.</i> (1998, 1999)	0-20	+ estimateur moins soumis à la variabilité environnementale
	Moorrees <i>et al.</i> (1963)	0-25	- précision relative
	Gustafson et Koch (1974)	0-16	- germes non conservés dans une partie de notre corpus
	Hägg et Taranger (1985)	0-18	
Os iliaque	Rissech <i>et al.</i> (2003)	0-97	- pas d'individu au stade fœtal - un seul élément osseux utilisé
	Rissech et Malgosa (2007)	0-97	- pas d'individu au stade fœtal - un seul élément osseux utilisé
Os longs	Micheletti Cremasco et Boccone (2004)	0-15	- pas d'individu au stade fœtal
	Stull <i>et al.</i> (2014 a)	0-12	- pas d'individu au stade fœtal
Fémur	Rissech <i>et al.</i> (2008)	0-97	- pas d'individu au stade fœtal - un seul élément osseux utilisé

Tableau 1. Méthodes applicables sur l'individu décédé en période périnatale et sur os sec, parmi celles considérées comme fiables après la revue critique de Corron (2016), + : avantage ; - : inconvénient ; âges concernés en années

L'applicabilité de ces méthodes a été discutée par rapport aux impératifs de la présente étude. L'obtention d'un âge dentaire « absolu » à partir d'analyses histologiques portant sur la minéralisation (*Cf. supra*, chap. V, II.1.) a été exclue, bien qu'il s'agisse d'une méthode à la fois fiable et précise. Le choix a été fait de conserver dans cette première approche l'intégrité des collections, les méthodes non invasives d'histologie virtuelle étant encore inaccessibles pour des raisons pratiques et notamment financières (Nava *et al.*, 2017b). Les autres méthodes d'estimation de l'âge dentaire ont également été écartées. Les germes dentaires ne sont en effet pas systématiquement conservés dans notre corpus, ce qui aurait impliqué, pour ne pas évincer des individus, d'utiliser conjointement d'autres paramètres.

L'obtention d'un âge à partir de paramètres corrélés à la croissance osseuse a donc été privilégiée. Les méthodes concernées présentent cependant plusieurs inconvénients au regard de la nature de notre corpus :

- (i) celles applicables sur un seul élément osseux sont difficilement utilisables sur un échantillon archéologique au sein lequel la représentation et la conservation des éléments osseux ne sont pas parfaites. Leur utilisation amène donc, soit à exclure du corpus une partie des individus pour lesquels cet élément n'est pas conservés, soit à utiliser une, voire plusieurs, méthodes en complément, ce qui soulève le problème de leur compatibilité.
- (ii) il n'existe pas, parmi les méthodes mises en valeur par Corron (2016), de protocole élaboré sur un corpus comprenant à la fois des individus au stade fœtal, et des individus au stade post-natal. Or, si la relation entre la stature et les dimensions du corps est plutôt linéaire au stade post-natal, elle est en revanche

de type logarithmique pour le fœtus (Bruzek *et al.*, 1997). Les méthodes élaborées sur l'un ou l'autre des échantillons n'étaient donc pas applicables en l'état à notre corpus comprenant des individus de 24 s.a. à 2 mois post-partum. Là-encore, l'utilisation conjointe de plusieurs méthodes n'allait pas sans soulever un certain nombre de biais.

D'un point de vue statistique autant que biologique, effectuer la moyenne de plusieurs estimations d'âge différentes ne permet pas d'aboutir à une estimation plus fiable, bien au contraire (Portat, 2018). Dans la mesure où celles-ci n'ont pas la même fiabilité et sont élaborées sur des populations de milieux et périodes différentes, cela revient à multiplier les biais. La seule possibilité était d'associer les intervalles de confiance, ce qui permet de gagner en fiabilité mais implique de perdre énormément en précision. L'utilisation de méthodes différentes en fonction du sous-échantillon (l'une élaborée sur un corpus de fœtus pour les individus d'âge inférieur à 40 s.a., de même qu'une autre élaborée sur des individus de plus de 40 s.a. pour les sujets plus âgés) était, comme expliqué ensuite, difficilement envisageable. Ces éléments empêchant l'utilisation des méthodes mises en valeur par Corron (2016) pour l'estimation de l'âge dans notre corpus, plusieurs méthodes non sélectionnées par Corron (2016) mais couramment utilisées ont été reconsidérées.

La méthode d'Olivier et Pineau (1958, 1960), qui repose sur une régression logarithmique faisant intervenir la stature, est applicable sur plusieurs éléments osseux et est très souvent employée, y compris en contexte médico-légal. Le corpus utilisé pour élaborer les équations est toutefois très peu documenté (absence d'origine géographique et méconnaissance de l'âge réel). Sa fiabilité est également partiellement contestée par Sellier et collaborateurs (1997), qui obtiennent en la testant sur des échantillons composés d'enfants d'âges connus des résultats concordants avec les âges réels pour les individus décédés en période périnatale, mais discutables, voire non concordants pour les individus plus âgés. La formule de Balthazard et Dervieux (1921) est également fréquemment utilisée en contexte médico-légal, même si la nature de l'échantillon sur lequel elle a été établie, à savoir « les restes osseux de 25 fœtus retrouvés en curant un puits à la campagne » (Adalian, 2001, p. 73), pose particulièrement problème. La méthode d'Akiyoshi (1976), élaborée sur 300 fœtus japonais, offre quant à elle des résultats précis pour des enfants proches du terme, mais n'est pas applicable pour des individus plus âgés. Les tables de Sempé et collaborateurs (1979) ne sont au contraire utilisables qu'après la naissance.

Les équations de Telkkä et collaborateurs (1962), bien qu'intégrant les variations de croissance entre les différentes périodes de l'enfance, sont identifiées par Sellier et collaborateurs (1997) comme applicables uniquement à des enfants entre 5 mois et 1 an en raison des particularités de la population de référence utilisée. Elles ne sont pas non plus utilisables pour des sujets d'âge inférieur à 40 s.a.

Des équations qui ont pour caractéristique de ne pas passer par l'intermédiaire d'une estimation staturale ont été proposées, par exemple celles de Scheuer et collaborateurs (1980). Elles sont destinées aux os longs des membres supérieurs et inférieurs. L'étude a cependant été élaborée sur un échantillon réduit composé de 17 sujets entre 27 et 46 semaines et 65 sujets entre 24 et 40 s.a., ce qui ne permet pas, là-encore, une application au-delà du premier mois post-partum théorique. Il s'agit, de plus, de mesures prises au cours d'exams radiographiques, et il n'a pas été appliqué de facteur correctif limitant les problèmes de déformation visuelle et de mise à plat de la diaphyse. Ces éléments ont conduit à ne pas prendre en compte la méthode de Scheuer et collaborateurs (1980).

La méthode développée par Adalian et collaborateurs (2002) est une des plus récentes et une des plus à même de prendre en considération la variabilité, car elle a été élaborée à partir d'un large effectif de 344 radiographies de fœtus d'âges connus, et présente de plus l'avantage de proposer des intervalles de confiance. Le problème de la concordance entre les mesures obtenues sur radiographies (où l'os est frais et la limite entre l'os et le cartilage difficile à distinguer) et les mesures prises sur os sec (après rétractation de la diaphyse) est soulevé par les auteurs, qui ont intégré l'application d'un correctif. Leur formule n'est toutefois applicable qu'au fémur, ce qui limite son utilisation dans le cadre de l'étude d'un échantillon où la représentation et la conservation de cet élément osseux ne sont pas suffisantes. Elle n'est, de plus, élaborée qu'à partir d'individus d'âge inférieur à 41 s.a. (terme théorique conventionnel en France, à la différence du terme théorique anglo-saxon de 40 s.a. (*Cf. supra*, chap. I, I.1.)), ce qui pose problème pour notre échantillon.

Parmi les méthodes fréquemment utilisées, la méthode de Fazekas et Kósa (1978) permet d'obtenir un âge diaphysaire par l'intermédiaire d'une estimation de l'âge statural, tout en étant applicable à 80 éléments osseux. Elle a été élaborée à partir d'une collection de l'institut médico-légal de Szeged en Hongrie composée de 138 individus âgés de 3 à 10 mois lunaires, dont les squelettes ont été mesurés à l'état d'os sec afin d'établir des équations de régression. La méthode repose toutefois sur un échantillon composé d'individus dont l'âge a lui-même été estimé, ce qui représente un obstacle fondamental à son utilisation (Garcin, 2009).

Cette méthode a cependant fait l'objet d'une révision par Sellier présentée lors d'une communication orale en 1993, testée dans Sellier et collaborateurs (1997) et publiée dans Schmitt et Georges (2008)¹⁵. Les coefficients de corrélation et les écart-types des formules ont été corrigés, et de nouvelles régressions polynomiales logarithmiques ont été proposées pour plusieurs variables. La révision des formules effectuée par Sellier a été testée sur deux échantillons composés de sujets d'âges connus, à savoir une collection de fœtus (échantillon de Finck, 1921) et une collection de nourrissons de cinq à douze mois (échantillon de Maresh, 1943). L'étude des écarts entre stature estimée et stature réelle a confirmé la fiabilité de l'ensemble des équations révisées, de même que la fiabilité des résultats obtenus avec les équations logarithmiques sur des individus d'âge fœtal jusqu'à quatre ans. Malgré les problèmes méthodologiques concernant l'élaboration de la méthode, il s'avère donc que les équations logarithmiques de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier permettent d'obtenir des résultats fiables, les longueurs diaphysaires prises en compte étant de bons estimateurs de l'âge périnatal. Elles définissent les estimateurs les plus fiables pour l'estimation de l'âge osseux, à savoir les longueurs maximales de l'hémi-mandibule, de l'humérus, du fémur, du tibia, de la clavicule, de l'ulna, de la fibula et du radius.

Nous avons privilégié dans un premier temps pour les individus d'âges inférieurs à 41 semaines la méthode d'Adalian (2002), considérée comme la plus rigoureuse en raison de son large échantillon de référence, de la présence d'intervalles de confiance et de l'application du correctif réduisant le biais induit par la mesure sur radiographie. Nous avons étudié pour cela la possibilité de compléter les âges avec les résultats obtenus par la méthode de Fazekas et Kósa (1978) révisée par Sellier. La concordance entre les âges fémoraux obtenus par les deux méthodes a été testée grâce à un test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989), test que nous avons privilégié à un test de corrélation pour des raisons explicitées ci-après (Cf. *infra*, chap. VI, I.2.1.). Le coefficient de concordance obtenu pour l'ensemble des individus de notre corpus pour le côté gauche était inférieur au seuil de 0,95 habituellement considéré pour valider la concordance ($pc = 0,82$), alors qu'il était supérieur au seuil pour les individus d'âge identifié comme inférieur à 39 s.a. ($pc = 0,97$). Ces résultats ont confirmé que la concordance entre les deux résultats ne s'obtient que pour les individus les plus jeunes, et que la variation de croissance entre la période ante- et post-partum est responsable d'un écart systématique au-delà de 41 s.a. entre les résultats des deux méthodes, caractérisé par un âge estimé moindre avec la méthode d'Adalian et collaborateurs (2002).

¹⁵ Pour faciliter la lecture, cette méthode sera par la suite désignée sous l'appellation de Fazekas et Kósa (1978) révisé par Sellier

Il n'était donc pas possible d'utiliser de manière conjointe ces deux méthodes. Celle de Fazekas et Kósa (1978) révisée par Sellier a donc été privilégiée pour plusieurs raisons (les équations correspondantes sont reproduites en annexe (Cf. annexe 1) :

- elle a été validée sur des populations de référence par l'étude de Sellier (1997) et sa fiabilité est donc avérée, malgré les problèmes d'échantillon sous-jacents,
- elle appartient aux méthodes applicables sur plusieurs longueurs diaphysaires et s'adapte donc à la représentation et à la conservation des échantillons archéologiques,
- il s'agit de la seule méthode validée sur un corpus correspondant à celui étudié ici, à savoir une série composée à la fois d'individus au stade foetal et de nouveau-nés.

IV. Sélection des estimateurs d'âge pour notre étude

IV.1. Utilisation conjointe des mesures acquises du côté gauche et du côté droit

Par convention, nous avons privilégié en première intention la variable acquise du côté gauche. Dans les cas où le trait n'était pas observable à gauche, la prise en compte de la variable droite ne pouvait cependant pas être négligée. Il était nécessaire de vérifier que de possibles asymétries n'induisaient pas une différence importante entre les estimations d'âge selon qu'elles étaient obtenues avec la variable gauche et celles de la variable droite. La concordance entre les données acquises du côté gauche et du côté droit pour les éléments osseux utilisés pour l'estimation de l'âge a donc été testée (tableau 2) chez les individus dont les deux côtés étaient conservés grâce à un test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989).

Élément osseux	Variable	Longueurs maximale	Coeff. de concordance
Hémi-mandibule	Md1	mandibule	pc = 0,985
Clavicule	Cl1	clavicule	pc = 0,976
Humérus	Hu1	humérus	pc = 0,998
Ulna	Ul1	ulna	pc = 0,996
Fémur	Fe1	fémur	pc = 1
Tibia	Ti1	tibia	pc = 0,996
Fibula	Fi1	fibula	pc = 0,998

Tableau 2. Résultats des tests de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989) entre les variables acquises du côté gauche et du côté droit pour l'ensemble de l'échantillon par la méthode de Fazekas et Kósa (1978) révisée par Sellier, en fonction des différentes variables métriques utilisées, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4

Tous les coefficients de concordance étant supérieurs au seuil habituellement pris en compte de 0,95, nous avons jugé que la différence entre les deux côtés était suffisamment faible pour être considérée comme n'ayant pas d'influence importante sur l'estimation de l'âge. Il

nous apparaissait donc légitime d'utiliser pour le calcul des âges diaphysaires les mesures prises du côté droit dans les cas où celles du côté gauche n'étaient pas disponibles.

IV.2. Utilisation conjointe des estimations d'âge obtenues grâce à des longueurs diaphysaires d'éléments osseux différents

Du fait de la conservation variable des éléments osseux de notre échantillon, il n'était pas possible d'utiliser des estimations d'âge obtenues sur un seul type d'élément osseux (et par exemple de ne considérer que des âges calculés à partir des longueurs fémorales). Il était donc nécessaire de vérifier que les estimations calculées à partir d'éléments osseux différents étaient assez concordantes entre elles pour justifier qu'elles puissent être utilisées conjointement. Il s'agissait de valider que le fait d'utiliser, par exemple, un âge calculé sur la longueur fémorale pour un individu et un âge calculé sur la longueur humérale pour un autre n'induisait pas de biais important.

L'existence de différences entre les différentes estimations a été évaluée par des tests d'analyse de variance de Friedman sur les âges calculés à partir des variables gauche (par convention). Pour effectuer le test sur tous les âges diaphysaires en même temps, il serait nécessaire d'avoir pour plusieurs individus toutes les estimations d'âge, et donc tous les éléments osseux conservés, ce qui n'était pas le cas. Nous avons donc effectué une série de tests de Friedman en intégrant les variables au fur et à mesure (tableau 3).

Os utilisés	Effectif	p-valeur
Fémur / Humérus / Tibia	19	0,196
Fémur / Tibia / Clavicule	14	0,168
Fémur / Tibia / Clavicule / Ulna	11	0,409
Humérus / Fémur / Tibia / Ulna / Radius / Fibula	10	0,245
Hémi-mandibule / Humérus / Fémur / Tibia	7	0,08

Tableau 3. Résultats des tests de Friedman entre les différentes estimations d'âge

Les résultats étant non significatifs (tableau 3), nous avons conclu qu'il était cohérent d'utiliser des âges calculés avec la même méthode à partir de longueurs diaphysaires différentes. La p-valeur du test incluant l'hémi-mandibule, variable soulignée comme bien corrélée à l'âge par Sellier (1997), s'approchait néanmoins de la significativité. Pour plusieurs individus testés en effet (S18, P215, P248, P272), l'estimation de l'âge à partir de l'hémi-mandibule s'écarte des estimations d'âge calculées à partir des autres longueurs diaphysaires. Nous avons choisi de ne pas effectuer d'estimations de l'âge à partir de l'hémi-mandibule et de privilégier les os longs habituellement identifiés comme les mieux corrélés à l'âge, et ce pour deux raisons.

Les tests s'approchaient premièrement toujours du seuil de significativité retenu dans notre étude ($\alpha = 5 \%$) même lorsque l'on écartait les individus précédemment évoqués. L'existence de différences inter-populationnelles au niveau de la mandibule chez les individus immatures a de plus été mise en évidence par Garcin (2009), ce qui pourrait potentiellement avoir une influence dans le corpus regroupant une série kerma et deux médiévales et moderne. Cette sélection n'a pas affecté négativement les estimations car seuls deux individus (S74 et P202) n'avaient que la longueur de l'hémi-mandibule conservée. Pour ces deux individus, nous avons cependant accès à des informations de terrain sur d'autres longueurs diaphysaires (non conservées une fois en laboratoire) qui nous permettaient d'acquies une estimation de l'âge (Cf. *infra*, annexe 2).

Dans le but d'obtenir des estimations d'âge pour le plus grand nombre d'individus possible du corpus, nous avons pris en compte en première intention les équations logarithmiques appliquées au fémur et à l'humérus. Les équations utilisant simultanément les longueurs diaphysaires de plusieurs éléments osseux ont été écartées car elles étaient difficilement applicables dans le contexte d'étude de séries archéologiques. Dans le cas où les fémurs et humérus n'étaient pas conservés, un troisième choix se portait sur les équations linéaires sur d'autres éléments osseux, avec dans l'ordre de meilleure concordance, tibia, clavicule, ulna, fibula et radius.

V. Sélection des variables utilisées

V.1. Conservation imparfaite de la longueur diaphysaire d'intérêt

Plusieurs cas de figure se présentent en pratique lors de la sélection des variables utilisées pour l'estimation de l'âge. L'élément osseux peut être intégralement préservé (corticale intacte au niveau des régions anatomiques concernées), ou à l'extrême inverse, non observable, voire absent. Entre ces deux cas de figure, certains éléments sont conservés sur toute la région d'intérêt, mais présentent une très légère érosion responsable d'une perte de matière inférieure à 1 mm. Les données ont été tout de même acquies sur ces os légèrement altérés, sans pour autant être intégrées dans la base de données au même titre que les longueurs intactes. Le choix se présentait alors de ne conserver que les données acquies sur l'os intact en se privant de l'information, ou d'utiliser tout de même ces longueurs acquies sur des os légèrement altérés pour les estimations d'âge.

Considérant que ces longueurs acquies sur les diaphyses légèrement altérées constituent une source d'informations complémentaires non négligeables en contexte

archéologique et pour certains individus dont aucune diaphyse n'est intégralement préservée, nous avons testé si l'écart entre une dimension acquise sur os intact et une dimension acquise sur os légèrement altéré pouvait être considéré ou non comme négligeable, compte tenu des objectifs d'étude. La concordance entre les longueurs diaphysaires d'os légèrement altérés et les longueurs diaphysaires d'os intacts a été évaluée à l'aide d'un test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989) chez les individus dont les os pairs présentaient des états de conservation différents entre côtés. Huit longueurs diaphysaires sur huit individus différents étaient dans ce cas (tableau 4). Le coefficient obtenu ($pc = 0,998$) traduisait une concordance presque parfaite entre les deux côtés, et indiquait un écart extrêmement faible entre les longueurs acquises sur os intact et sur os légèrement altéré.

Élément osseux	Individu	Côté gauche	Côté droit
Fémur	P201	[61]	61,3
	P302	[80,7]	81,6
	B105	66,6	[65,4]
Humérus	P294	63,5	[62,7]
Tibia	P233	[71,7]	71,6
Ulna	PJ281	62,6	[62,3]
Clavicule	PJ10	[41,7]	40,8
	B97	[45,2]	44,5

Tableau 4. Cas de longueurs diaphysaires sur os intact d'un côté et sur os présentant une légère altération de surface de l'autre côté (ces dernières sont signalées entre crochets), longueurs en mm

Afin de confirmer que l'utilisation en deuxième intention de ces dernières variables n'avait pas de conséquence importante en termes de fiabilité des résultats et au regard des objectifs d'étude, l'ampleur de la perte de précision a été calculée à partir d'un exemple, l'individu B105 de la collection de Blandy-les-Tours. Celui-ci présentait un fémur gauche ($Fe1G = 66,6$ mm) préservé sans altération corticale proximale ou distale, et un fémur droit avec une légère altération de surface ($[Fe1D] = 65,4$ mm). L'estimation de l'âge central sur le fémur gauche avec formule logarithmique était de 36,9 s.a., tandis que l'estimation de l'âge central sur le fémur droit donnait 36,2 s.a. L'écart entre les deux âges centraux était donc de 0,7 s.a., soit environ 5 jours. La perte de fiabilité était donc assez faible.

La question de l'utilisation de ces données acquises sur os légèrement altéré ne se posait que pour quatre individus (P214-B, B32, B65 et B109). Pour aucun d'entre eux n'était en jeu la question d'une inclusion ou d'une exclusion du corpus en raison d'un âge trop élevé (tableau 5), car tous présentaient un âge central compris entre 27,9 et 43,2 s.a. L'utilisation de mesures approximatives, même en fournissant une estimation basse de l'âge, n'impliquait donc pas d'y inclure des sujets trop âgés, c'est-à-dire d'âge estimé supérieur à 48 s.a.

Individu	Borne inférieure	Âge central	Borne supérieure
P214-B	26,9	27,9	29
B32	35,6	37	38,5
B65	41,4	43,2	45,1
B109	39,9	41,5	43,1

Tableau 5. Âges en semaines d'aménorrhée des individus pour lesquels une mesure diaphysaire approximative est utilisée pour l'estimation de l'âge

V.2. Non conservation des os sur les longueurs diaphysaires d'intérêt

Lorsqu'aucune longueur diaphysaire n'était conservée et que l'âge osseux ne pouvait être estimé à partir des équations de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier, l'appartenance de l'individu à l'échantillon a été discutée relativement à son état de croissance défini selon ses autres dimensions osseuses, en comparant ses dimensions avec celles d'autres individus mieux conservés. Il ne s'agissait pas d'une estimation de l'âge au sens strict : il s'agissait d'exclure les individus dont les variables métriques osseuses s'écartaient trop largement des variables des sujets inclus dans le corpus. Cette observation n'était possible que parce que la croissance des individus de cette classe d'âge est extrêmement forte. Elle a concerné onze individus dont la représentation et la conservation osseuses étaient particulièrement mauvaises : deux individus *a priori* nés grands prématurés (B37 et P243), six d'âge estimé autour de 40 s.a. (S14, S25-2, S68, P273, B3 et B92-2) et trois individus légèrement plus âgés (P202, P242, B128).

VI. Corpus : effectifs et distributions

Ces étapes de sélection ont permis de rassembler un total de **116 individus décédés en période périnatale** provenant des trois collections archéologiques de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï, de l'église de Blandy-les-Tours et de l'église saint-Ayoul de Provins. La durée de la grossesse ainsi que le moment de la naissance des sujets étant inconnus, toutes les estimations d'âge des individus du corpus archéologique sont données en semaines d'aménorrhée, y compris pour les individus ayant probablement survécu plusieurs semaines post-partum.

VI.1. Distribution par site archéologique

La collection de l'île de Saï fournit l'effectif d'individus le plus élevé avec **54 sujets**, tandis que les collections de **Provins** et de **Blandy-les-Tours** livrent respectivement **35** et **27 sujets** (figure 79). Le corpus est donc constitué à 47 % d'individus soudanais datant de la période du Kerma classique, et à 53 % d'individus français datant d'une période allant du Haut

Moyen-Âge à la Période Moderne. Le corpus archéologique apparaît donc comme équilibré du point de vue géographique, et diversifié du point de vue chronologique.

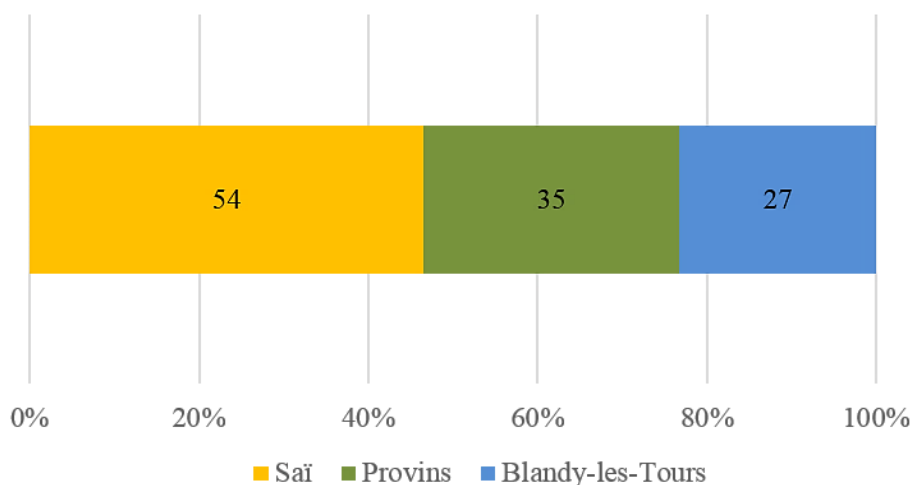


Figure 75. Origine et effectifs des individus du corpus d'âge périnatal identifiés

VI.2. Distribution par âge, sites confondus

L'ensemble des estimations d'âge (figure 80) est présenté dans un tableau récapitulatif (Cf. annexe 2). Pour chaque estimation sont précisés les critères utilisés. Parmi les 105 sujets qui peuvent faire l'objet d'une estimation d'âge avec les formules de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier, le plus jeune individu du corpus est le sujet S3 (24,2 s.a. soit environ 6 mois lunaires) tandis que le plus âgé est le sujet S43 (46,8 s.a., soit 11,7 mois lunaires). Les effectifs les plus élevés sont rencontrés entre 36 et 45 s.a. (figure 80). Un petit nombre d'individus (n = 8) est caractérisé par un âge osseux très faible, entre 24 et 29 s.a. révolues. Un quart du corpus (n = 28) est caractérisé par un âge osseux entre 30 et 39 s.a. révolues, tandis que la majeure partie des individus (n = 69) a un âge estimé entre 40 et 47 s.a. révolues.

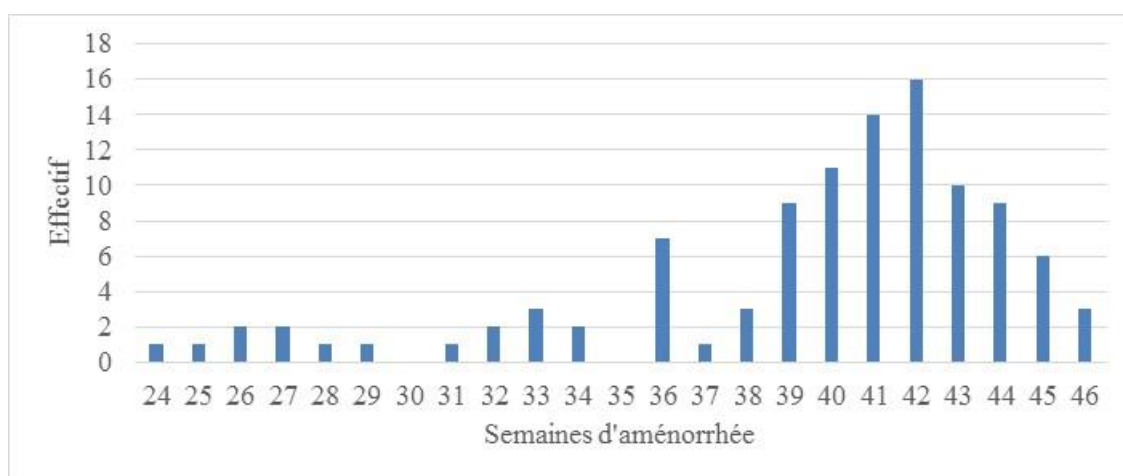


Figure 76. Distribution par âge des individus du corpus pour lesquels une estimation avec les formules de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier peut être réalisée

VI.3. Distribution par âge et par sites

VI.3.1. Île de Saï

L'échantillon de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï présente un profil de distribution large mais discontinu, majoritairement assimilable à une courbe de Gauss pour 48 sujets d'âges estimés entre 36 et 46 s.a., et avec trois sujets isolés d'un âge compris entre 24 et 26 s.a. (figure 81). La fréquence maximale d'individus est atteinte à 41 s.a., mais aucun individu n'est identifié entre 27 et 35 s.a révolues.

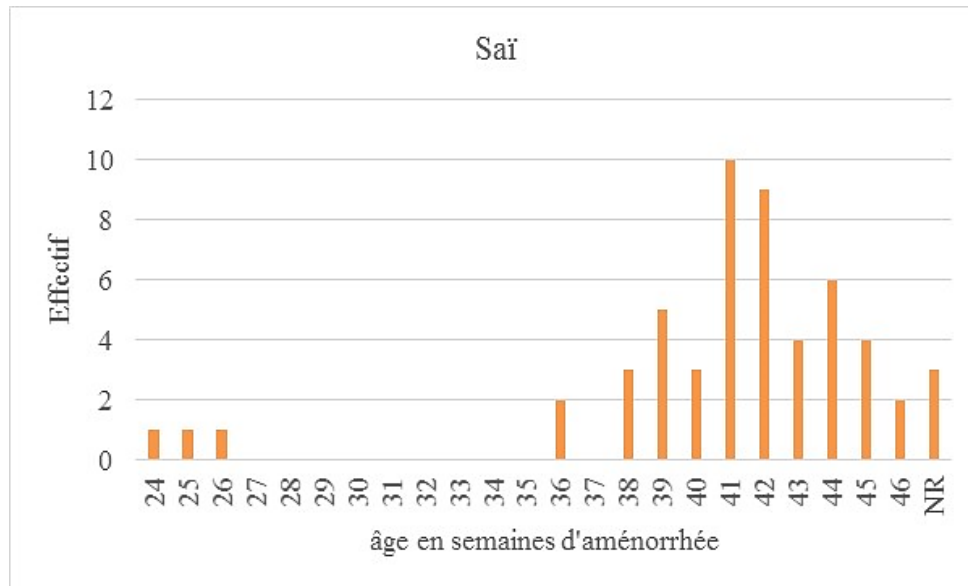


Figure 77. Distribution des âges estimés en semaines d'aménorrhée dans le sous-échantillon de l'île de Saï, NR : âge non renseigné

VI.3.2. Provins

Concernant les 31 sujets de Provins, l'échantillon présente une distribution un peu moins large que celle de l'île de Saï, puisque l'individu le plus jeune a un âge estimé à 26 s.a. Si la fréquence d'individus la plus élevée se trouve à 40 et 42 s.a., on constate, contrairement au sous-échantillon soudanais, la présence d'individus d'âges estimés compris entre 27 et 35 s.a. révolues (figure 82). Cette distribution ne peut cependant pas être assimilée à la distribution des individus décédés en période périnatale exhumés du site de Provins car, pour des raisons d'accessibilité du matériel, 8 individus appartenant à cette classe d'âge ne peuvent pas être inclus dans notre étude.

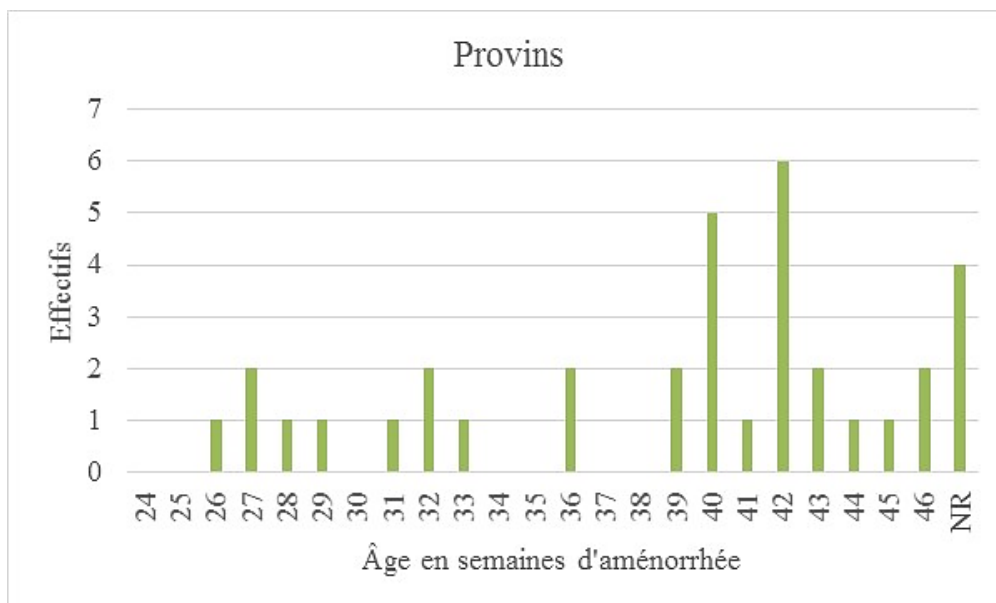


Figure 78. Distribution des âges estimés des individus de l'échantillon de Provins

VI.3.3. Blandy-les-Tours

La distribution des individus dans l'échantillon de Blandy-les-Tours présente un profil très différent des deux précédents. L'effectif est plus faible que les autres (n=27) et les individus se répartissent entre 33 et 45 s.a. Cette distribution ne peut pas, là-encore, être assimilée à la distribution des individus décédés en période périnatale exhumés du site de Blandy-les-Tours car nous n'avons pas eu accès à l'intégralité du matériel.

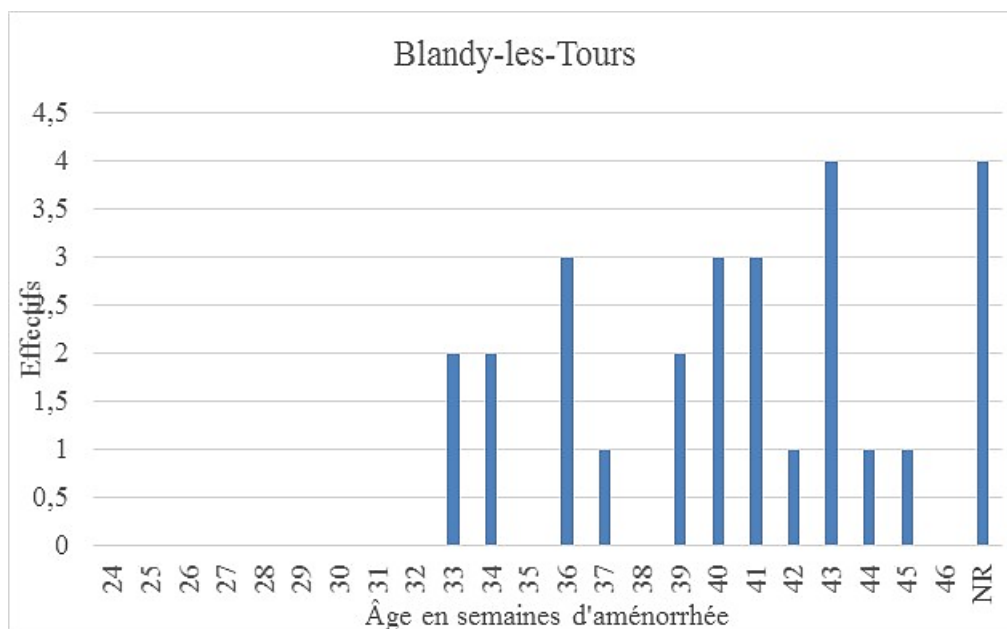


Figure 79. Distribution des âges estimés des individus de l'échantillon de Blandy-les-Tours

V.4. Distribution par âges et par contextes géographiques et chronologiques

Si les deux échantillons de Provins et de Blandy-les-Tours présentent chacun des distributions peu comparables à celle de l'île de Saï, les effectifs semblables de l'échantillon européen d'une part (62 individus au total), et de l'échantillon soudanais d'autre part (54 individus au total, figure 84), autorisent des discussions en termes de différences biologiques entre ces deux groupes.

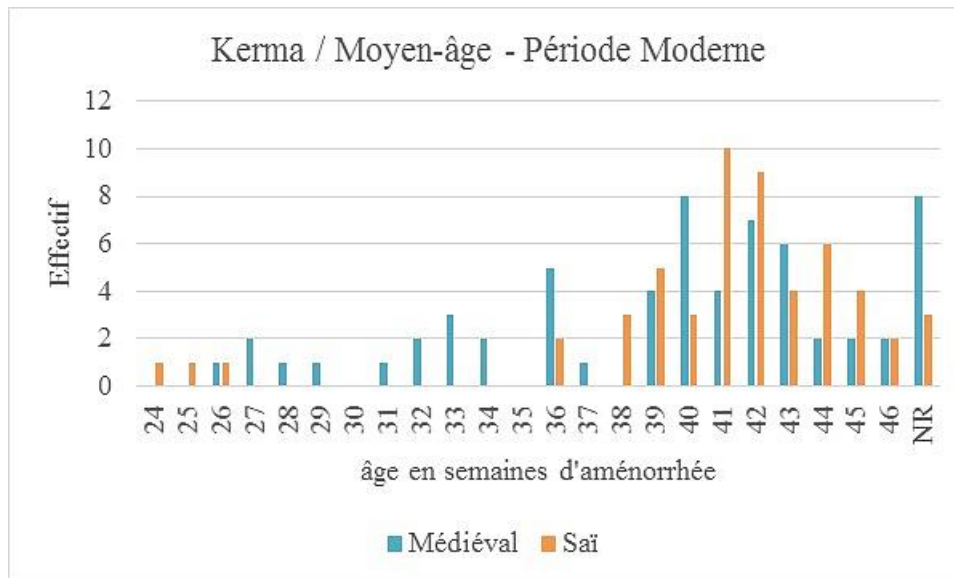


Figure 80. Distribution des âges estimés des individus entre l'échantillon du Kerma classique et les deux échantillons médiévaux / moderne.

VII.4. Détermination de sous-classes d'âge

VII.4.1. Définitions

Afin de faciliter les analyses et d'inclure les individus pour lesquels aucun âge diaphysaire ne pouvait être calculé, le corpus a été subdivisé en quatre sous-classes, adaptées au contexte archéo-anthropologique à partir des définitions de l'OMS¹⁶ et de l'INSERM¹⁷.

- sous-classe de « **grands prématurés** » : sujets immatures les plus jeunes dont l'âge central est compris entre 24 et 34 s.a. révolues. Cette sous-classe correspond aux stades actuels « d'extrême prématurité », de « grande prématurité » et de « prématurité modérée » (définitions de l'INSERM, 2015),
- sous-classe de sujets « **prématurés légers** » (âge central entre 35 et 37 s.a. révolues)
- sous-classe de sujets « **périnataux stricts** » ou individus à terme : sujets dont les intervalles de confiance incluent le terme théorique de 40 s.a.,

¹⁶ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs363/fr/>

¹⁷ <https://www.inserm.fr/thematiques/biologie-cellulaire-developpement-et-evolution/dossiers-d-information/la-prematurite-un-monde-a-explorer>

- sous-classe de « **nourrissons** » : sujets dont la borne minimale de l'intervalle de confiance est supérieure à 40 s.a. révolues (donc à partir de 41 s.a.), et qui sont, théoriquement et statistiquement, nés vivants.

Ces sous-classes sont des bornes théoriques fondées sur l'état de maturation squelettique et qui ne préjugent en aucun cas de la vitalité de l'individu (*Cf. supra*, chap. III, II.1.).

VII.4.2. Distribution des individus en fonction des sous-classes d'âge

Dans le corpus archéologique, la sous-classe des sujets périnataux stricts (n = 52) est numériquement majoritaire (45 %, figure 85), suivie par celle des nourrissons (n = 37, soit 32 %). Les prématurés légers sont peu représentés (n = 8, soit 7 %), alors que la sous-classe des grands prématurés se distingue par des effectifs assez conséquents (n = 19, soit 16 %).

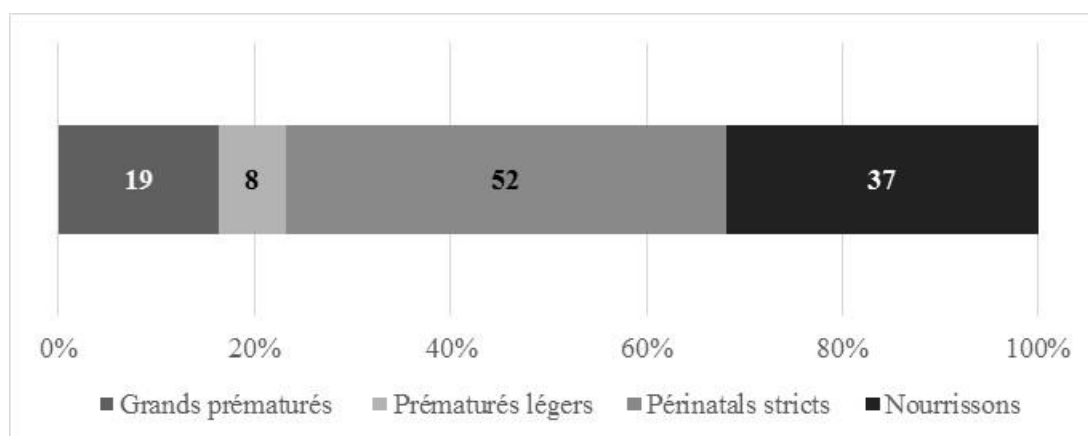


Figure 81. Distribution des effectifs du corpus dans les différentes sous-classes

VII.4.3. Distribution des individus en fonction des sous-classes et des trois séries

La distribution des effectifs en fonction des sous-classes et en fonction des trois échantillons (tableau 6) permet de confirmer les différences de distribution précédemment mises en évidence entre les séries. Les effectifs de la série de l'île de Saï sont concentrés dans la sous-classe de sujets périnataux stricts, tandis que les âges des individus des deux collections du Bassin parisien sont répartis plus largement entre les différentes sous-classes (figure 84).

Sous-classes d'âge	Effectif total	Corpus kerma		Corpus médiéval / moderne		
		Saï	Provins	Blandy-les-Tours	Total	
Grands prématurés	19	3	11	5	16	
Prématurés légers	8	2	2	4	6	
Périnataux stricts	52	32	13	7	49	40
Nourrissons	37	17	9	11	22	40

Tableau 6. Distribution des effectifs du corpus en fonction des sous-classes et des séries

Les grands prématurés sont nombreux dans les collections européennes (n = 16) au contraire de la collection soudanaise au sein de laquelle ils sont plus faiblement représentés (n = 3). Pour les sous-classes de sujets périnataux stricts et de nourrissons, le fait de considérer conjointement les deux collections européennes permet de rééquilibrer numériquement la distribution par rapport au corpus africain, et d'envisager des comparaisons.

Synthèse

Depuis le début du XX^e siècle, la **détermination du sexe des individus immatures** a fait l'objet de nombreuses études, sans jamais parvenir à une fiabilité suffisante. Une nouvelle méthode fondée sur l'analyse d'acides de surface de l'émail dentaire a cependant récemment été développée par Stewart et collaborateurs (2017). Fiable à 100% et extrêmement peu destructive, sa généralisation prochaine pourrait livrer une solution afin d'inclure la détermination du sexe dans l'analyse biologique des sujets immatures au même titre que les adultes. N'ayant pas pu l'appliquer dans notre travail, les différences liées au sexe des individus de notre corpus ne seront donc pas étudiées.

L'estimation de l'âge des individus décédés en période périnatale a également fait l'objet de très nombreux travaux. Pour la classe d'âge périnatale, le calcul d'un âge relatif à la croissance longitudinale des diaphyses est à privilégier, sans qu'aucune méthode ne puisse être considérée comme optimale d'après les évaluations de Corron (2016). Nous choisissons par élimination d'utiliser les équations de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier et publiées dans Schmitt et Georges (2008), malgré les problématiques posées par leur élaboration. Ces équations corrigées ont premièrement été validées sur plusieurs populations de référence, ce qui garantit la fiabilité de l'utilisation des formules logarithmiques pour des sujets jusqu'à 4 ans. Ce sont, à notre connaissance, les seules formules fiables applicables à un échantillon comprenant à la fois des sujets au stade fœtal et des sujets âgés de plus de 40 semaines d'aménorrhée, les autres méthodes ne s'appliquant souvent que jusqu'au terme théorique. Un autre argument nous permettant de privilégier ces formules est qu'elles sont applicables à plusieurs longueurs diaphysaires et non pas une seule, ce qui constitue un avantage par rapport à la conservation variable des différents segments osseux.

Après avoir procédé à une estimation de l'âge et à la sélection des individus, **le corpus archéologique constitué comptait 116 individus**, dont 54 issus de la nécropole 8B-51, 35 du site de Provins et 27 du site de Blandy-les-Tours. Dix-neuf d'entre eux appartenaient à la sous-

classe des grands prématurés et huit à celle des sujets légèrement prématurés. Une grande partie (n = 52) relevait de la sous-classe des individus décédés en période périnatale « au sens strict », tandis que 37 étaient classés parmi les nourrissons, individus plus particulièrement susceptibles d'avoir fait l'objet d'une naissance vivante.

En intégrant à la fois des sujets très immatures et des individus ayant probablement survécu quelques semaines après leur naissance, notre corpus respectait les prérequis d'étendue du spectre des âges par rapport aux problématiques d'étude. Cette composition permettait d'aborder la question de variations anthropométriques fines à l'échelle de la classe d'âge, de discuter d'éventuelles modifications des dynamiques de croissance ante- et post-partum, et d'envisager l'étude des critères de vitalité, de mortalité et de morbidité.

Chapitre VI.

Corpus archéologique, conservation, méthodes et protocole d'étude biologique

« Leur anatomie squelettique complexe et l'intégration nécessaire des processus de croissance et de maturation ne permettent pas la transposition directe des méthodologies adultes aux non-adultes » (Garcin, 2009, p. 69).

Les protocoles d'étude métrique portant sur les individus immatures se fondent principalement sur ceux élaborés pour les adultes, et notamment sur les variables définies par Martin (1928) et rééditées par Braüer (1988). Cette transposition, d'autant plus aisée que les sujets s'approchent de l'âge adulte, l'est moins pour les tout-petits, pour lesquels les mesures ont été adaptées par Schutkowski (1990) puis Duday et collaborateurs (1995). La fréquente mauvaise conservation de certains éléments pousse cependant autant à tester la répétabilité (*via* des tests intra-observateurs) et la reproductibilité (*via* des tests inter-observateurs) des variables, qu'à augmenter leur nombre. Dans le cadre de l'étude non métrique, les ouvrages de référence (*Cf. infra*, chap. X.) relatifs aux variations anatomiques non métriques (VANM) ou caractères discrets, soit des variations phénotypiques osseuses ou dentaires qui ne sont pas d'origine pathologique (Berry et Berry, 1967) n'ont quant à eux - et à notre connaissance - fait l'objet d'aucune adaptation globale. Nous avons donc choisi d'effectuer une sélection parmi les VANM couramment observées chez l'adulte en fonction de l'état de maturation du sujet.

Afin de tenter de renseigner au mieux la variabilité de la classe d'âge périnatale en s'adaptant à la représentation et la conservation du corpus, une approche étendue incluant des variables métriques, des variables non métriques ainsi que l'observation de critères de maturation a été privilégiée.

I. Protocole d'étude métrique

I.1. Sélection des variables métriques

I.1.1. Aperçu général

Notre protocole d'étude métrique suit celui des études de référence sur le sujet, et en premier lieu celui mis en place par Fazekas et Kósa (1978), repris et amélioré par Duday et collaborateurs (1995) pour l'étude des individus du site gallo-romain de Sallèles d'Aude. Une partie de ces mesures est inspirée des protocoles utilisés pour l'étude des individus adultes (Martin, 1928 ; Schutkowski, 1990). Le protocole comprend 197 variables intéressant l'ensemble du squelette. Toutes sont détaillées en annexe (Cf. annexe 3) par région anatomique et élément osseux concerné, avec le code de référence utilisé dans la présente étude (*e.g.* Fe1, longueur maximale du fémur), la définition de la variable, son origine dans la littérature scientifique (par exemple Fazekas et Kósa, 1978), ainsi que le code de référence correspondant dans les autres publications de référence le cas échéant. Pour la hauteur du pariétal, le code correspondant dans Duday et collaborateurs (1995) est par exemple « Pa1 » tandis que dans Fazekas et Kósa (1978) il est « Fka ». Les mesures sont illustrées dans un catalogue en annexe (Cf. annexe 4).

Nous avons proposé de nouvelles mesures dans trois cas :

- lorsqu'il manquait une dimension pour compléter les analyses sur un élément osseux, par exemple la variable Zy3 du zygomatique (Cf. annexe 4).
- lorsque les régions d'intérêt de certaines variables ne sont que très rarement conservées dans notre corpus mais que des régions d'intérêt proches le sont, par exemple Pe2bis sur le pétreux (Cf. annexe 4).
- dans une perspective exploratoire, sur certaines régions anatomiques identifiées comme fréquemment conservées.

Certaines variables n'ont pas été prises en compte pour des raisons techniques, comme les dimensions des osselets de l'oreille interne (Noussios *et al.*, 2016), pour lesquelles les mesures manuelles au pied à coulisse ne sont pas préconisées (risques de dommage de l'élément

osseux). Les mesures ont été effectuées manuellement grâce à un pied à coulisse électronique avec une précision au 10^e de mm. Elles ont été acquises sur l'ensemble de l'échantillon du côté gauche et du côté droit. Par souci de cohérence avec la publication de référence, nous avons repris et complété les codes terminologiques de Duday et collaborateurs (1995). Les résultats des tests inter et intra-observateurs sur les variables métriques sont présentés ci-après (Cf. *infra*, chap. VI, I.2.).

I.1.2. Origines des variables dans la littérature scientifique

Parmi les 197 variables observées, la majorité (n = 115) est issue de Duday et collaborateurs (1995). Un quart (n = 53) provient sans modification de Fazekas et Kósa (1978), et un petit nombre (n = 4) de Schutkowski (1987). Les variables proposées dans la présente étude constituent 13 % (n = 25) de l'ensemble des mesures considérées (figure 86).

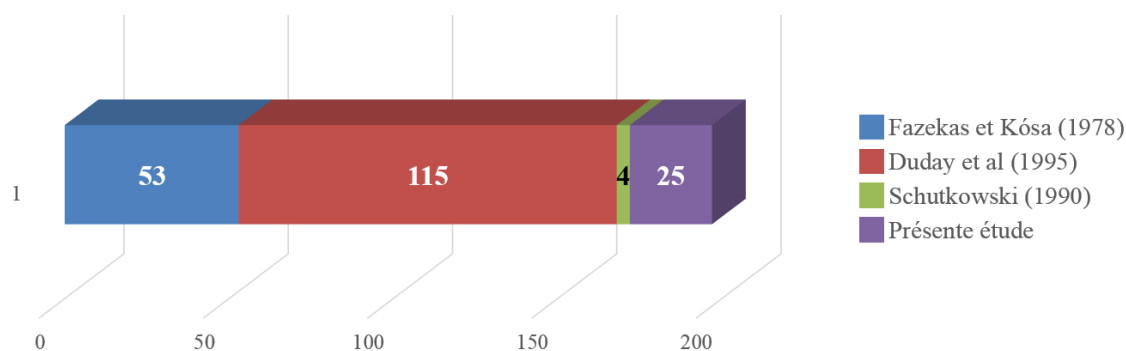


Figure 82. Origines bibliographiques des variables

I.1.3. Régions anatomiques concernées par les mesures

Parmi les régions anatomiques concernées par ces variables, un quart concerne le bloc maxillo-facial (figure 87).

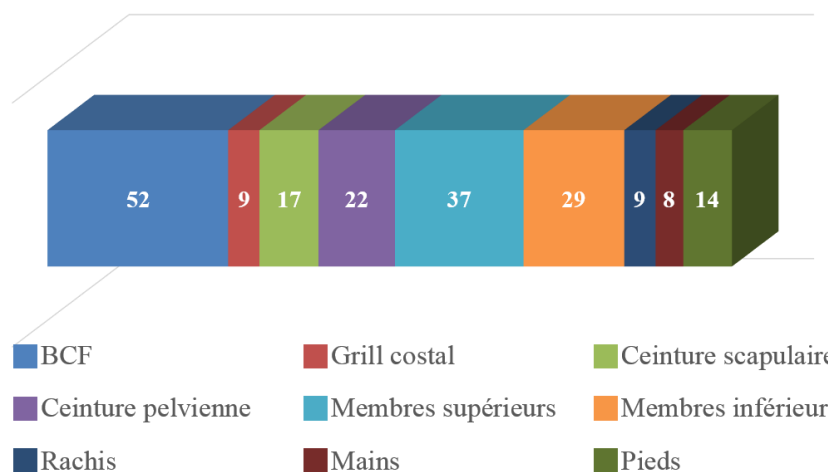


Figure 83. Effectifs de variables métriques considérées par région anatomique, BCF : bloc crânio-facial

Les membres supérieurs et inférieurs font l'objet respectivement de 18,5 et 14,5 % des variables, les ceintures des membres inférieurs et supérieurs de 11 et 9 % d'entre elles. Le gril costal, le rachis, ainsi que les mains et les pieds sont concernés par 4 à 7% des variables.

I.2. Répétabilité et reproductibilité des variables

I.2.1. Choix du test

La représentation et la conservation des individus du corpus sont toutes deux fortement variables. Une partie des sujets est remarquablement bien représentée et conservée (par exemple S41), une autre, au contraire, n'est représentée que par quelques rares vestiges osseux (par exemple B96-2). Ces différences ne dépendent pas des sites. Les variables métriques acquises sur l'ensemble du squelette ont été testées quant à leur répétabilité et leur reproductibilité grâce à un test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989)¹⁸ qui a été privilégié à un test de corrélation (de type coefficient de corrélation de Pearson, test-t pour données appariées) pour plusieurs raisons. La première est que la possibilité qu'il existe une corrélation entre deux jeux de données sans que les deux correspondent entre elles. Dans le cas d'un biais systématique (comme la surestimation répétée d'une variable dans un des deux), la corrélation serait par exemple excellente mais la concordance mauvaise (Mukaka, 2012). La seconde raison poussant à le privilégier est que sa représentation visuelle permet d'identifier immédiatement les cas pour lesquels les résultats seraient faussés par une discordance dans les données testées. Le test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989) est particulièrement intéressant, dans la mesure où il est aussi robuste sur des petits échantillons. Le résultat du test n'est pas donné sous la forme d'une p-valeur mais comme un degré de concordance entre les deux jeux de données. Le test, particulièrement utilisé dans les disciplines médicales, est fourni avec une « échelle d'interprétation » que nous avons adaptée (tableau 7).

Concordance	Coefficient
Presque parfaite	>0,99
Très bonne	>0,95–0,99
Bonne	0,90–0,95
Moyenne	0,80–0,90
Faible	0,70–0,80
Mauvaise	<0,70

Tableau 7. Échelle d'interprétation proposée dans la présente étude pour l'interprétation des coefficients de concordance

¹⁸Utilisable en ligne sur le site : <https://www.niwa.co.nz/node/104318/concordance>

I.2.2. Tests inter-observateurs

La reproductibilité des variables métriques a été testée avec l'aide de deux observateurs, l'observateur n°1 ayant acquis des mesures sur le bloc crânio-facial, et l'observateur n°2 sur le squelette infra-crânien. Les deux n'ont eu accès qu'au protocole rédigé (Cf. annexe 4) auquel nous renvoyons pour les définitions des variables ci-après. Parmi les 52 variables acquises sur le bloc crânio-facial, 21 obtiennent un coefficient de concordance entre 0,80 et 0,99, correspondant à une reproductibilité variant, d'après notre échelle d'interprétation, entre moyenne et presque parfaite (tableau 8).

Variable	p-valeur	Reproductibilité	Variable	p-valeur	Reproductibilité
Bo2G	0,999	Presque parfaite	Ma1	0,978	Très bonne
Zy1G	0,994	Presque parfaite	FR1	0,978	Très bonne
Ma4G	0,992	Presque parfaite	Pe1G	0,974	Très bonne
Fr1G bis	0,991	Presque parfaite	Cs3	0,950	Très bonne
Et1G	0,989	Très bonne	Pas2G	0,917	Bonne
Mx4G	0,987	Très bonne	Ma1bis	0,882	Moyenne
Bo1G	0,986	Très bonne	Zy2G	0,862	Moyenne
Ex1G	0,986	Très bonne	Vo1	0,850	Moyenne
FR2G	0,984	Très bonne	Gas1G	0,823	Moyenne
Eo2G	0,984	Très bonne	Pas1G	0,805	Moyenne
Ma2G	0,982	Très bonne	/	/	/

Tableau 8. Variables du bloc crânio-facial considérées comme reproductibles, pour les définitions des mesures se reporter aux annexes 3 et 4

Dix-huit autres variables (tableau 9) obtiennent un coefficient de concordance inférieur à 0,7, ce qui correspond à une reproductibilité faible, voire nulle. Treize n'ont pas pu être testées pour des raisons pratiques (élément osseux jamais conservé ou trop rare pour effectuer les tests).

Variable	Pc	Reproductibilité	Variable	Pc	Reproductibilité
Eo1	0,794	Faible	Na2G	0,013	Mauvaise
Et2G	0,773	Faible	Na3G	0,013	Mauvaise
Mx2G	0,714	Faible	Pa1G	NR	/
Zi1bisG	0,709	Faible	Gas2G	NR	/
Pe3G	0,673	Mauvaise	Eo 1 bis	NR	/
Ma3	0,661	Mauvaise	At1	NR	/
Ex2G	0,584	Mauvaise	At3	NR	/
Pe2G	0,528	Mauvaise	Cor1	NR	/
Mx1bisG	0,520	Mauvaise	Cor2	NR	/
At2	0,45	Mauvaise	Mx2bisG	NR	/
Cs2	0,432	Mauvaise	Mx3G	NR	/
Mx1G	0,257	Mauvaise	Pas3	NR	/
Cs1	0,215	Mauvaise	Pe2bisG	NR	/
Pe4G	0,137	Mauvaise	Pa1	NR	/
Mx3bisG	0,108	Mauvaise	Pa2	NR	/
Na1G	0,013	Mauvaise	/	/	/

Tableau 9. Variables du bloc crânio-facial considérées comme non reproductibles ou non testées, pour les définitions des mesures se reporter aux annexes 3 et 4

Parmi les 145 variables acquises sur le squelette infra-crânien, 93 obtiennent un coefficient de concordance entre 0,80 et 0,99, correspondant à une reproductibilité variant entre moyenne et presque parfaite. Dix autres variables obtiennent un coefficient de concordance inférieur à 0,7, ce qui correspond à une reproductibilité faible, voire nulle. Quarante-deux n'ont pas pu être testées pour des raisons pratiques (élément osseux trop peu conservé pour effectuer les tests).

I.2.2. Tests intra-observateurs

Les données au niveau du bloc crânio-facial sont acquises une nouvelle fois entre un an et sept mois après la première acquisition. Parmi elles, 31 obtiennent un coefficient de concordance entre 0,80 et 0,99, correspondant à une répétabilité variant entre moyenne et presque parfaite (tableau 10).

Variable	p-valeur	Répétabilité	Variable	p-valeur	Répétabilité
Vo1G	0,999	Presque parfaite	Mx1bisG	0,978	Très bonne
Zy1G	0,999	Presque parfaite	Pas2G	0,975	Très bonne
Fr1G	0,999	Presque parfaite	Gas1G	0,97	Très bonne
Bo2	0,999	Presque parfaite	Cs1	0,963	Très bonne
Pe1G	0,999	Presque parfaite	Et2G	0,955	Très bonne
Pal1G	0,998	Presque parfaite	Et1G	0,953	Très bonne
Bo1 G	0,998	Presque parfaite	Gas2G	0,95	Très bonne
Cs3 G	0,995	Presque parfaite	Zy2G	0,948	Bonne
Ex2G	0,995	Presque parfaite	Pe2bisG	0,938	Bonne
FR3G	0,994	Presque parfaite	Mx2bisG	0,929	Bonne
Ex1G	0,993	Presque parfaite	Zy3G	0,926	Bonne
Mx2G	0,992	Presque parfaite	Pe3G	0,925	Bonne
Ma4G	0,992	Presque parfaite	Mx4G	0,906	Bonne
Fr2 G	0,988	Très bonne	Pe4G	0,891	Moyenne
Ma2G	0,982	Très bonne	Ma1bis	0,882	Moyenne
Ma1G	0,978	Très bonne			

Tableau 10. Variables acquises sur le bloc crânio-facial dont la répétabilité peut être considérée comme suffisante, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4

Sept autres variables obtiennent un coefficient de concordance inférieur à 0,7, ce qui correspond à une répétabilité faible, voire nulle (tableau 11). Quatorze ne peuvent pas être testées pour des raisons pratiques (élément osseux jamais conservé ou trop peu pour effectuer les tests). Parmi les 145 variables acquises sur le squelette infra-crânien, 93 obtiennent un coefficient de concordance entre 0,80 et 0,99, correspondant à une répétabilité variant entre moyenne et presque parfaite.

Variable	Pc	Répétabilité	Variable	Pc	Répétabilité
Pas1G	0,774	Faible	Eo 1 bis	NR	/
Mx3bisG	0,751	Faible	Et3G	NR	/
Mx3G	0,716	Faible	Mx2bisG	NR	/
Pe2G	0,694	Mauvaise	Mx3G	NR	/
Ma3G	0,661	Mauvaise	Na1G	NR	/
Cs2	0,473	Mauvaise	Na2G	NR	/
Mx1G	0,258	Mauvaise	Na3G	NR	/
At1	NR	/	Pa1	NR	/
At3	NR	/	Pa2	NR	/
Cor1	NR	/	Pas3	NR	/
Cor2	NR	/	/	/	/

Tableau 11. Variables du bloc crânio-facial dont la répétabilité peut être considérée comme insuffisante, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4

Dix autres variables reçoivent un coefficient de concordance inférieur à 0,7, ce qui correspond à une reproductibilité faible, voire nulle. Quarante-deux ne peuvent pas être testées pour des raisons pratiques (élément osseux trop peu conservé pour effectuer les tests). Ce protocole de tests intra-observateurs est privilégié en première intention au regard de critères pratiques (nombre de variables à considérer par rapport au temps disponible). Un autre protocole spécifique d'évaluation de l'erreur de mesure est toutefois mis en place pour les analyses d'asymétrie directionnelles et fluctuantes, protocole détaillé dans le chapitre dédié (*Cf. infra*, chap. IX).

I.3. Généralités statistiques

La sélection des tests appliqués lors des analyses statistiques sur données continues dépend de plusieurs critères, dont en premier lieu l'objectif d'étude, la nature des variables, l'effectif de l'échantillon et les conditions déterminant leur application (Chenorkian, 1996). Tous les tests paramétriques requièrent des prérequis spécifiques pour leur application, dont font partie l'effectif de données acquises, ainsi que la normalité de leur distribution (Pietrusewsky, 2000). L'utilisation de tests de type test-t, analyses de régression linéaires, analyses discriminantes ou analyses de variance (ANOVA) sur un échantillon dont la distribution n'est pas normale peut en effet aboutir à des interprétations non valides (Razali et Wah, 2011). Nous avons privilégié en première intention les tests paramétriques en raison de leur grande puissance, de leur interprétation facilitée par l'existence de seuils de décision, et du fait que leurs résultats restent valables en cas de faible écart aux conditions d'application (Preux *et al.*, 2003). Les équivalents non-paramétriques de certains tests paramétriques ont été utilisés en complément.

Les effectifs de données ainsi que la caractérisation générale de la distribution de chaque variable (valeur minimale, valeur maximale, moyenne et écart-type) sont présentés en annexe (Cf. annexe 5 et annexe 6). La normalité de la distribution des variables métriques a été testée en amont avec un test de Shapiro-Wilk (Shapiro et Wilk, 1965), identifié comme le test le plus puissant pour tous les types de distribution et pour toutes les tailles d'échantillon (Mendes et Pala, 2003 ; Razali et Wah, 2011). La normalité des données a été testée pour chaque variable du bloc crânio-facial, des ceintures et des membres dont l'effectif de données était supérieur à 30, dans un premier temps pour l'ensemble du corpus, puis dans un échantillon excluant les individus les plus jeunes (sous-classe d'âge des grands prématurés, pouvant apparaître comme des *outliers*) dans les cas où l'hypothèse de normalité était rejetée (Cf. annexe 7). Sauf mention contraire, les analyses ont été réalisées sur le logiciel libre Past3 ou sur le logiciel libre R.3.4. Le seuil de significativité choisi est celui habituellement considéré, soit $p = 0,05$.

II. Protocole d'étude non métrique

Outre les caractères faisant l'objet d'études de cas, le protocole d'étude non métrique a concerné trois types d'observations :

- (i) les variations anatomiques non métriques (VANM, Cf. *infra*, chap. X),
- (ii) les marqueurs du stade de développement du squelette, les indicateurs de maturation. (Au contraire des VANM qui peuvent ou non être présents, les indicateurs de maturation apparaissent normalement impérativement au cours du continuum de développement.)
- (iii) les caractères relatifs à l'état sanitaire.

Sur le corpus archéologique ont été observés 30 variations anatomiques non métriques et six indicateurs de maturation. Pour une meilleure clarté des résultats, les caractères sont définis dans les chapitres dédiés (Cf. *infra*, chap. X,) et décrits plus précisément dans le protocole en annexe (Cf. annexe 8.).

II.1. Les variations anatomiques non métriques

II.1.1. Rappels généraux

Ces variations sont parfois désignées comme des « caractères discrets » en référence à leur expression discontinue. Les travaux fondateurs sur l'adulte sont ceux de Le Double (1903), puis plus tardivement ceux de Berry et Berry (1967) et d'Ossenberg (1969). Les variations du

squelette crânien et infra-crânien ont fait l'objet de travaux de synthèse et d'homogénéisation par Sjøvold (1977), Finnegan (1978), Saunders (1978), Hauser et De Stefano (1984), Crubézy (1991), Braga (1995) ou encore Verna (2014). Les variations anatomiques dentaires ont été particulièrement étudiées dans les travaux de Turner et collaborateurs (1991) et de Scott et Turner (1997). Ces variations concernent d'ordinaire quatre types de caractères chez l'adulte (Thomas, 2011) :

- les caractères hyperostotiques : excès d'ossification concernant des éléments cartilagineux ou ligamentaires (*e.g.* pont osseux divisant des canaux vasculaires),
- les caractères hypostotiques : persistance d'une morphologie immature ou ossification incomplète d'un élément,
- os surnuméraires : présence d'éléments osseux suturaires ou fontanellaires supplémentaires,
- foramens et sillons vasculaires surnuméraires ou absents (*e.g.* foramens infra-orbitaires multiples).

L'un des enjeux de l'étude des VANM réside dans l'établissement d'un système d'enregistrement répétable et reproductible de ces caractères.

II.1.2. Les VANM de l'individu en période périnatale

Les VANM de l'individu immature constituent un axe de travail à notre connaissance peu exploité, alors même que ces caractères sont fréquemment amenés chez l'adulte à renseigner la variabilité biologique conjointement avec la variabilité métrique (Weinberg *et al.*, 2005 ; Thomas, 2011 ; Verna, 2014). Du fait de l'immaturité du squelette qui ne permet pas l'observation d'une partie d'entre elles, ces variations sont souvent exclues de l'étude biologique des enfants et n'ont jusqu'à présent pas fait, selon nos recherches bibliographiques, l'objet d'une synthèse.

En ce qui concerne la classe d'âge immature en général et périnatale en particulier, nous en distinguerons deux types :

- les **VANM** que nous proposons d'appeler « **pérennes** » (**VANMP**), caractères identifiables à la fois sur les adultes ou sur les sujets immatures (*e.g.* côtes surnuméraires, os suturaires, processus supra-condyloire). Leur synthèse peut être effectuée à partir de la littérature scientifique existante pour les adultes.

- les VANM que nous proposons d'appeler « **transitoires** » (VANMT), variables non métriques observables sur une classe d'âge en particulier, mais qui ne peuvent pas être observées sur l'adulte ou l'individu plus jeune en raison de la maturation squelettique. Certaines sont documentées (*e.g.* processus de Kerckring, Weinberg *et al.*, 2005), d'autres sont nouvellement proposées dans notre étude.

Les VANM et leurs origines bibliographiques sont inventoriées en annexe (Cf. annexe 8) et détaillées dans le protocole de cotation (Cf. annexe 9). Leur cotation est réalisée sur le corpus archéologique complet observable, à gauche et à droite pour les critères bilatéraux. Le protocole inclut l'observation de 30 VANM, dont 16 considérées comme pérennes et 14 considérées comme transitoires (Cf. annexe 8). Parmi ces 30 VANM, 11 sont proposées dans notre étude. Les observations dans le corpus archéologique concernent majoritairement le bloc cranio-facial (figure 88).

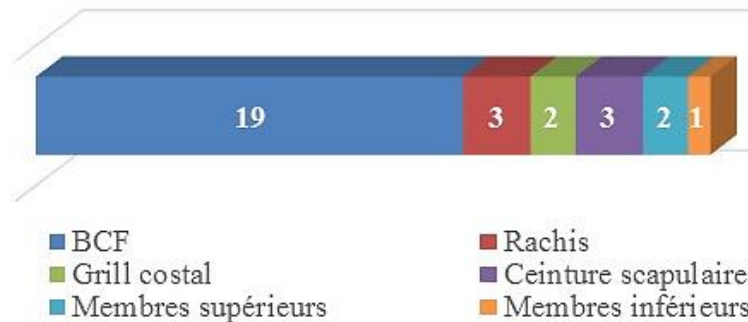


Figure 84. Nombre de VANM observées selon les régions anatomiques

II.1.3. Sélection des VANM pérennes

Une grande partie des caractères n'est pas observable au regard du stade de maturation des individus. Les éléments osseux concernés peuvent être absents à cet âge (os acromial, os sésamoïde, patella, etc.) ou qualifiés de « normaux » (par exemple l'absence de fusion entre les héli-frontaux : caractère normal chez le sujet périnatal mais coté comme suture métopique chez l'adulte). Notre sélection a été effectuée parmi les VANM couramment observées chez l'individu adulte, à partir de la synthèse réalisée par Thomas (2011) et en fonction de leur applicabilité (présence de l'élément osseux concerné et maturité de l'élément osseux).

II.1.3.1. VANM pérennes crâniennes

En ce qui concerne le bloc crânio-facial, les caractères relatifs aux sutures (B1, B2, B4 selon la terminologie de Thomas, 2011) n'ont pas été pris en compte du fait de la présence des fontanelles. Les différents os suturaires (A1, A2, A3, A6, A8, A23 selon la terminologie de

Thomas, 2011) ont été regroupés (sagittal, coronal, etc.) sous un seul caractère, car il est difficile de déterminer en contexte archéologique avec exactitude la position de l'os surnuméraire par rapport aux sutures et aux fontanelles. Les foramens supra-orbitaires et supra trochléaires (B6 et B7) ainsi que les incisures supra-orbitaires et supra-trochléaires (B8 et B9) ont été pris en compte. La variation de l'os zygomatique bipartite (B13) a été conservée mais pas celle du tubercule marginal de l'os zygomatique (B17), que nous n'avons pas identifiée comme étant assez marquée pour être cotée. Le foramen zygomatique (B14) a été coté comme surnuméraire lorsque son nombre était supérieur à un (ne sont comptabilisés que les orifices ouverts à la fois sur la face antérieure et sur la face orbitaire de l'élément osseux). Au vu de l'absence de diploé au stade périnatal, l'amincissement bipariétal (A4) n'a pas été considéré. Le torus du canal auditif externe (A27) n'a pas été pris en compte au vu de l'immaturation de cette région anatomique, de même que les observations concernant le sphénoïde. Pour les VANM de la base du crâne, seuls les critères du canal hypoglosse bipartite (A37) et de la facette condyloïde bipartite (A40) ont été conservés. Le caractère de l'incisure de la facette condyloïde (A56), considéré dans un premier temps, n'a pas été observé. Le foramen mentonnier multiple (C1) ou les foramens mentonniers accessoires (C2) ne sont pas considérés du fait de l'apparence criblée de la surface mandibulaire en face antérieure. Seul le condyle mandibulaire bipartite (C11) est pris en compte comme potentiellement observable.

II.1.3.1. VANM pérennes infra-crâniennes

Pour le rachis, seule la facette articulaire supérieure bipartite de l'atlas (D1) a été considérée comme observable. Les insertions en fosse telles que décrites par Thomas (2011) sur les individus adultes (G1, H4, H5, N1) n'ont pas été relevées car les structures ne peuvent pas être considérées comme équivalentes. La variabilité des insertions fera par ailleurs l'objet d'un chapitre à part entière (*Cf. infra*, chap. XIII) Sur l'humérus, seul le processus supra-condyloïde (H2) a été pris en compte dans notre protocole. Certaines VANM peu documentées chez l'adulte et absentes du protocole de Thomas (2011) ont été ajoutées, comme la « constriction de la scapula » et l'*epispinus notch* (Hrdlička, 1942a). C'est le cas également des côtes surnuméraires et en particulier des cervicales, qui feront l'objet d'un chapitre particulier (*Cf. infra*, chap. XIV). Les côtes surnuméraires lombaires n'ont été cotées dans l'échantillon archéologique que dans les (rares) cas où l'ensemble du gril costal était conservé.

II.1.4. Sélection des VANM transitoires et élaboration du protocole

II.1.4.1. VANM transitoires documentées dans la littérature

Certaines VANM peuvent être fréquemment observées, comme c'est le cas pour le processus de Kerckring sur la partie squameuse de l'occipital (Weinberg *et al.*, 2005). D'autres sont moins fréquemment prises en compte, comme par exemple l'extrémité « carrée » des côtes, toutefois documentée par Duday et collaborateurs (1995).

II.1.4.2. VANM transitoires proposées dans la présente étude

Une partie des VANMT comptées dans le protocole a été proposée à l'issue d'une première phase d'observation du corpus :

Pars lateralis (occipital) :

- « Sinuosités de la *pars lateralis* » : la présence « d'invaginations » du contour de la *pars lateralis* au niveau postérieur ainsi qu'au niveau antérieur a été cotée (Cf. annexe 9).
- « Épines de la *pars lateralis* » : des épines (projections osseuses) ont été observées dans les régions distale et latérale de la branche jugulaire.
- « Pont latéral » : a été comptabilisé lorsque l'épine se prolonge jusqu'à atteindre la région latérale de la *pars lateralis*.
- Absences ou présences incomplètes du canal condyloire : le canal condyloire n'est pas systématiquement présent sur les *pars lateralis* des individus du corpus.

Rachis :

- Une exostose corticale arrondie a parfois pu être observée sur les faces supérieure et inférieure des corps vertébraux.

Ceinture du membre supérieur :

- Les foramens surnuméraires de la fosse supra-épineuse ont été pris en compte et cotés comme multiples au-delà de un.

II.1.5. Cas des VANM dentaires

Plusieurs variations anatomiques non métriques dentaires observables sur les dents définitives peuvent théoriquement être observées sur les dents déciduales (Kitagawa, 2000). Ces critères étant difficilement observables sur les germes dentaires au stade périnatal du fait

du faible développement de la couronne, nous avons privilégié l'étude d'un critère inédit, la perforation de la face linguale du germe de l'incisive supérieure, qui fera l'objet d'un chapitre dédié (*Cf. infra*, chap XII).

II.2. Les indicateurs de maturation

Les quatre indicateurs de maturation cotés sont présentés en annexe (*Cf. annexe 10*). Là-encore, les indicateurs évoqués sont davantage détaillés dans le chapitre de résultats qui leur est dédié (*Cf. infra*, chap. XIII). Pour le temporel sont pris en compte deux critères de maturation, la fusion de l'anneau tympanique à la partie pétreuse du temporel, et la fusion entre la partie pétreuse et la partie squameuse du temporel. Sur les *pars lateralis* de l'occipital, le stade de formation du canal hypoglosse (ouvert ou fermé) a été coté. Les indicateurs classiques des points d'ossifications secondaires de la partie distale du fémur et de la partie proximale du tibia, les points de Béclard et de Todd, ont été pris en compte (Paturet, 1951a ; Ecra *et al.*, 2011). Le fait qu'il s'agisse d'une collection archéologique dans laquelle ce type de petits éléments n'est pas systématiquement retrouvé limite cependant la pertinence des observations sur le corpus archéologique. La cotation de ces caractères sera en revanche particulièrement développée au cours de l'étude du corpus virtuel (*Cf. infra*, chap. XIII).

III. Observations relatives à l'état sanitaire

Trois types d'observations de l'état sanitaire individuel ont été envisagés au cours de l'élaboration du protocole.

III.1. Anomalies « manifestes »

Les anomalies manifestes (*Cf. supra*, chap. XII, I.2) voire pathognomoniques (défauts de segmentation, dysplasies importantes, traces de traumatisme, etc.) ont été recherchées sur tous les éléments osseux observables. Face à l'impossibilité d'établir en amont une liste précise et exhaustive de ces malformations extrêmement rares, il a été préféré une recherche progressive avec un examen des éléments au cours de l'étude biologique.

La fracture de l'angle métaphysaire ("*metaphyseal corner fracture*"), liée à certains traumatismes obstétricaux, a été recherchée spécifiquement. Il s'agit d'une atteinte de la surface épiphysaire distale du fémur (Sieswerda-Hoogendoorn *et al.*, 2014). Cette lésion touche supéro-inférieurement les angles latéraux et médiaux des surfaces épiphysaires (figure 89).

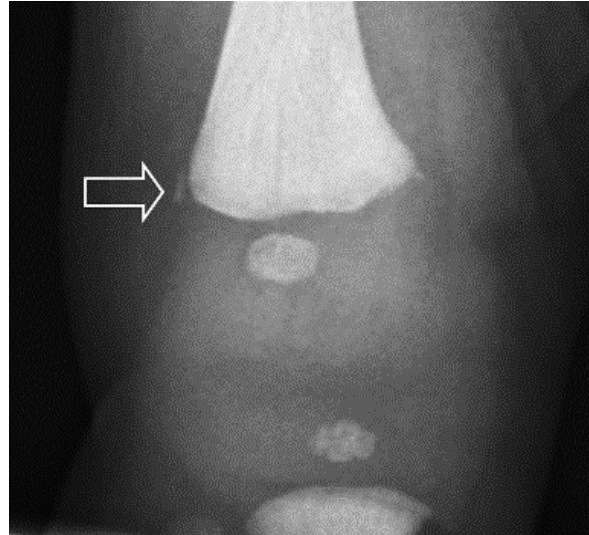


Figure 85. Flèche blanche : lésion métaphysaire distale du fémur sur un nouveau-né actuel âgé de 7 jours, vue antérieure, d'après Sieswerda-Hoogendoorn et al. (2014, p.3)

Ordinairement considérée comme un indicateur de mauvais traitements sur l'enfant plus âgé, elle a été identifiée comme possiblement consécutive à une naissance traumatique impliquant un arrachement du plateau cartilagineux (Sieswerda-Hoogendoorn *et al.*, 2014). Les autres marqueurs de traumatismes obstétricaux, comme la fracture des clavicules, ont également été recherchés.

III.2. Anomalies « discrètes »

La cotation des anomalies discrètes (hyperactivité du périoste, lésions endocrâniennes ou courbures anormales des diaphyses) peut poser des difficultés, en partie pour les raisons explicitées précédemment (*Cf. supra*, chap. XII, I.2.). Nous avons au préalable testé une grille de cotation permettant de décrire la présence de néoformations osseuses ou de porosités sur les surfaces corticales. En l'absence de référentiel spécifique et face à la difficulté posée par la distinction entre hyperactivité périostée physiologique et hyperactivité périostée pathologique, cette grille de cotation n'a pas pu être appliquée. Concernant la variabilité (pathologique ou non pathologique) de la surface corticale, nous choisissons de centrer nos recherches sur une région anatomique d'intérêt qui s'est révélée particulièrement variable et fera l'objet d'un chapitre, la région de la tubérosité bicipitale du radius (*Cf. infra*, chap. XIII).

Le protocole incluait en première intention l'étude de la variabilité des lésions endocrâniennes à partir de la typologie proposée par Lewis (2004). Celle-ci distingue des lésions poreuses (figure 90 A), des néoformations d'os immature ou fibreux (figure 90 B), des

lésions capillaires structurées autour du réseau vasculaire sans néoformation osseuse (figure 90 C), ainsi que des "hair-on-end formation" signalant une expansion du diploé (figure 90 D).

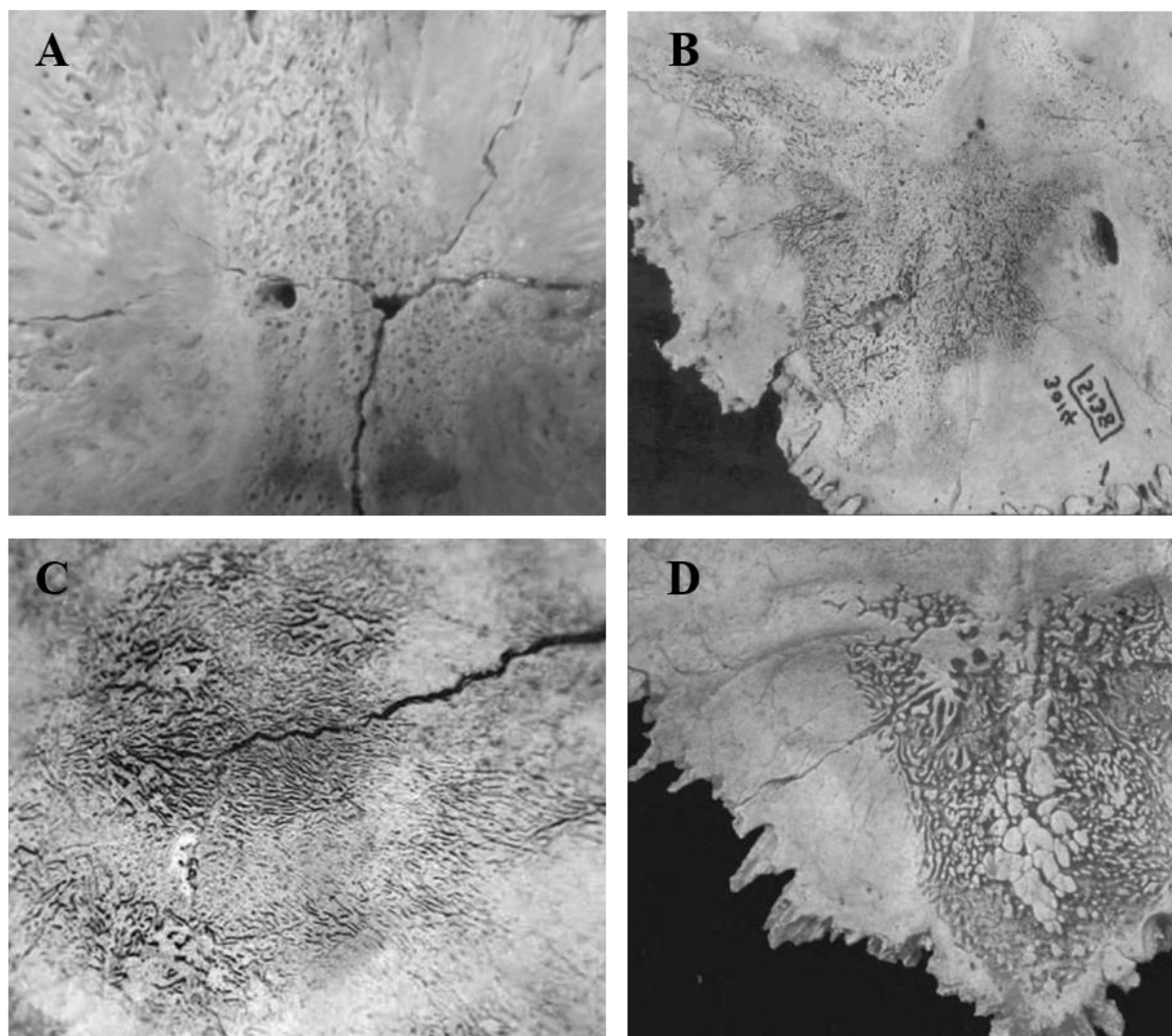


Figure 86. Typologie élaborée par Lewis (2004), A : lésions poreuses, B : formation d'os fibreux, C : lésions capillaires, D : "Hair-on-end lesions", modifié d'après Lewis (2004, p. 89-90)

Même si cette typologie a été élaborée sur un corpus de sujets immatures incluant des individus en période périnatale, l'application au corpus archéologique n'a pas été réalisée en raison de difficultés à faire la distinction entre les différents types de lésions. L'adaptation de cette méthode de cotation constituera également un axe de recherche particulièrement intéressant pour les futures perspectives de notre recherche.

L'observation de la courbure anormale des diaphyses a soulevé également plusieurs difficultés. À l'exception de cas exceptionnels immédiatement identifiables (Lewis, 2017b), la courbure des fémurs et des tibias apparaît en pratique comme ayant une expression continue dans la classe d'âge périnatale. La distinction entre une courbure légère, plus ou moins naturelle dans cette classe d'âge, et une courbure pathologique est difficile à réaliser.

Ce caractère est, de plus, souvent attribué en contexte archéologique à des atteintes métaboliques, dont en premier lieu le rachitisme. Des courbures discrètes ou nettes des membres inférieurs sont cependant mentionnées dans les diagnostics médicaux *in utero* actuels (*e.g.* pour neuf individus du corpus virtuel de Marseille), sans lien évident avec ce type de pathologie. Les causes de ces courbures semblent variables, et leur nature pathologique peu fréquente. Même en tenant compte de la fréquence naturellement inférieure des désordres métaboliques dans les populations actuelles, l'association systématique de la courbure des membres inférieurs au diagnostic de rachitisme dans les populations anciennes semble ainsi pouvoir être discutée. Ce caractère n'a donc pas été inclus dans le protocole mais constituera également une perspective à considérer dans le cadre de prochaines études.

III.3. Marqueurs de stress non spécifiques

Bien que leur cotation et leur corrélation effective avec des événements perturbateurs fassent l'objet de débats, deux marqueurs de stress non spécifiques (*Cf. supra*, chap. III, I.2.4.), les hypoplasies dentaires et les lignes de Harris, sont fréquemment évoqués dans le cadre de l'étude biologique d'individus immatures (Lewis, 2017b). Ne pouvant pas, pour des raisons pratiques, acquérir des données pour l'ensemble des individus conservés, nous avons évalué la présence de lignes de Harris (Harris, 1931) dans notre corpus en travaillant à partir d'un échantillon. Des radiographies¹⁹ ont été acquises et analysées par M. Bessou au laboratoire PACEA sur 10 fémurs, soit gauche, soit droits, de 10 individus différents, sélectionnés dans les trois échantillons en fonction de leur état de conservation et dans le but de couvrir au mieux le spectre des âges du corpus archéologique. Le plus jeune d'entre eux a un âge estimé de 36,2 s.a., et le plus âgé de 44,9 s.a. Aucune ligne de Harris n'a été identifiée dans cet échantillon (*Cf.* annexe 11)

Une recherche exploratoire des hypoplasies dentaires visibles en surface a également été effectuée à la loupe manuelle x30 puis à la loupe binoculaire sur 117 incisives (*Cf.* annexe 12) appartenant à 42 individus (29 de l'échantillon de Saï, 1 de Provins et 12 de Blandy-les-Tours), sélectionnées en fonction de leur conservation. Aucune hypoplasie n'a été décelée, ce qui pourrait tendre à confirmer les observations de Franco et collaborateurs (2007) selon lesquelles le moment idéal pour l'observation des hypoplasies dentaires est après l'éruption du germe, et que leur recherche sans examens micro-CT dans le corpus périnatal est peu pertinente.

¹⁹ Générateur de rayons X de marque ODEL et de type GENIUS 5001, numérisation des clichés à l'aide d'un équipement Microtek Medi-2200plus

Synthèse

Le protocole élaboré pour l'étude du corpus archéologique comprenait en premier lieu une composante métrique avec **près de 200 variables** acquises sur l'ensemble du squelette à l'aide d'un pied à coulisse électronique. Ces variables sont celles classiquement utilisées (en partie) pour l'étude biologique des individus en période périnatale, mais d'autres sont proposées pour les compléter.

Le protocole comportait ensuite une composante non métrique avec la cotation de **quatre indicateurs de maturation** et de **30 variations anatomiques non métriques** soit classiquement observées, soit identifiées dans la présente étude. Si certaines sont retrouvées chez les individus adultes (et donc qualifiées de « **pérennes** »), nous avons proposé de coter également des variations anatomiques présentes uniquement à certaines étapes de maturation du squelette (et donc non conservées dans les classes d'âges supérieures), qualifiées de « **transitoires** ».

Plusieurs régions d'intérêt et traits morphologiques spécifiquement identifiés feront l'objet de chapitres dédiés. C'est le cas de la perforation de la face linguale du germe des incisives supérieures, ou encore de la région de la tubérosité bicipitale du radius. L'une des variations anatomiques non métriques pérennes, la côte surnuméraire cervicale, fera également l'objet d'un chapitre à part entière. Certains marqueurs classiquement envisagés comme traduisant un stress non spécifique (lignes de Harris, hypoplasies dentaires, lésions endocrâniennes) ont été écartés de l'étude, et ce pour des raisons d'obstacles liés à la cotation ou de difficultés à identifier un lien effectif entre le trait observé et un stress non spécifique.

Pour une partie des observations, les résultats obtenus sur le corpus archéologique seront associés aux résultats de l'étude de notre second corpus, le corpus virtuel d'individus actuels de l'UMR 7268 ADES (Marseille).

Chapitre VII.

Corpus virtuel : analyses de scanners médicaux

Les individus en période périnatale appartenant à des populations actuelles peuvent être étudiés sur os sec ou sur scanner. Ce second support est souvent davantage accessible pour des raisons autant techniques qu'éthiques. Pour les individus au stade fœtal, l'examen scanner est toutefois beaucoup moins répandu que l'échographie, car il n'est, contrairement à cette dernière, pas pratiqué en première intention. Il n'est prescrit qu'en cas de suspicion de problème médical justifiant l'irradiation du fœtus *in utero*. L'examen scanner est également peu fréquent pour les sujets après la naissance, et limité aux cas de stricte nécessité médicale. Les corpus virtuels disponibles pour les études anthropologiques sont donc principalement constitués d'examens scanners pratiqués ante-mortem dans le cadre du suivi médical de grossesse, ou *post-mortem* en cas d'interruption (médicale ou naturelle) de la grossesse, ou encore de décès périnatal. Alors que l'analyse directe et macroscopique des restes osseux est confrontée aux problèmes de représentation et de conservation des échantillons, l'étude de Ct-scans réalisés sur des sujets complets constitue un véritable atout. L'irradiation limitée des individus aux rayons X offre toutefois des reconstructions virtuelles dont la précision est mieux adaptée aux perspectives cliniques des analyses médicales qu'aux objectifs des analyses anthropologiques.

Dans le cadre d'une collaboration avec l'UMR 7268 ADES (Marseille, France), nous avons eu accès à un corpus virtuel exceptionnel d'origine médicale et médico-légale, constitué des scanners de 364 individus actuels. Ce corpus avait pour particularité de comporter une base de données avec des informations médicales notamment relatives à l'âge réel de l'individu et à la cause de décès, données dont il est rare de disposer. Ce corpus a été intégré à notre étude pour deux raisons principales.

- (i) Il s'agissait de documenter la variabilité non métrique d'un corpus actuel en se concentrant sur un caractère spécifique, la côte surnuméraire cervicale, dont le lien avec un état sanitaire compromis a été récemment mis en évidence dans le registre faunique tout comme pour l'Homme dans la classe d'âge périnatale (*e.g.* Bots *et al.*, 2011 ; Furtado *et al.*, 2011 ; Reumer *et al.*, 2014 ; van der Geer et Galis, 2017). Cette étude devait s'accompagner d'observations de fréquence au niveau de plusieurs autres caractères non métriques. Par rapport au corpus archéologique, ces données avaient pour particularité de pouvoir être croisées avec les informations individuelles et médicales des individus lorsqu'elles sont disponibles.
- (ii) Dans un deuxième temps, l'étude avait pour objectif d'effectuer des comparaisons entre la variabilité non métrique du corpus archéologique et celle du corpus virtuel, et ce pour l'ensemble des caractères pouvant être observés à la fois dans l'une et dans l'autre.

Nous présenterons ici le matériel, le protocole ainsi que les caractères sélectionnés pour cette étude. Pour la suite de celle-ci, les individus de la collection virtuelle seront désignés par « M ».

I. Matériel

I.1. Origine du corpus

L'UMR 7268 ADES est dépositaire d'une série composée de 1148 scanners et IRM médicaux d'individus dont l'âge varie entre le stade fœtal et l'âge adulte, acquis à l'Hôpital de la Timone (Marseille, France) et rassemblés dans une base de données par le laboratoire²⁰ entre 2008 et 2017. Nous avons sélectionné les examens acquis sur des sujets âgés entre 26 s.a. et 48 s.a. révolues, ce qui a permis de travailler sur un corpus virtuel constitué de 364 individus. Parmi ces derniers, deux avaient fait l'objet de deux examens scanners successifs : seules les données acquises lors du second scanner ont été intégrées. Trois examens avaient pour objets des grossesses gémellaires.

Pour les individus décédés dans la période pré-terme (scanners *in utero*), les données issues d'examens fœto-pathologiques réalisés par le laboratoire d'anatomopathologie de

²⁰ Nous remercions les membres du laboratoire ayant élaboré la base de données, L. Corron, C. Delteil, M. Niel, E. Lesieur et F. Remy, ainsi que P. Adalian pour nous y avoir donné accès

l'Hôpital de la Timone ont été recueillies en aveugle. Pour les individus décédés dans la période post-terme (scanners *ex utero*), le corpus a également été établi en aveugle à partir des données de l'Institut Médico-Légal de l'Hôpital de la Timone. Tous les sujets décédés dans la période post-terme ont fait l'objet d'une autopsie médicale (demandée par les parents ou par l'équipe de soins), ou d'une autopsie médico-légale (demandée par le Procureur de la République).

Le corpus virtuel est donc constitué de deux types distincts d'examens : 35 % des sujets ont fait l'objet d'un scanner *post-mortem*, et 65 % des sujets ont fait l'objet d'un scanner ante mortem (figure 91). Les examens réalisés *post-mortem* sur 127 individus ont fait suite à des interruptions médicales de grossesse (IMG), des morts fœtales *in utero* (MFIU), des décès à la naissance et des morts inattendues du nourrisson. Les scanners ante-mortem ont été réalisés uniquement *in utero* à l'Hôpital de la Timone sur 238 sujets adressés pour des examens médicaux complémentaires (suspicion d'anomalie du développement, observation d'un retard de croissance, pathologie, etc.) L'échantillon d'individus décédés n'est pas équivalent à l'échantillon d'examens *post-mortem*, puisque certains examens réalisés ante mortem correspondent à des sujets décédés par la suite (Cf. *infra*, chap. VII, I.3.2.).

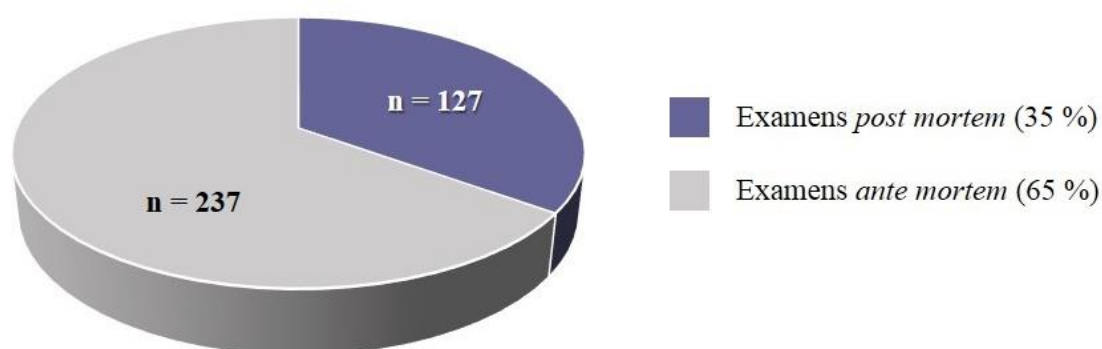


Figure 87. Composition du corpus virtuel, détails des types d'examens pratiqués sur les individus

I.2. Données associées aux examens scanners

Du fait de l'origine des examens scanners, le corpus anonymisé est fourni avec une base de données rassemblant des informations relatives à l'identité des sujets ainsi que des informations médicales pour une partie d'entre eux (tableau 12). Toutes les informations ne sont pas disponibles pour l'ensemble des individus : si l'âge en s.a. ou en jours postnataux est systématiquement disponible, la cause de la mort n'est communiquée que dans 62 % des cas.

Type d'information	Détail	F
Informations relatives à l'identité du sujet	Âge en s.a. ou âge post-natal (jours)	100 %
	Date de naissance	23 %
	Sexe	77 %
Informations biométriques	Poids (g)	33 %
	Taille vertex-talon (cm)	30 %
	Périmètre crânien PC (cm)	12 %
Informations médicales	Cause de la mort	62 %
	Analyse neuropathologique normale ou anormale	26 %
	Raisons médicales ayant amené à réaliser l'examen scanner, commentaires et diagnostic post-examen	90 %
	Épaisseur de la coupe	94 %
Informations techniques	Date d'acquisition	99 %
	Lieu d'acquisition	100 %
	Région anatomique d'acquisition	100 %
	Acquisition scanner <i>ante</i> ou <i>post mortem</i>	100 %

Tableau 12. Détails des informations médicales de la collection de Marseille, F : fréquence de l'information dans le corpus

I.3. Caractérisation du corpus

I.3.1. Distribution par âge

Le corpus compte 364 individus, la très grande majorité en période pré-terme (356 sujets en période pré-terme contre 8 en période post-terme, figure 92). La durée précise de chaque gestation n'étant pas renseignée dans la base de données, l'âge des sujets en période post-terme ne peut donc pas être calculé en semaines d'aménorrhée.

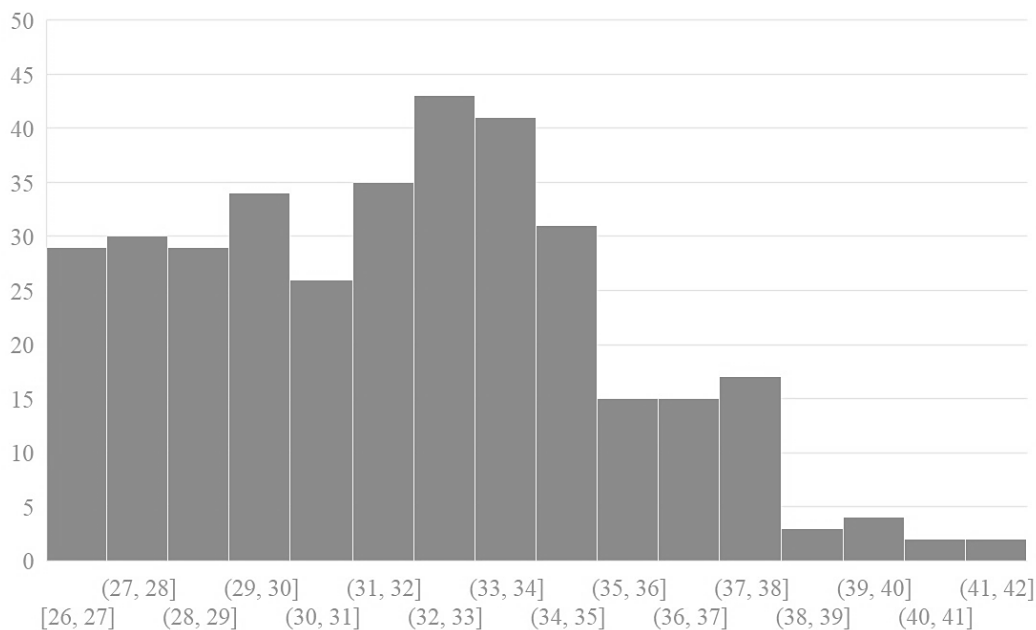


Figure 88. Distribution par âge des 356 individus dont le scanner a été réalisé en période pré-terme, âges exprimés en s.a.

Les distributions des deux échantillons sont donc présentées séparément, en semaines d'aménorrhée pour les individus en période pré-terme (figure 92) et en semaines post-partum pour les individus en période post-terme (figure 93). Le corpus des individus en période post-terme est constitué uniquement de sujets sur lesquels un examen scanner a été réalisé à la suite d'un décès périnatal (mort-nés, morts inattendues du nourrisson, etc.) ou du fait de l'existence d'un problème médical important.

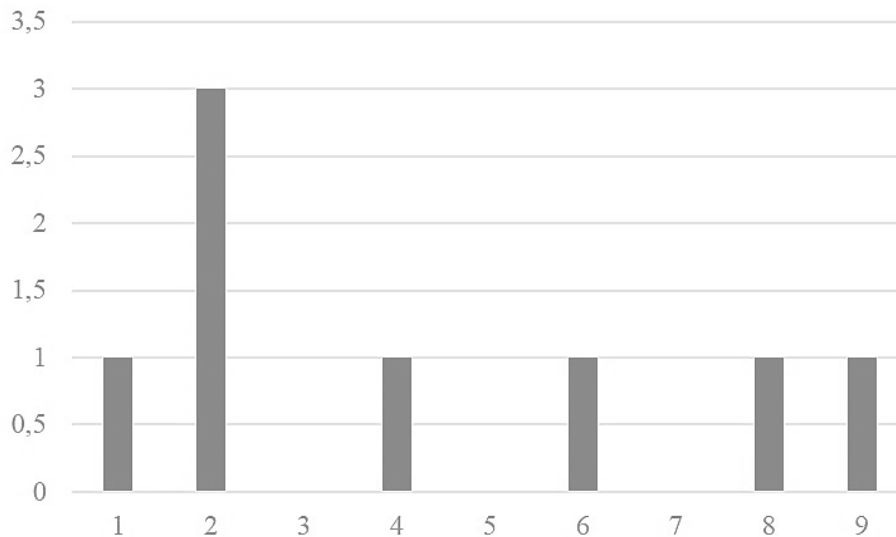


Figure 89. Distribution par âge des huit individus dont le scanner a été réalisé en période post-terme, âges exprimés en semaines post-partum

I.3.2. Vitalité et mortalité des sujets

Le corpus virtuel est composé de 146 individus décédés entre 26 et 48 s.a. révolues, ainsi que de 218 individus ayant survécu au moins jusqu'à 48 s.a. révolues (figure 94). Vingt individus inclus parmi les examens *ante-mortem* sont décédés après avoir fait l'objet d'un scanner *in utero*.

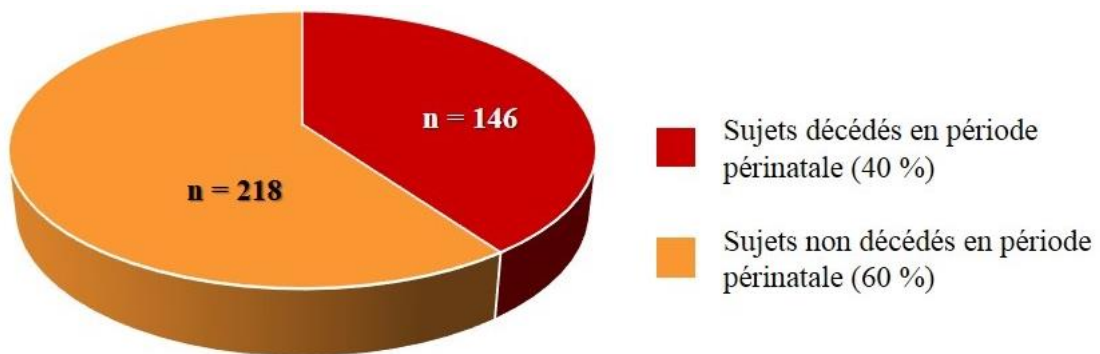


Figure 90. Composition du corpus, détails relatifs à l'état de vitalité des individus

I.3.3. Morbidité des sujets

La mise à disposition des données médicales relatives à l'état de santé des sujets nous a permis de distinguer :

- les sujets identifiés comme porteurs d'anomalies importantes du développement pouvant compromettre leur survie à court ou moyen terme (signes dysmorphiques graves, agénésies des segments osseux ou des organes, anomalies du rachis, ostéogénèse imparfaite, etc.)
- les sujets sur lesquels aucune anomalie importante n'est identifiée ou sur lesquels des anomalies mineures ont été observées (raccourcissements ou courbures discrètes des diaphyses, syndactylies, retards de croissance *in utero*)
- les sujets pour lesquels aucune information médicale relative à leur état sanitaire n'était disponible, et qui sont donc non classés.

Comme attendu au regard de la nature médicale du corpus, plus de 50 % des sujets sont identifiés comme porteurs d'anomalies importantes (figure 95). Quarante-trois sujets classés comme porteurs d'anomalies importantes ne font pas partie de l'échantillon des individus décédés entre 26 et 48 s.a.

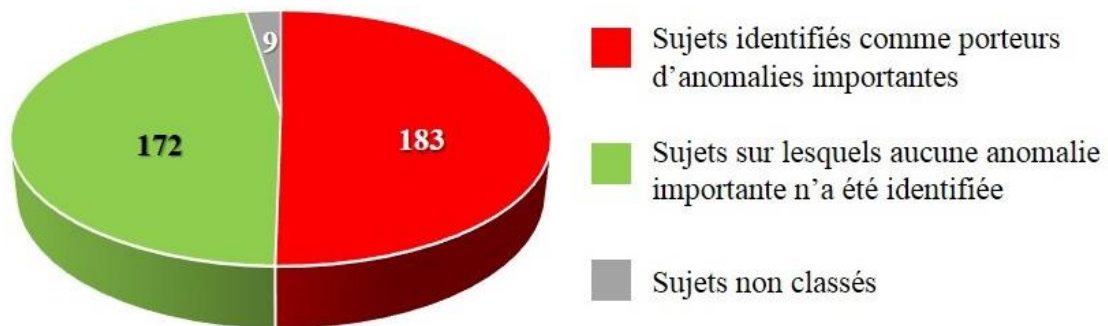


Figure 91. Composition du corpus, état de morbidité des individus

II. Méthodes

Les observations ont été réalisées sur les isosurfaces (représentations tridimensionnelles des données en 2 dimensions) obtenues à partir des coupes scanners (*dicoms*) sur le logiciel Avizo Fire 8.1©. L'étude des critères non métriques sur ces isosurfaces et non pas directement à partir des coupes scanners a été privilégiée pour des raisons de précision des observations. Facilement manipulables et orientables dans l'espace, elles permettent de visualiser de manière réaliste la morphologie du squelette. Elles demeurent toutefois des reconstructions dépendantes à la fois de la précision des acquisitions et de leur segmentation. La précision des

reconstructions 3D, que l'on définit comme l'adéquation entre le modèle 3D et la morphologie de l'os sec, dépend du taux d'irradiation des individus. Plus ce dernier est élevé (comme dans le cas d'un micro-scanner), plus la représentation sera proche de la réalité (figure 96). Cette précision dépend donc à la fois du dosage de rayons X et de l'absorption des rayons par l'environnement de la région anatomique étudiée. La segmentation constitue l'étape de sélection des tissus à observer, dans le cas présent le tissu osseux dont la visualisation a été recherchée par seuillage *threshold* (Otsu, 1979).



Figure 92. Variabilité de la qualité des isosurfaces dans le corpus virtuel, à gauche : sujet M333 scanné ex utero, à droite sujet M995 scanné in utero

Si la sélection des variables non métriques observées dans le corpus archéologique dépend de la représentation et de la conservation des éléments osseux, la sélection des variables à observer sur le corpus virtuel dépend quant à elle de la qualité des reconstructions 3D. Les isosurfaces produites à partir du corpus sont de qualité variable. Les reconstructions 3D réalisées à partir des examens pratiqués *ex utero* directement sur le fœtus ou le nouveau-né ont une précision supérieure à celle des examens pratiqués alors que le fœtus est *in utero* (figure 96).

La qualité généralement inférieure des scans *in utero* s'explique par la nécessité de limiter l'exposition du fœtus et de la mère aux rayons X, ainsi que par l'absorption d'une partie de ces rayons par le ventre maternel. Ces différences s'expriment visuellement par une perte de précision des contours du squelette, ainsi que par la présence d'un « bruit » pouvant parfois gêner les observations.

Ces caractéristiques peuvent être une source de biais pour les observations. Les éléments de faibles dimensions peuvent en effet être, ou ne pas être reconstruits en fonction du seuillage, alors même que le reste du squelette est bien représenté (figure 97).

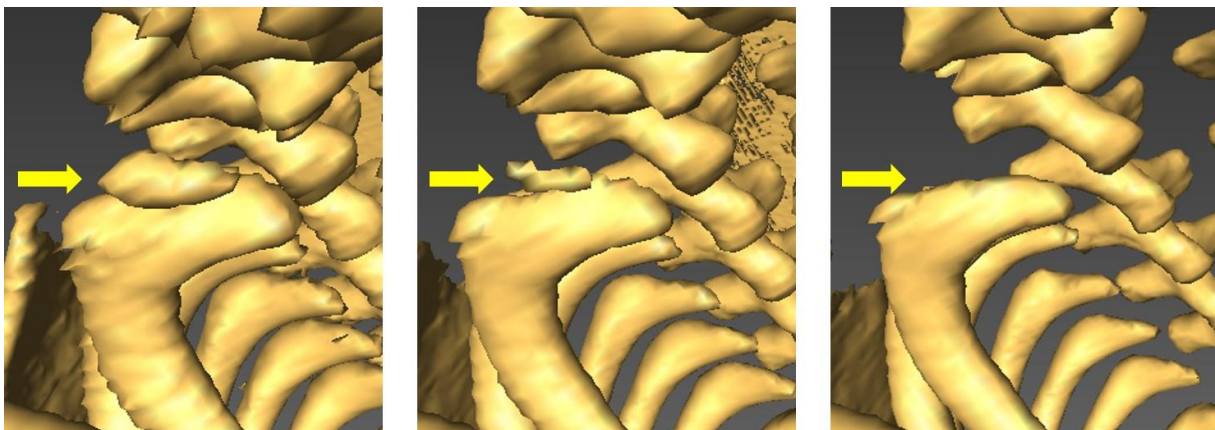


Figure 93. Reconstruction ou absence de reconstruction d'une côte surnuméraire cervicale droite en fonction du seuillage, individu M79, seuillage à 144, 222 et 320

Il est donc possible de ne pas identifier des caractères pourtant présents en réalité. Pour garantir la fiabilité des fréquences obtenues, et garantir que l'absence du caractère sur l'isosurface corresponde bien à une absence du caractère sur l'individu, des observations successives ont été réalisées en testant entre trois et dix seuillages par individu. Les scanners dont la résolution ne permettait pas une identification évidente des éléments ont été écartés de l'étude. Même dans le cas de reconstructions 3D très précises, l'acquisition de données métriques nécessiterait la mise en place d'un protocole de pose de landmarks, ce qui ne rentre pas dans les objectifs de notre étude. De fait, seules des données relatives à la fréquence de critères non métriques ont été acquises.

L'observation des fréquences de la côte surnuméraire cervicale dans un échantillon actuel constituait l'objectif principal de l'étude (*Cf. supra*, chap. XIV.) Afin d'approfondir la comparaison du corpus archéologique avec le corpus virtuel, l'observation d'autres caractères a été incluse. Les variables non métriques observées sur la collection virtuelle ont été sélectionnées à partir du protocole élaboré pour l'étude de la collection archéologique, en excluant les variables non systématiquement observables sur les isosurfaces (tableau 13).

Type d'observation	Région anatomique	Variable non métrique observée
Variations anatomiques non métriques	Gril costal	Présence d'une côte surnuméraire cervicale
		Réduction du nombre de côtes
		Présence d'une côte surnuméraire lombaire
		Côtes bifides
	Bloc crânio-facial	Processus de Kerckring Zygomatique bipartite
Indicateurs de maturité	Membre inférieur	Ceinture du membre supérieur <i>Epispinus notch</i> Constriction scapulaire
		Nombre de points d'ossification secondaires (point de Béclard, point de Todd)

Tableau 13. Caractères observés dans le cadre de l'étude du corpus virtuel

La précision des reconstructions 3D ne permet pas d'observer les variables relatives aux foramens vasculaires, à la morphologie du contour de la *pars lateralis*, ou encore à la morphologie détaillée de la région de la tubérosité bicipitale. L'étude s'est donc concentrée sur neuf variables non métriques (tableau 13).

Synthèse

Le second corpus étudié est un **corpus virtuel d'individus actuels constitué des scanners de 364 individus en période périnatale (*in et ex utero*)** acquis à l'Hôpital de la Timone et rassemblés par l'UMR 7268 ADES entre 2008 et 2017. Les individus ont fait l'objet d'exams scanners dans le cadre du suivi de grossesses et en raison d'une suspicion de problèmes médicaux importants. Le corpus a ainsi pour particularité d'être associé à de **nombreuses informations individuelles et biomédicales** (*e.g.* âge au décès, sexe, cause de la mort) qui nous ont été communiquées.

Le corpus comprend des individus âgés de 26 à 48 semaines d'aménorrhée révolues, 356 en période pré-terme, et 8 en période post-terme. Parmi eux, 237 ont fait l'objet examens antemortem et 127 d'exams postmortem. Cent-quarante-six sont décédés avant 48 semaines d'aménorrhée révolues et 218 ont survécu au moins jusqu'à ce terme, plus de 50 % des individus de l'échantillon étant porteurs d'anomalies graves du développement.

Le principal objectif de l'étude de ce corpus était l'observation des fréquences de la côte surnuméraire cervicale, même si plusieurs autres traits ont été relevés. Il s'agit de cotations d'ordre non métrique (VANM sur le gril costal, la scapula ainsi que le bloc crânio-facial) et d'un indicateur de maturation (points d'ossification secondaires de l'épiphyse distale du fémur et de l'épiphyse proximale du tibia). Les caractères ont été sélectionnés à partir du protocole élaboré pour le corpus archéologique, la précision des reconstructions 3D n'étant pas suffisante

pour tous les traits. Les données ont été acquises à partir des reconstructions 3D des scanners sur le logiciel Avizo Fire 8.1©, selon un protocole destiné à minimiser les biais de cotation dus à la précision variable de ces reconstructions.

Partie III.

Résultats et discussion : variabilité métrique

Chapitre VIII.

Variabilité métrique et analyses de conformation : indices anthropométriques

Entre le 4^e et le 6^e mois lunaires, le fœtus connaît une très forte croissance longitudinale, qui se poursuit par une période de croissance pondérale et de maturation des organes entre le 7^e mois lunaire et la naissance (Bogin, 2003). Les premiers mois postnataux connaissent alors un taux de croissance et de maturation qui reste ensuite inégalé au cours de la vie (Bogin, 2003). Discerner les effets de la croissance longitudinale (évolutions de format) des effets de la maturation (évolutions de conformation) représente donc un enjeu important pour la documentation de la variabilité ostéologique (Métairie, 2014).

Les évolutions des rapports de proportions entre les membres sont abordées à partir d'indices anthropométriques traduisant des dimensions relatives (données de forme, de robustesse et de proportions corporelles). Ils expriment des proportions entre, au minimum, deux dimensions anatomiques, et constituent un « outil supplémentaire de comparaison » (Garcin, 2009, p. 127) en excluant les différences d'échelles entre les individus (Métairie, 2014). Nous avons privilégié l'utilisation des indices développés par Garcin (2009) sur un corpus de sujets immatures de 0 à 16 ans, dans le but de faciliter dans le futur la comparaison des résultats obtenus sur la classe d'âge périnatale avec les résultats obtenus sur les autres classes d'âge. Ces indices sont adaptés de ceux calculés pour les adultes (Martin et Saller, 1956 ; Olivier, 1960 ; Morel, 1962 ; Mafart, 1980).

Il existe cependant un biais difficilement contournable dans le cas présent, dans la mesure où sont recherchées des corrélations entre des dimensions linéaires et un âge lui-même estimé à partir de certaines de celles-ci. Plusieurs arguments amènent cependant à poursuivre cette démarche. D'un point de vue pratique, il était difficile d'exclure à chaque analyse les individus pour lesquels l'âge avait été estimé à partir de l'élément osseux concerné.

Cela aurait impliqué de diminuer très fortement l'échantillon (en particulier pour les indices traitant les longueurs humérale et fémorale). Comme discuté précédemment (*Cf. supra*, chap. V, IV.2.), il existe de plus (du fait de la bonne corrélation entre l'âge et la longueur diaphysaire pour cette classe d'âge) une forte concordance entre les estimations réalisées pour un même individu à partir de différents éléments osseux. Les résultats des analyses portant sur des dimensions ayant, ou n'ayant pas été utilisées pour l'estimation d'âge doivent donc, en toute logique, être proches. Une solution pour contourner le problème méthodologique demeure l'obtention d'un âge dentaire absolu (*Cf. supra*, chap. V, II.1.), option onéreuse et exclue dans la présente étude, mais qui devra être envisagée à l'avenir pour confirmer les résultats. Pour limiter l'influence de ce biais, les analyses mettant en évidence une corrélation à l'âge ont néanmoins été doublées par d'autres portant sur les groupes formés par les sous-classes d'âge, ce qui permet de renforcer la fiabilité des résultats.

Après avoir abordé la variabilité générale de chacun des indices dans la classe d'âge à l'aide de coefficients de variation, ont été détaillés les résultats des analyses portant sur leur corrélation avec l'âge estimé au décès et sur d'éventuelles différences inter-groupes.

I. Protocole

I.1. Sélection des indices utilisés

Le protocole développé par Garcin (2009) comporte 35 indices adaptés à l'étude d'un corpus immature, dont 29 sont applicables à la classe d'âge périnatale. Les six autres ne sont pas observables au regard de l'état de maturation de la classe d'âge (*e.g.* indices relatifs à la mandibule, calculables pour des individus présentant une fusion des deux héli-mandibules). D'autres indices calculés sur le talus, le calcanéus, les métacarpiens et les métatarsiens n'ont pas été pris en compte dans le protocole en raison du manque de données.

Les 29 indices inclus dans le protocole ont été calculés à partir des variables métriques brutes acquises sur l'ensemble du corpus au niveau des ceintures des membres supérieurs et inférieurs, ainsi qu'au niveau des membres supérieurs et inférieurs (tableau 14). Pour chaque individu a été calculé l'indice du côté gauche et l'indice du côté droit. À l'instar de Garcin (2009), les indices spécifiques aux individus immatures se sont vus attribuer un astérisque dans le tableau récapitulatif (tableau 14).

Région anatomique	Référence	Intitulé de l'indice	Formules (avec codes des mesures utilisés dans notre étude)
Clavicule	IC1	Indice de robustesse	$CI2 \times 100/CI1$
	IC2*	Indice claviculo-huméral	$CI1 \times 100/Hu1$
	IC3	Indice de largeur acromiale	$CI3 \times 100/CI1$
	IC4	Indice de largeur sternale	$CI6 \times 100/CI1$
Humérus	IH1*	Indice de robustesse	$Hu2 \times 100/Hu1$
	IH2	Indice huméro-fémoral	$Hu1 \times 100/F1$
	IH3	Indice brachial	$Ra1 \times 100/Hu1$
	IH4*	Indice de largeur proximale	$Hu5 \times 100/Hu1$
	IH5*	Indice de largeur distale	$Hu7 \times 100/Hu1$
Radius	IR1*	Indice de robustesse	$Ra8 \times 100/Ra1$
	IR2*	Indice d'aplatissement diaphysaire	$Ra9 \times 100/Ra10$
	IR3*	Indice de largeur proximale	$Ra6 \times 100/Ra1$
	IR4*	Indice de largeur distale	$Ra11 \times 100/Ra1$
Ulna	IU1*	Indice de robustesse	$UI2 \times 100/UI1$
	IU2*	Indice de largeur proximale	$UI5 \times 100/UI1$
	IU3*	Indice de largeur distale	$UI10 \times 100/UI1$
Ceinture du membre inférieur	II1*	Indice de largeur de l'ilium	$II3 \times 100/II1$
	IP1*	Indice ischio-pubien	$Pu1 \times 100/Is1$
Fémur	IF1	Indice de robustesse	$Fe2 \times 100/Fe1$
	IF2*	Indice de robusticité	$(Fe3 + Fe4) \times 100/Fe1$
	IF3	Indice pilastrique	$Fe3 \times 100/Fe4$
	IF4*	Indice métapyhso-diaphysaire	$Fe4 \times 100/Fe7$
	IF5*	Indice intermembral	$(Hu1 + R1) \times 100/(Fe1 + T1)$
Tibia	IT1*	Indice de robustesse	$Ti2 \times 100/T1$
	IT2*	Indice diaphysaire au milieu	$Ti4 \times 100/Ti3$
	IT3*	Indice crural	$T1 \times 100/Fe1$
	IT4*	Indice de largeur proximale	$Ti7 \times 100/Ti1$
	IT5*	Indice de largeur distale	$Ti9 \times 100/Ti1$
Fibula	IFib1	Indice de robustesse	$Fi4 \times 100/Fi1$

Tableau 14. Récapitulatif des indices anthropométriques calculés dans notre étude en fonction des régions anatomiques et des éléments osseux. Référence : référence utilisée dans notre étude et dans celle de Garcin (2009) ; formules : formules avec références des mesures utilisées dans la présente ; indice de robusticité de Morel (1962). Pour les définitions des variables métriques, se rapporter au protocole en annexe (Cf. annexe 3 et annexe 4)

Deux ensembles d'indices anthropométriques ont été distingués en fonction des éléments osseux concernés (tableau 15 et figure 98).

Type d'indices	Indices	
Indices de proportions relatives entre des éléments osseux distincts	IC2, IH2, IH3, IP1, IT3	
Indices de proportions relatives à l'échelle d'un seul élément osseux	Indices de robustesse	IC1, IH1, IR1, IFib1, IT1, IU1, IF1, IF2
	Indices de largeur proximale	IC4, IH4, IU2, IR3, IT4
	Indices de largeurs distales	IC3, IH5, IR4, IU3, IT5
	Indices généraux	IR2, II1, IF3, IF4, IF5, IT2

Tableau 15. Types d'indices calculés dans la présente étude ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

Ont été analysés, d'une part, ceux correspondant à des proportions relatives entre des éléments osseux distincts (e.g. une variable de l'humérus par rapport à une variable du fémur) et, d'autre part, ceux en rapport avec des proportions relatives à l'échelle d'un élément osseux (e.g. indices de robustesse, tableau 15).

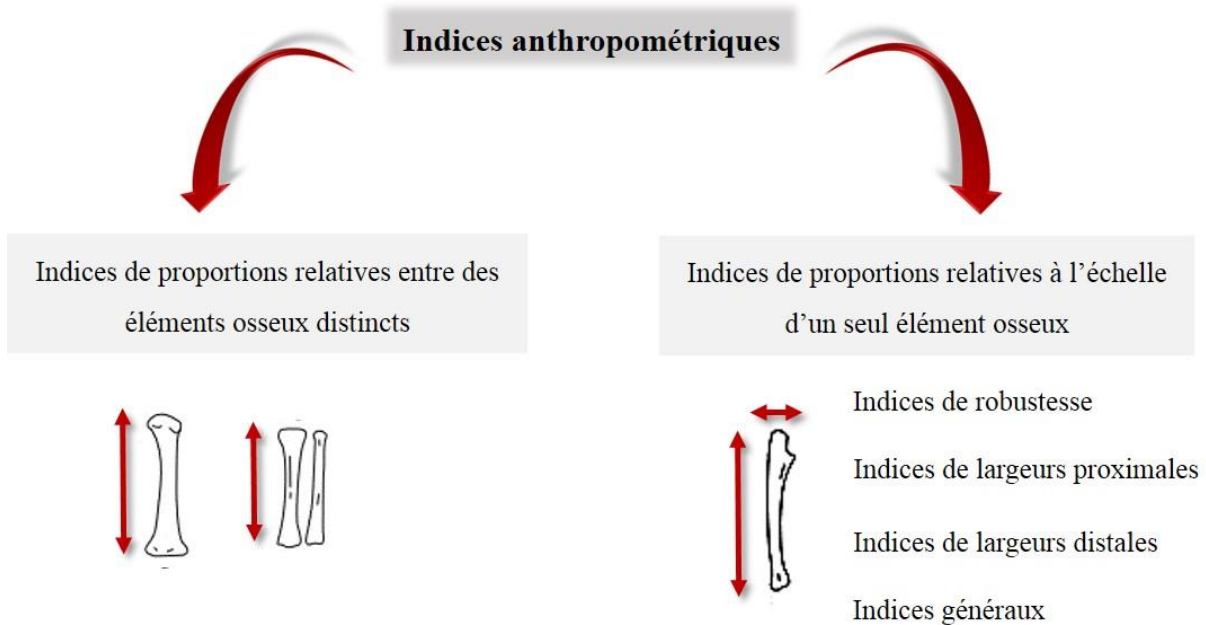


Figure 94. Types d'indices calculés dans la présente étude

I.2. Analyses statistiques

Une première phase d'analyses a utilisé le coefficient de variation (CV), mesure de la dispersion relative des données autour de la moyenne (Brown, 1998 ; Lovie, 2005) exprimé par le rapport de l'écart-type à la moyenne :

$$CV = (\sigma_x) / \bar{x} \times 100$$

Le CV est indépendant des unités des variables et exprimé en pourcentages entre 0 (variabilité nulle) et 100 % (variabilité maximale). Calculé pour chacun des indices anthropométriques, il permet de caractériser la variabilité des dimensions relatives dans le corpus ou dans ses sous-ensembles. L'objectif est de distinguer les indices peu variables (indiquant une certaine stabilité de la mensuration squelettique) des indices présentant une plus grande variabilité (potentiellement susceptibles de traduire une variabilité inter-populationnelle ou relative à l'âge des individus). Comme il n'existe pas d'échelle d'interprétation conventionnelle pour le CV, nous proposons la grille d'interprétation suivante (tableau 16), adaptée aux dimensions réduites de la classe d'âge périnatale :

CV	Variabilité
0 < 5	faible
5 < 10	modérée
10 < 15	moyenne

Tableau 16. Grille d'interprétation du coefficient de variation choisie pour nos analyses, CV : coefficient de variation

Une seconde phase d'analyses portant sur la distribution des indices anthropométriques en fonction des âges estimés, des sous-classes d'âge et des groupes populationnels (kerma et médiévaux / moderne) a ensuite été réalisée avec deux objectifs :

- (i) identifier les indices « âge-dépendants » par l'intermédiaire du test de corrélation de Pearson et du test de corrélation de Spearman, entre les indices anthropométriques et les âges centraux au décès des individus. Le test de corrélation de Pearson analyse les corrélations linéaires, et le test de corrélation de Spearman évalue les relations de corrélation non-linéaires monotones. Les individus pour lesquels un âge central n'a pas pu être calculé ont au préalable été exclus de l'échantillon.
- (ii) identifier les variations inter-populationnelles en testant la significativité des différences entre les indices de l'échantillon kerma d'une part, et les indices de l'échantillon médiéval d'autre part. Les variables respectant la normalité sont testées par un test de Student, les autres par un test de Wilcoxon-Mann Whitney.

En préalable de ces analyses et afin de respecter les conditions d'application des tests paramétriques, la normalité de la distribution des données est testée grâce à un test de normalité de Shapiro-Wilk (Razali et Wah, 2011) et l'homogénéité des données grâce à un test de Levene, considéré comme un des tests d'homogénéité les plus performants et les plus robustes (Loh, 1987). Tous les tests statistiques de ce chapitre ont été réalisés à l'aide du logiciel Past.3. Les échantillons de Provins et de Blandy ont été considérés ensemble pour les tests de différences populationnelles, dans la mesure où les effectifs respectifs sont réduits et afin d'étudier les différences entre le groupe kerma et européen.

II. Résultats : variabilité générale du corpus

Les données sont présentées détaillées par indice sur les côtés gauche et droit de chaque élément osseux. Pour chaque indice sont données les valeurs minimales et maximales dans le corpus, la moyenne et l'écart-type de la variable, ainsi que son CV.

II.1. Clavicule

L'indice de robustesse de la clavicule IC11 (CV = 9,2 et 8) varie modérément dans le corpus (tableau 17), tandis que l'indice de proportions entre les longueurs diaphysaires de la clavicule et de l'humérus IC12 est très faiblement variable (CV = 3,3 et 4). La variabilité est plus importante pour les indices relatifs aux extrémités proximales et distales (CV variant entre 9,1 et 14). Les dimensions de l'extrémité acromiale IC13 sont par ailleurs plus variables que celles de l'extrémité sternale IC14.

	Indice	Valeur min	Valeur max	Moy.	Écart-type	CV	
G	IC1G	Indice de robustesse de la clavicule	19,6	28,6	24,3	2,2	9,2
	IC12G	Indice claviculo-huméral	63,2	71,2	67,6	2,2	3,3
	IC13G	Indice de largeur acromiale	12,5	21,4	17,2	2	11,7
	IC14G	Indice de largeur sternale	14,8	21,4	18,4	1,7	9,1
D	IC1D	Indice de robustesse de la clavicule	21,1	29,7	25	2	8
	IC12D	Indice claviculo huméral	60,2	72,5	67,2	2,8	4,1
	IC13D	Indice de largeur acromiale	12	21,5	16,9	2,4	14
	IC14D	Indice de largeur sternale	12,8	21,9	18,6	1,9	10,3

Tableau 17. Indices calculés à partir des variables acquises sur la clavicule, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne, pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.2. Humérus

L'indice de robustesse IH1(CV = 8,2 et 7,7) présente une variabilité modérée (tableau 18). Les CV des indices huméro-fémoraux IH2 (CV = 9,5 et 11,2) indiquent qu'il semble exister une variabilité plus importante des proportions entre les segments proximaux respectifs des membres supérieurs et inférieurs (tableau 18). Cette variabilité est extrêmement réduite, voire négligeable, au niveau des proportions entre les segments proximaux et distaux du membre supérieur (indice brachial IH3, CV = 2,5 et 2,7). Les indices relatifs aux largeurs des extrémités proximales et distales IH4 et IH5 sont également faiblement variables (CV variant entre 4,5 et 6,6).

	Indice	Valeur min	Valeur max	Moy.	Ecart-type	CV	
G	IH1	Indice de robustesse de l'humérus	22,3	33,8	25,7	2,1	8,2
	IH2	Indice huméro-fémoral	63,4	120,1	87,2	8,3	9,5
	IH3	Indice brachial	77	84,1	80	2	2,5
	IH4	Indice de largeur proximale	17,1	22,7	19,9	1,3	6,6
	IH5	Indice de largeur distale	21,9	28,2	25,1	1,3	5,1
D	IH1	Indice de robustesse de l'humérus	21,5	34,5	25,3	2	7,7
	IH2	Indice huméro-fémoral	63,2	127,6	88,1	9,8	11,2
	IH3	Indice brachial	75,9	85,2	80,2	2,1	2,7
	IH4	Indice de largeur proximale	16,6	22,1	19,5	1,3	6,5
	IH5	Indice de largeur distale	23,1	27,6	24,9	1,1	4,5

Tableau 18. Indices calculés à partir des variables acquises sur l'humérus ; G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.3. Radius

La variabilité des indices de robustesse IR1 (CV = 9,5 et 8,5) est modérée (tableau 19). La variabilité de l'indice d'aplatissement diaphysaire IR2 est également modérée (CV = 5, 9 et 7,7), de même que celle des indices de largeur proximale et distale du radius IR3 et IR4 (CV variant entre 6,2 et 8,3).

	Indices		Valeur min	Valeur max	Moy.	Écart-type	CV
G	IR1	Indice de robustesse	17,9	28	22,2	2,1	9,5
	IR2	Indice d'aplatissement diaphysaire	69,4	92,3	84	5	5,9
	IR3	Indice de largeur proximale	8,6	12,4	10,4	0,7	7,2
	IR4	Indice de largeur distale	14,8	20,5	17,3	1,4	8,3
D	IR1	Indice de robustesse	18,1	27,3	21,8	1,8	8,5
	IR2	Indice d'aplatissement diaphysaire	68	102,8	85,9	6,6	7,7
	IR3	Indice de largeur proximale	9,1	12	10,4	0,6	6,2
	IR4	Indice de largeur distale	14,7	20,6	17,1	1,4	8,3

Tableau 19. Indices calculés à partir des variables acquises sur le radius, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne, pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.4. Ulna

La variabilité des indices de robustesse de l'ulna IU1 (CV = 8,7 et 8,1) est modérée dans l'ensemble du corpus (tableau 20), de même que la variabilité des indices de largeur proximale et distale IU2 et IU3 (CV variant entre 6,8 et 9,4).

	Indices		Valeur min	Valeur max	Moy.	Écart-type	CV
G	IU1	Indice de robustesse	17	23,6	19,8	1,7	8,7
	IU2	Indice de largeur proximale	13,6	18,4	15,5	1,1	7,1
	IU3	Indice de largeur distale	9,2	12,3	10,6	0,8	7,4
D	IU1	Indice de robustesse	15,6	23	19,6	1,6	8,1
	IU2	Indice de largeur proximale	13	17,6	15,1	1	6,8
	IU3	Indice de largeur distale	8,7	13,5	10,7	1	9,4

Tableau 20. Indices calculés à partir des variables acquises sur l'ulna, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.5. Ceinture du membre inférieur

La variabilité de l'indice de largeur de l'ilium IL1 (tableau 21) est négligeable (CV = 2,8 et 3), au contraire de celle de l'indice ischio-pubien IP1 (CV = 9,9 et 8,7) qui est modérée.

	Indices		Valeur min	Valeur max	Moy.	Écart-type	CV
G	II1	Indice de largeur de l'ilium	103,3	116,6	109,1	3	2,8
	IP1	Indice ischio-pubien	59,1	90,6	79,6	7,9	9,9
D	II1	Indice de largeur de l'ilium	103,8	116,8	109,5	3,2	3
	IP1	Indice ischio-pubien	58,2	88,8	79,1	6,9	8,7

Tableau 21. Indices calculés à partir des variables acquises sur l'ilium et le pubis, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.6. Fémur

Les indices de robustesse et de robusticité du fémur IF1 et IF2 présentent une variabilité modérée (CV variant entre 7,6 et 8,9). D'après l'ensemble des CV, les indices sont un peu plus variables à gauche qu'à droite (tableau 22).

	Indices	Valeur min	Valeur max	Moy.	Écart-type	CV
G	IF1 Indice de robustesse	21,9	30,6	26,4	2,2	8,2
	IF2 Indice de robusticité	13,6	20	16,2	1,4	8,9
	IF3 Indice pilastrique	82,1	110,4	93,8	6,2	6,6
	IF4 Indice métaphyso-diaphysaire	25,5	40,4	31,7	3,3	10,4
	IF5 Indice intermembral	61,1	93,6	82,7	5,8	7
D	IF1 Indice de robustesse	21,6	30,7	26,1	2	7,6
	IF2 Indice de robusticité	13,5	18,8	16,1	1,3	7,9
	IF3 Indice pilastrique	82	125,9	95,8	8,6	9
	IF4 Indice métaphyso-diaphysaire	24,9	37,6	31,8	2,6	8,3
	IF5 Indice intermembral	60,8	89,1	82,7	5,2	6,2

Tableau 22. Indices calculés à partir des variables acquises sur le fémur, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.7. Tibia

Les indices de robustesse du tibia IT1 (CV = 8,4 et 8,6) présentent une variabilité modérée (tableau 23) Les CV des indices cruraux IT3 indiquent qu'il existe une variabilité faible au niveau des proportions relatives des segments proximaux et distaux du membre inférieur (CV = 2,5 et 2,2). Les indices de largeur proximaux et distaux IT4 et IT5 présentent au contraire une variabilité modérée (CV variant entre 7 et 9,9).

	Indices	Valeur min	Valeur max	Moy.	Écart-type	CV
G	IT1 Indice de robustesse	7	10,4	8,5	0,7	8,4
	IT2 Indice diaphysaire au milieu	75,4	98	87,2	4,9	5,6
	IT3 Indice crural	84,3	94	87,8	2,2	2,5
	IT4 Indice de largeur proximale	19,3	26	22,7	1,6	7
	IT5 Indice de largeur distale	12,8	18,9	16,1	1,6	9,9
D	IT1 Indice de robustesse	7,3	10,3	8,6	0,7	8,6
	IT2 Indice diaphysaire au milieu	75,4	100	88	5,1	5,8
	IT3 Indice crural	85	95,2	88	2	2,2
	IT4 Indice de largeur proximale	15,8	26,7	22,9	2	8,7
	IT5 Indice de largeur distale	13,9	19,4	16,5	1,3	8,1

Tableau 23. Indices calculés à partir des variables acquises sur le tibia, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.8. Fibula

La robustesse de la fibula IFi1 est moyenne, et plus variable dans notre corpus (CV = 11,9 et 12,5) que celles des autres diaphyses (tableau 24).

	indices		valeur min	valeur max	moy.	Écart type	cv
G	ifi1	indice de robustesse	13,4	24,1	16,6	2	11,9
D	ifi1	indice de robustesse	13,1	20,7	16,7	2,1	12,5

Tableau 24. Indices calculés à partir des variables acquises sur la fibula, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

II.9. Synthèse - corpus complet

La distribution des indices anthropométriques se caractérise par un CV variant entre 2,2 et 14, ce qui correspond à une variabilité faible à moyenne, inférieure à celle retrouvée chez les individus immatures plus âgés (Garcin, 2009). Sept variables d'indices sur 58 calculées à gauche et à droite présentent un CV supérieur ou égal à 10. Les indices de robustesse de la clavicule ainsi que ceux des os longs des membres inférieurs et supérieurs présentent une variabilité modérée (CV variant autour de 9). La variabilité de la robustesse des os longs à l'échelle de la classe d'âge périnatale semble donc réduite, même si celle de la fibula semble supérieure à celle des autres diaphyses. La variabilité de l'indice de robustesse est plus élevée du côté gauche que du côté droit, à l'exception du tibia pour lequel les deux côtés sont équivalents en termes de variabilité (CV = 8,4 et 8,6) et de la fibula, dont la robustesse est légèrement plus variable du côté droit (CV = 11, 9 et 12, 5). Cet écart entre le CV à gauche et le CV à droite pour les indices de robustesse des os longs (tibia et fibula exceptés) est à la limite de la significativité ($p = 0,058$ d'après le test des rangs signés de Wilcoxon pour des échantillons appariés). Les dimensions des épiphyses de tous les éléments osseux étudiés se caractérisent quant à elles par une variabilité modérée (CV inférieur à 10), autant pour les ceintures et membres supérieurs que pour les membres inférieurs.

Les proportions relatives entre des segments du squelette appartenant à un même membre présentent une variabilité très faible : les proportions au niveau du segment tibia / fémur (indice crural IT3), du segment humérus / radius (indice brachial IH3), et entre la clavicule et l'humérus (indice claviculo-huméral ICI2) présentent en effet un CV inférieur à 5. La variabilité est plus élevée lorsque l'on compare les proportions relatives de segments entre le membre supérieur et le membre inférieur : leurs CV varient entre 6 et 11. Les proportions relatives entre l'humérus et le fémur sont modérément variables (indice huméro-fémoral IH2), de même que les proportions relatives entre le membre supérieur d'une part et le membre inférieur d'autre part (indice intermembral IF5). D'après ces résultats, il semble donc exister une plus grande homogénéité à l'intérieur du corpus entre les proportions relatives d'un même membre, par rapport aux proportions relatives entre les membres supérieurs et inférieurs. Les proportions relatives de l'ilium (indice de largeur de l'ilium III1) présentent également une

variabilité extrêmement faible (CV inférieur à 3), alors que les proportions relatives de l'ischium et du pubis sont davantage variables dans l'ensemble du corpus (CV entre 8 et 10).

III. Résultats, variabilité individuelle, inter-populationnelle et relation à l'âge

III.1. Résultats généraux

Les résultats des tests de corrélation et des tests de significativité des écarts entre populations ou entre sous-classes d'âge sont présentés ci-dessous (tableau 25 et tableau 26).

Indice	Intitulé de l'indice	Corrélation avec l'âge au décès	
		p-valeur Pearson	p-valeur Spearman
IC11-G	Indice de robustesse	0,848	0,699
IC12-G	Indice claviculo-huméral	0,024*	0,045
IC13-G	Indice de largeur acromiale	0,14	0,618
IC14-G	Indice de largeur sternale	0,007*	0,09
IH1-G	Indice de robustesse	0,237	0,072
IH2-G	Indice huméro-fémoral	0,56	0,455
IH3-G	Indice brachial	0,008*	0,0478
IH4-G	Indice de largeur proximale	0,495	0,607
IH5-G	Indice de largeur distale	0,206	0,508
IR1-G	Indice de robustesse	0,883	0,846
IR2-G	Indice d'aplatissement diaphysaire	0,997	0,667
IR3-G	Indice de largeur proximale	0,524	0,908
IR4-G	Indice de largeur distale	0,101	0,101
IU1-G	Indice de robustesse	0,392	0,392
IU2-G	Indice de largeur proximale	0,382	0,382
IU3-G	Indice de largeur distale	0,083	0,546
II1-G	Indice de largeur de l'ilium	0,396	0,119
IP1-G	Indice ischio-pubien	0,387	0,532
IF1-G	Indice de robustesse	0,097	0,045
IF2-G	Indice de robusticité	0,021*	0,004
IF3-G	Indice pilastrique	0,728	0,542
IF4-G	Indice métaphyso-diaphysaire	0,011*	0,009
IF5-G	Indice intermembral	0,148	0,032
IT1-G	Indice de robustesse	0,064	0,039
IT2-G	Indice diaphysaire au milieu	0,058	0,035
IT3-G	Indice crural	0,526	0,001
IT4-G	Indice de largeur proximale	0,587	0,934
IT5-G	Indice de largeur distale	0,012*	0,255
IFib1-G	Indice de robustesse	0,275	0,183

Tableau 25. Résultats des tests de corrélation réalisés sur les indices, les tests significatifs sont signalés avec un astérisque ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

Par convention, les tests ont été effectués sur les indices obtenus du côté gauche. Dix indices présentent une corrélation significative avec l'âge central au décès estimé des individus du corpus (tableau 25). Parmi eux, cinq sont significatifs selon les deux tests, un uniquement selon le test de Pearson, et quatre uniquement selon le test de Spearman. Onze indices

anthropométriques se caractérisent par des différences populationnelles significatives d'après les tests de Student et de Wilcoxon Mann-Whitney (tableau 26).

Indice	Intitulé de l'indice	Différences populationnelles		
		Student		Wilcoxon-Mann Whitney
		t	p-valeur	
IC1-G	Indice de robustesse	-1,845	0,075	/
IC12-G	Indice claviculo-huméral	-0,564	0,579	/
IC13-G	Indice de largeur acromiale	0,587	0,562	/
IC14-G	Indice de largeur sternale	-0,537	0,595	/
IH1-G	Indice de robustesse	/	/	0,579
IH2-G	Indice huméro-fémoral	/	/	0,601
IH3-G	Indice brachial	-0,152	0,88	/
IH4-G	Indice de largeur proximale	6,136	$6,47 \times 10^{-7}$ *	/
IH5-G	Indice de largeur distale	2,366	0,023*	/
IR1-G	Indice de robustesse	2,422	0,02*	/
IR2-G	Indice d'aplatissement diaphysaire	-0,241	0,81	/
IR3-G	Indice de largeur proximale	2,725	0,009*	/
IR4-G	Indice de largeur distale	-2,857	0,008*	/
IU1-G	Indice de robustesse	1,924	0,061	/
IU2-G	Indice de largeur proximale	/	/	$5,50 \times 10^{-5}$ *
IU3-G	Indice de largeur distale	2,65	0,013*	/
II1-G	Indice de largeur de l'ilium	1,029	0,311	/
IP1-G	Indice ischio-pubien	0,438	0,665	/
IF1-G	Indice de robustesse	2,644	0,012*	/
IF2-G	Indice de robusticité (Morel 1962)	/	/	0,006*
IF3-G	Indice pilastrique	0,945	0,349	/
IF4-G	Indice métaphyso-diaphysaire	-0,127	0,9	/
IF5-G	Indice intermembral	/	/	0,86
IT1-G	Indice de robustesse	/	/	0,005*
IT2-G	Indice diaphysaire au milieu	1,862	0,068	/
IT3-G	Indice crural	-1,938	0,061	/
IT4-G	Indice de largeur proximale	/	/	0,177
IT5-G	Indice de largeur distale	6,736	$1,54 \times 10^{-7}$ *	/
Fib1-G	Indice de robustesse	/	/	0,054

Tableau 26. Résultats des tests de Student et de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés sur les indices. les tests significatifs sont signalés par un astérisque, les barres obliques indiquent les cas où les conditions d'application du test n'étaient pas réunies, ou lorsque l'application du test de Student ne rendait pas nécessaire celle du test de Wilcoxon Mann-Whitney. Pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14

III.2. Analyses détaillées par indice

La distribution de chaque indice a été analysée en fonction des résultats des tests de corrélation et des tests de Student et Wilcoxon (tableau 25 et tableau 26). Les résultats détaillés sont présentés par ensembles d'indices (tableau 15 ; figure 98). Pour toutes les illustrations suivantes, les sujets issus de la population kerma sont figurés par des croix jaunes, les sujets issus des populations médiévales par des points rouges. Dans certains cas les analyses se fondent sur les ellipses décrivant les contours de variabilité à 95 % de la population estimée, sous l'hypothèse que la répartition suive une loi normale bi-dimensionnelle.

Leur axe principal correspond à la droite de régression. Les ellipses ne sont pas présentées lorsque l'est la droite de régression. Bien qu'aucune règle statistique n'impose un effectif minimum de données pour la réalisation de ces ellipses, le nombre parfois réduit de valeurs testées peut être responsable d'une sensibilité de l'ellipse aux valeurs extrêmes, ainsi que du fait qu'elle puisse recouvrir un peu plus que la variabilité réelle de la population.

III.2.1. Indices de proportions relatives entre des éléments osseux distincts

III.2.1.1. Indice claviculo-huméral ICL2 ($Cl1 \times 100 / Hu1$)

La distribution de l'indice claviculo-huméral ICL2 ne présente pas de différences populationnelles d'après le test de Student (tableau 25), mais se trouve significativement et négativement corrélé à l'âge central au décès selon les tests de Pearson et de Spearman (figure 99 et tableau 26).

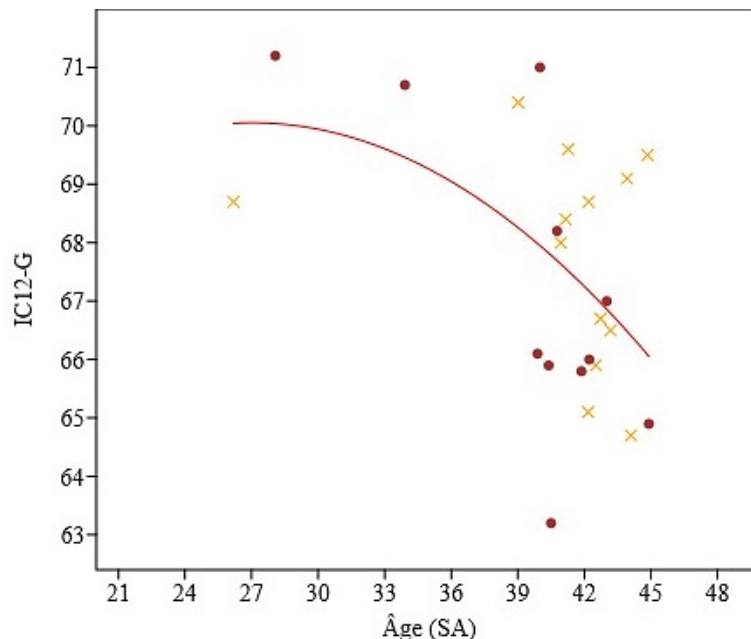


Figure 95. Distribution de l'indice ICL2-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :

$$y = -0,01251x^2 + 0,6765x + 60,91$$

Entre 27 et 45 s.a., la longueur diaphysaire de la clavicule augmenterait donc moins vite que la longueur diaphysaire de l'humérus. Ces résultats rejoignent ceux des analyses réalisées par Garcin (2009) sur un corpus de sujets immatures entre 0 et 16 ans, où l'auteur observe une décroissance de l'indice en fonction de l'âge à partir de la naissance. Nous testons ensuite l'hypothèse de l'existence de différences populationnelles au niveau de la distribution de cette variable pour les individus les plus âgés, c'est-à-dire en excluant les individus appartenant à la sous-classe des grands prématurés. Aucune différence populationnelle significative n'étant identifiée d'après le test de Wilcoxon-Mann Whitney ($p = 0,177$), l'hypothèse est donc rejetée.

III.2.1.2. Indice huméro-fémoral IH2, $Hu1 \times 100 / F1$

La distribution de l'indice huméro-fémoral IH2 ne présente pas de différences populationnelles selon le test de Wilcoxon-Man Whitney, et n'est pas corrélée à l'âge central au décès estimé d'après les tests de corrélation de Pearson et de Spearman (tableau 25 ; tableau 26). La relation entre l'indice IH2 et l'âge estimé au décès montre cependant une distribution particulière des valeurs d'indices (figure 100), avec une grande dispersion de ces derniers pour la sous-classe d'âge des grands-prématurés (IH2 variant entre 63,4 et 120, figure 100), et une plus grande homogénéité des indices pour les sujets appartenant aux sous-classes de sujets périnataux stricts et nourrissons (IH2 variant entre 80 et 90).

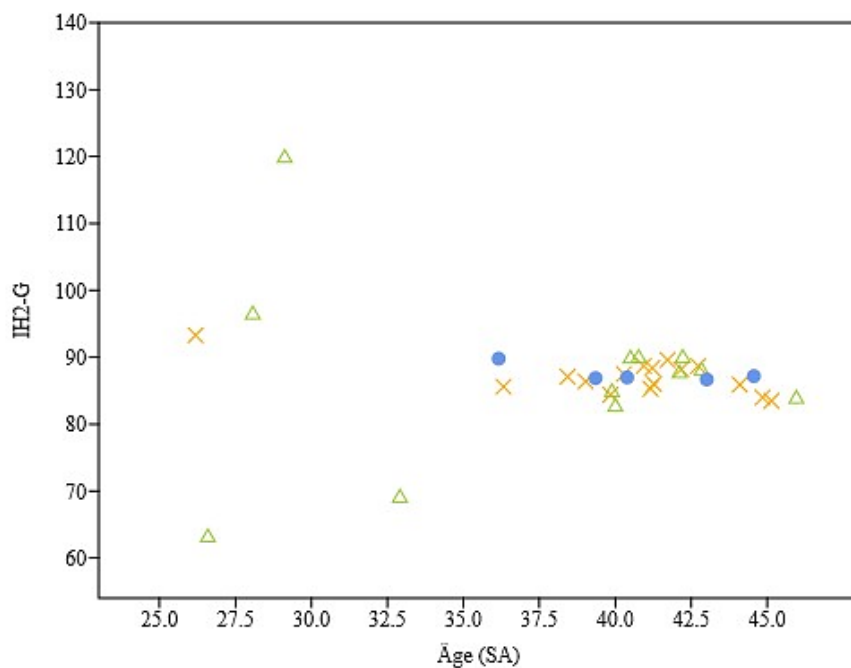


Figure 96. Distribution de l'indice IH2-G en fonction des âges au décès estimés, les trois échantillons du corpus sont ici distingués avec les individus du site de Sai (croix jaunes), du site de Provins (triangles verts) et du site de Blandy (points bleus)

L'hypothèse est testée selon laquelle la distribution de l'indice IH2 pourrait être considérée comme « âge-dépendante » pour les sujets proches du terme théorique. Elle est testée statistiquement pour chacune des sous-classes d'âge (tableau 27).

Échantillon testé	Spearman		Pearson
	rs	p-valeur	p-valeur
Périnataux stricts	0,538	0,021*	0,056
Nourrissons	-0,857	0,011*	0,006*
Prématurés légers et périnataux stricts	0,397	0,083	0,364

Tableau 27. Résultats des tests de Spearman et Pearson réalisés sur l'indice IH2-G et sur les différentes sous-classes d'âges ; les tests significatifs sont signalés par un astérisque. Pour les définitions des indices, se reporter au tableau 14

D'après le test de corrélation de Spearman, il existerait une corrélation significative entre l'âge estimé et la distribution de l'indice IH2 pour les sous-classes d'âge des sujets périnataux stricts et des nourrissons (tableau 27). Les deux tests ne sont en revanche plus significatifs lorsque l'on considère le groupe constitué des individus prématurés légers et des sujets périnataux stricts. Ce résultat est appuyé par le fait que la corrélation entre la distribution de l'indice pour les sous-classes d'âge des sujets périnataux stricts et des nourrissons semble suivre une régression polynomiale avec un point d'inflexion autour de 42 s.a. (figure 101).

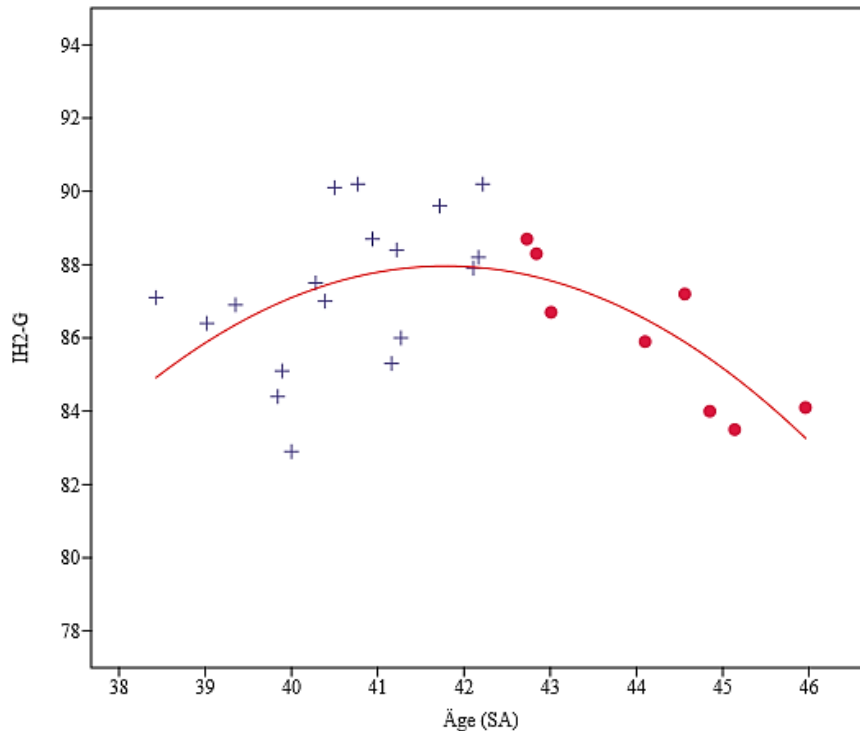


Figure 97. Distribution de l'indice IH2-G en fonction des âges au décès pour les classes d'âges des sujets périnataux stricts (croix bleues) et des nourrissons (points rouges). Équation de la droite de régression : $y = -0,2698 x^2 + 22,55 x - 383,2$

D'après ces résultats, l'influence du facteur d'âge sur la variabilité de l'indice IH2 s'exercerait donc de manière non-linéaire autour de la période théorique du terme. Le rapport entre la longueur humérale Hu1G et la longueur fémorale Fe1G tendrait donc à augmenter jusqu'à une ou deux semaines après la naissance théorique, puis il tendrait à diminuer (figure 101). La projection de la variable Hu1G par rapport à la variable Fe1G confirme que cette inflexion est issue d'une diminution de la longueur relative Hu1G par rapport à la longueur Fe1G (figure 102). Nous proposons l'hypothèse que la variabilité du rapport entre la longueur humérale Hu1 et la longueur fémorale Fe1 dépendrait davantage d'une diversité inter-individuelle pour la classe d'âge des grands prématurés, mais qu'elle tendrait ensuite à évoluer en fonction de l'âge et à s'homogénéiser vers la fin de la grossesse. La croissance relative entre

les deux dimensions amorcerait une trajectoire différente dans la période qui suit le terme théorique de la grossesse.

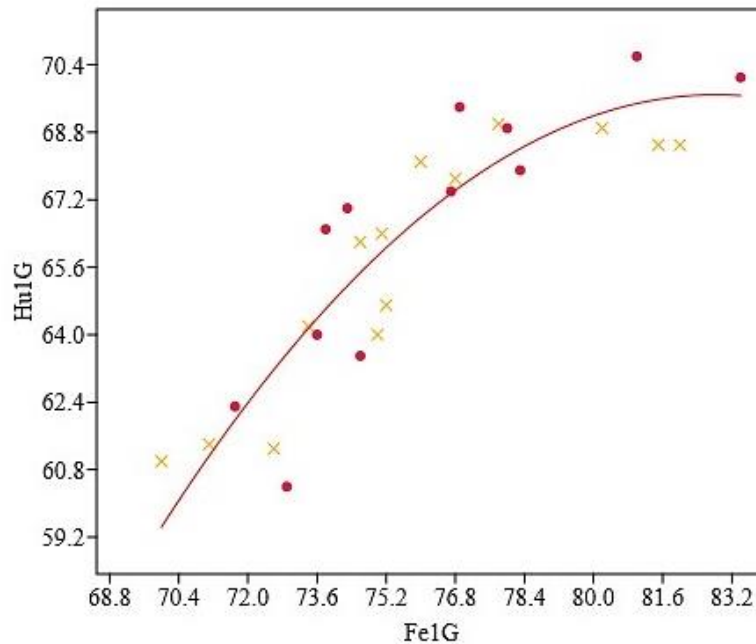


Figure 98. Distribution de la variable Hu1G en fonction de la variable Fe1G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :
 $y = -0,06222x^2 + 10,31x - 357,3$

III.2.1.3. Indice brachial IH3, $Ra1 \times 100 / Hu1$

L'indice brachial IH3 apparaît comme corrélé significativement et négativement à l'âge estimé au décès d'après les tests de Pearson et de Spearman (figure 103 et tableau 25).

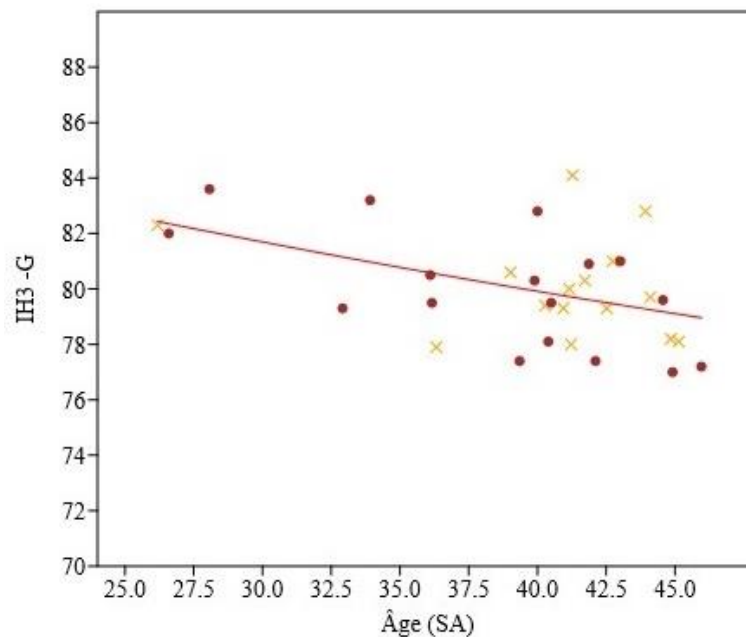


Figure 99. Distribution de l'indice IH3-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :
 $y = 0,00113x^2 - 0,2571x + 88,39$

La projection de la longueur diaphysaire radiale Ra1G par rapport à la longueur diaphysaire humérale Hu1G montre que la longueur diaphysaire radiale croît très légèrement plus rapidement que la longueur diaphysaire humérale Hu1G (figure 104).

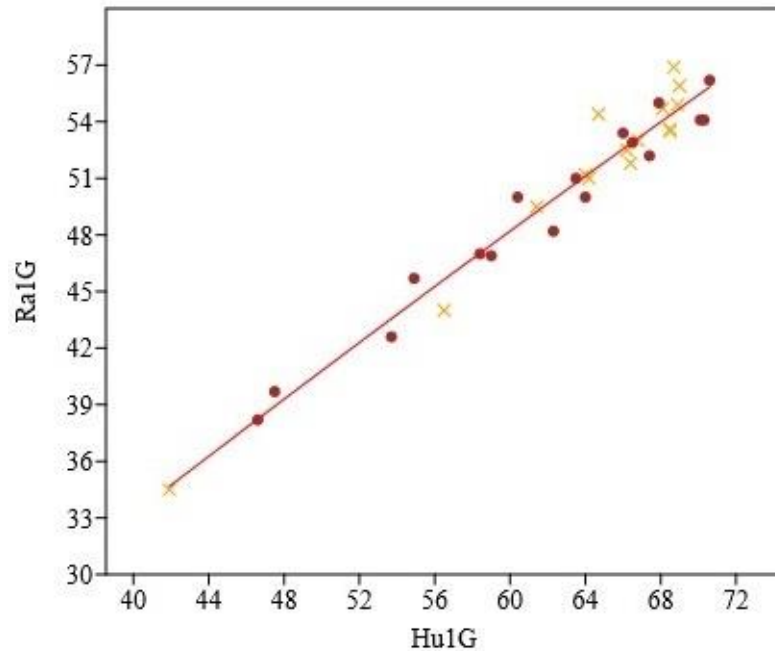


Figure 100. Distribution de la variable Ra1-G en fonction de la variable Hu1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression : $y = -0,0009575 x^2 + 0,8457x + 0,907$

III.2.1.4. Indice ischio-pubien IP1G, $Pu1 \times 100 / Is1$

La distribution de l'indice ischio-pubien IP1G (figure 105) ne présente pas de corrélation significative avec l'âge central au décès estimé d'après les tests de Pearson et de Spearman, ni de différences populationnelles significatives d'après le test de Student.

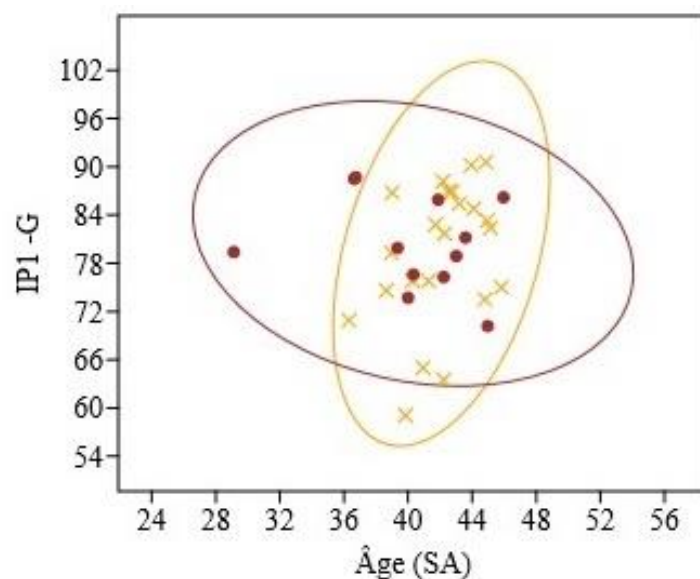


Figure 101. Distribution de l'indice IP1-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

La relation entre la longueur du pubis P1G et la longueur de l'ischium Is1G semblerait plutôt refléter une variabilité inter-individuelle

III.2.1.5. Indice intermembral IF5, $(Hu1 + R1) \times 100 / (Fe1 + T1)$

La distribution de l'indice IF5 ne se caractérise pas par des différences populationnelles significatives d'après le test de Wilcoxon-Man Whitney (tableau 26) : aucune différence n'est identifiée entre les échantillons kerma et médiéval. Elle apparaît cependant comme corrélée significativement à l'âge au décès estimé d'après le test de Spearman, mais pas d'après le test de Pearson, ce qui indiquerait une corrélation plutôt non-linéaire (tableau 25). L'étude de la droite de régression de l'indice IF5G par rapport à l'âge central au décès estimé pourrait aller dans le sens d'une corrélation négative pour les sous-classes d'âge des prématurés légers, sujets périnataux stricts et nourrissons (figure 106).

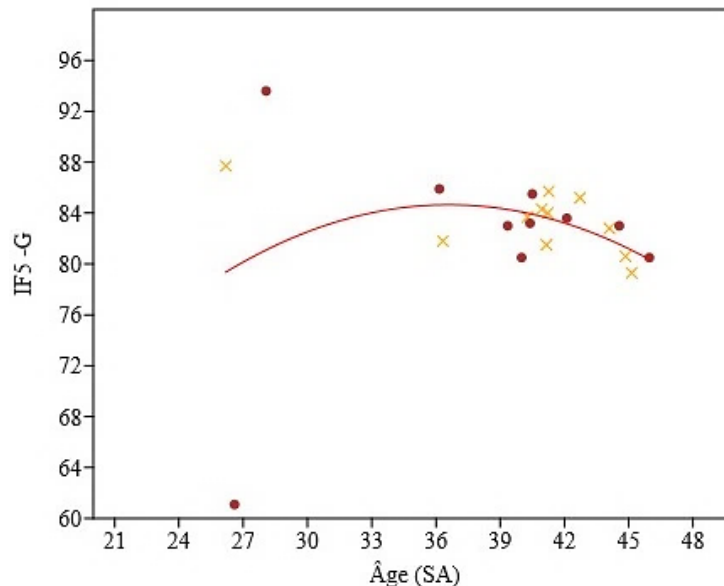


Figure 102. Distribution de l'indice IF5-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression : $y = -0,04889x^2 + 3,578x + 19,19$

On constate en effet une différence de variabilité de l'indice entre la sous-classe des grands prématurés et les sous-classes supérieures (CV = 21,4 pour les grands prématurés contre CV = 2,4 pour les prématurés légers, les sujets périnataux stricts et les nourrissons). Même si ces résultats doivent être nuancés au regard des faibles effectifs des individus les plus jeunes, les proportions relatives du membre supérieur par rapport au membre inférieur apparaissent comme particulièrement variables pour ces derniers (figure 106). Plus on s'approche du terme théorique, plus ces proportions relatives semblent s'homogénéiser. La corrélation à l'âge au décès estimé apparaît alors comme décroissante, suivant un allongement plus important du membre inférieur par rapport à celui du membre supérieur.

III.2.1.6. Indice crural du tibia IT3-G, $T1 \times 100 / Fe1$

La distribution de l'indice crural du tibia IT3-G ne se caractérise pas par des différences populationnelles significatives mais présente, d'après le test de Spearman ($p = 9 \times 10^{-4}$) à l'échelle du corpus, une corrélation négative significative avec l'âge central au décès estimé (tableau 25 ; tableau 26). La longueur diaphysaire du tibia augmenterait ainsi légèrement moins vite que la longueur fémorale (figure 107).

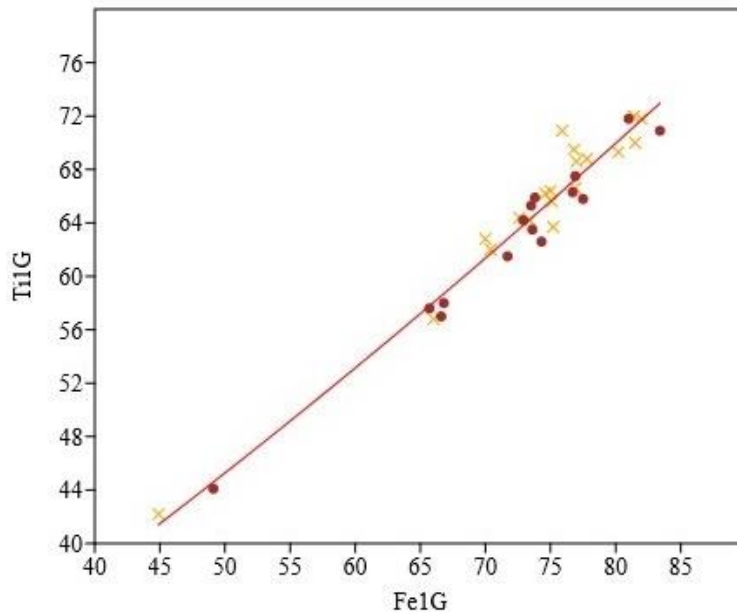


Figure 103. Distribution de la variable $Ti1G$ en fonction de la variable $Fe1G$, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :
 $y = 0,001832x^2 + 0,5845x + 11,48$

III.2.2. Indices de proportions relatives à l'échelle d'un élément osseux

III.2.2.1. Indices de robustesse

Les indices de robustesse et de robusticité (lequel se distingue du premier par le fait qu'il prend en compte les diamètres au milieu de la diaphyse et non pas le périmètre) significativement corrélés à l'âge au décès sont les indices de robustesse du fémur IF1 et du tibia IT1, ainsi que l'indice de robusticité du fémur IF2 (tableau 25). Ceux dont la distribution présente des différences populationnelles sont les indices de robustesse du radius IR1, du fémur IF1, du tibia IT1, ainsi que l'indice de robusticité du fémur IF2 (tableau 26). Ces résultats montrent qu'au fur et à mesure de la croissance, le périmètre des diaphyses croît relativement moins vite que la longueur diaphysaire. La robustesse des diaphyses du membre inférieur (fibula exceptée) décroît avec l'âge des individus (figure 108), alors que ce n'est pas le cas pour les diaphyses du membre supérieur, pour lesquelles la corrélation à l'âge n'est pas statistiquement significative. Les indices de robustesse du fémur et du tibia varient toutefois

également de manière différente en fonction des populations (tableau 26), comme la distribution de l'indice de robustesse du radius. La robustesse des diaphyses du membre inférieur ainsi que du radius est moindre pour les sujets de la population kerma par rapport aux sujets des populations médiévales (figure 108).

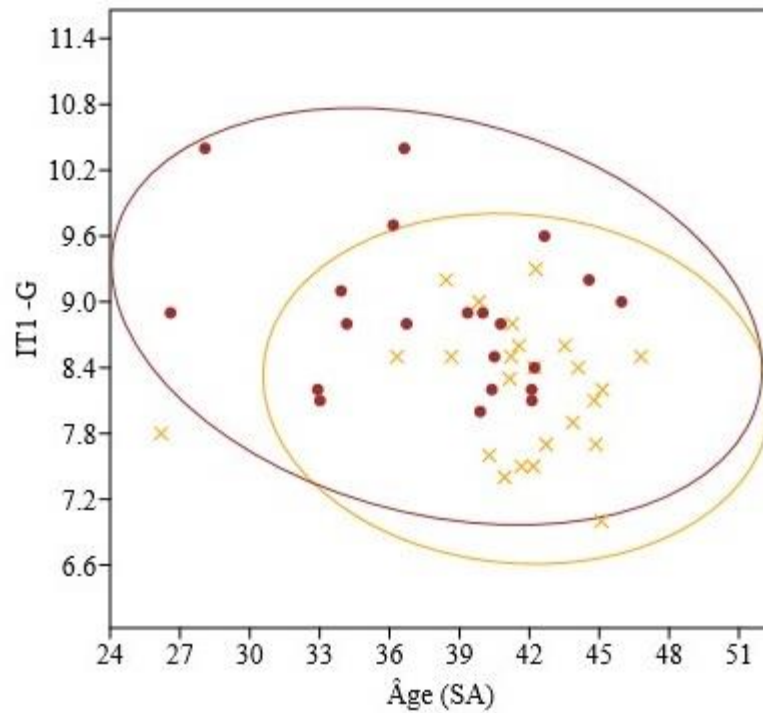


Figure 104. Distribution de l'indice ITI-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

III.2.2.2. Indices de largeurs proximales

- **ICl4 Indice de largeur sternale de la clavicule, $Cl6 \times 100 / Cl1$**

L'indice de largeur sternale ICl4 apparaît comme significativement et positivement corrélé à l'âge central au décès estimé d'après le test de corrélation de Pearson ($p = 0,007$), mais pas d'après le test de corrélation de Spearman (tableau 25 et figure 109). Cette corrélation est significative à l'échelle du corpus. Afin de tester l'hypothèse de l'existence d'une variabilité à l'échelle des sous-classes d'âge, les différences populationnelles ont été testées par un test de Student sur un échantillon limité aux sous-classes d'âge des sujets périnataux stricts et nourrissons. Le seuil de significativité n'est pas atteint ($p = 0,74$), ce qui ne confirme pas l'hypothèse d'une variabilité significative de l'indice ICl4 pour les individus autour du terme. Ce résultat pourrait amener à privilégier l'hypothèse selon laquelle la variabilité de l'indice

IH4G pour les sous-classes de sujets périnataux stricts et nourrissons s'expliquerait, au moins en partie, par des différences inter-individuelles.

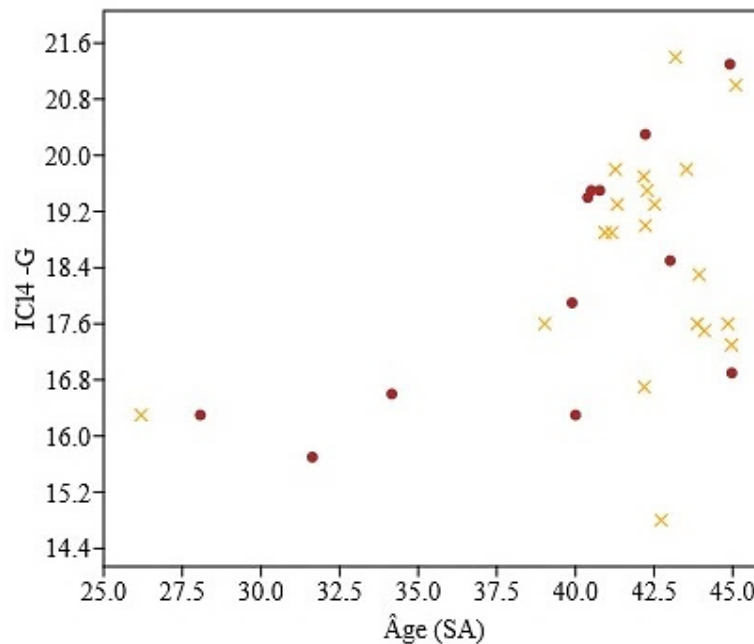


Figure 105. Distribution de l'indice ICI4-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

- **Indice de largeur proximale de l'humérus IH4G, $Hu5 \times 100/Hu1$**

La corrélation entre l'indice de largeur proximale de l'humérus IH4 et l'âge au décès des individus n'est pas significative d'après les tests de corrélation de Pearson et de Spearman (tableau 25 et figure 110). Ces résultats ne sont pas en faveur de l'hypothèse selon laquelle les variations de conformation de la région proximale de l'humérus pourraient être « âges-dépendantes » à l'échelle du corpus. Il existe cependant un écart significatif entre les indices de l'échantillon kerma d'une part, et ceux de l'échantillon médiéval d'autre part (figure 110 ; tableau 26). Cette différence entre les deux groupes est très fortement significative d'après le test de Student ($p = 6,47 \times 10^{-07}$; tableau 26). Le diamètre relatif maximal de l'extrémité proximale de l'humérus apparaît ainsi comme significativement plus grand dans l'échantillon de Provins et Blandy relativement à l'échantillon de Saï en particulier chez les individus les plus âgés du corpus (figure 110). Ces résultats permettent d'avancer que le facteur populationnel expliquerait, au moins en partie, la variabilité relative de la largeur proximale de l'humérus.

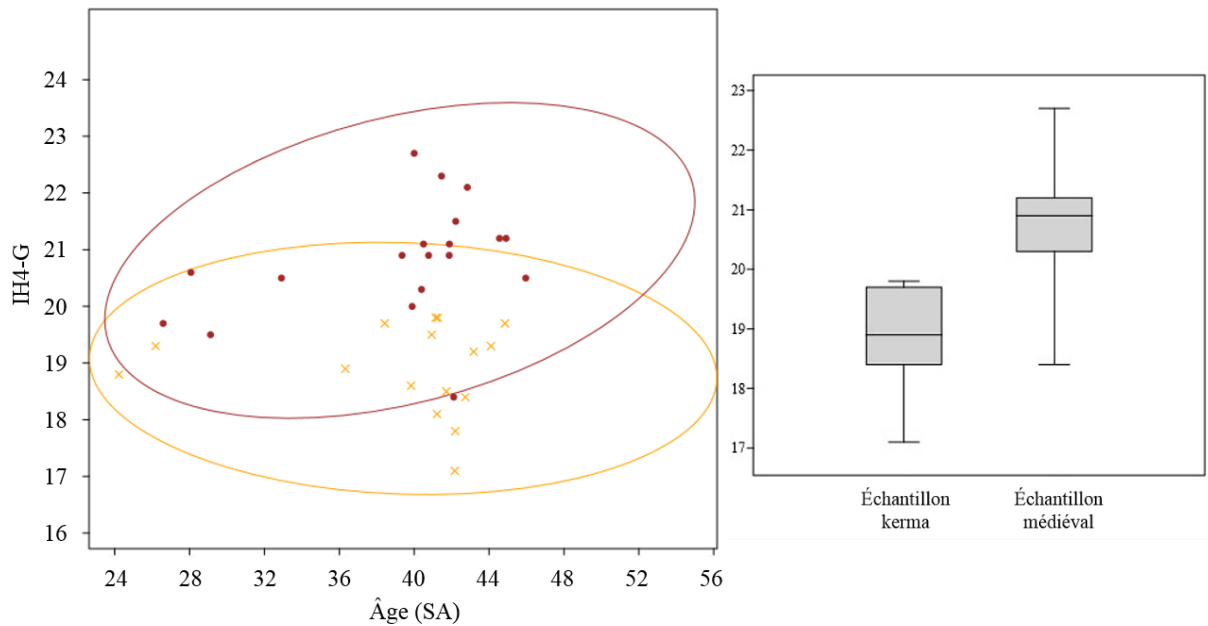


Figure 106. Distribution de l'indice IH4-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

L'étude des ellipses de projection à 95 % de la variable Hu5G par rapport à la variable Hu1G montre toutefois que les trajectoires de croissances relatives de la variable Hu5G par rapport à la variable Hu1G apparaissent comme semblables entre l'échantillon médiéval et l'échantillon kerma (figure 110). Ces résultats sont en faveur de l'hypothèse selon laquelle la variabilité inter-populationnelle de cet indice proviendrait de diamètres proximaux de l'humérus globalement plus grands dans l'échantillon médiéval par rapport à l'échantillon kerma, et ce quel que soit l'âge estimé.

- **IR3 indice de largeur proximale du radius, $Ra6 \times 100 / Ra1$**

La distribution de l'indice de largeur proximale du radius IR3 ne présente pas de corrélation significative à l'âge central au décès d'après les tests de Pearson et de Spearman mais se caractérise par des différences populationnelles significatives d'après le test de Student (figure 111 ; tableau 25 ; tableau 26). Les indices de largeur proximale du radius IR3 sont significativement plus élevés dans l'échantillon médiéval par rapport à l'échantillon kerma (tableau 26), ce qui indiquerait que les épiphyses proximales des sujets des séries médiévales sont plus larges relativement à la diaphyse que celles de la série kerma (figure 111). Les ellipses des projections à 95 % de la variable Ra6G par rapport à la variable Ra1G pourrait traduire une différence légèrement plus marquée dans la période autour du terme théorique, moins pour la

sous-classe d'âge des grands prématurés pour laquelle les effectifs dans la série kerma sont faibles (figure 111).

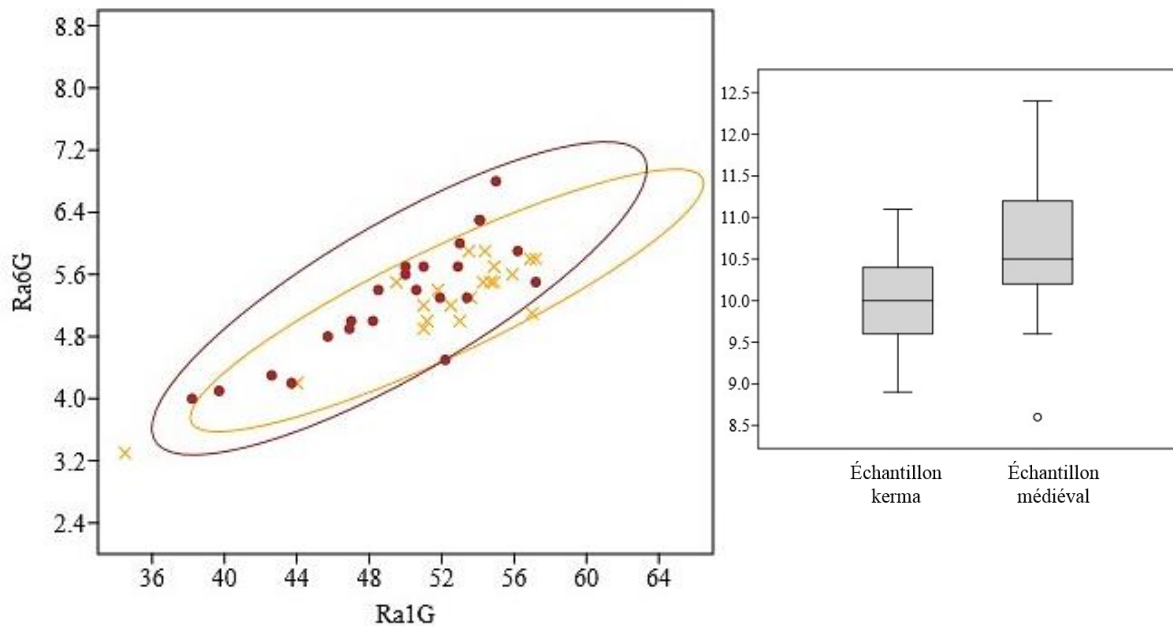


Figure 107. Variable Ra6G en fonction de la variable Ra1G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges : distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

- **Indice de largeur proximale de l'ulna IU2, $UI5 \times 100 / UI1$**

La distribution de l'indice de largeur proximale de l'ulna IU2 ne présente pas de corrélation significative avec l'âge central au décès d'après les tests de Pearson et de Spearman, mais se caractérise par des différences populationnelles très significatives ($p = 5,50 \times 10^{-5}$) d'après le test de Wilcoxon Man-Whitney (tableau 25 ; tableau 26 ; figure 112).

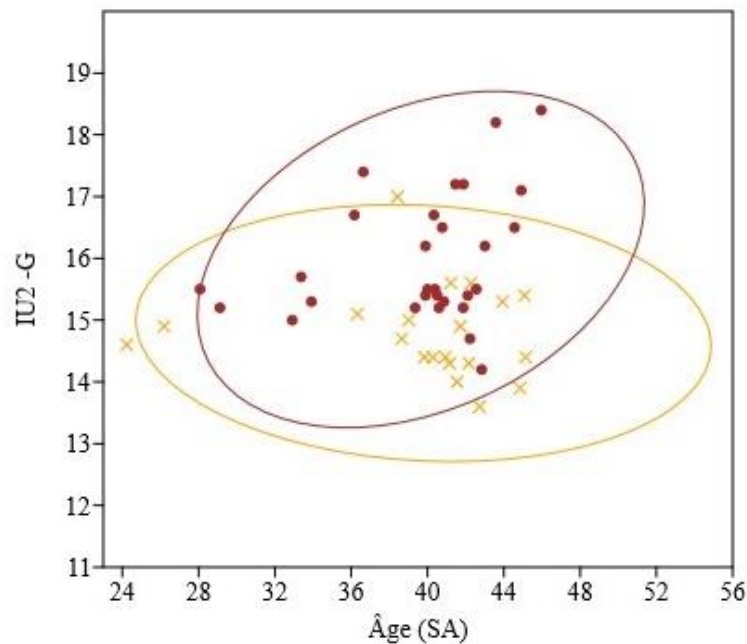


Figure 108. Distribution de l'indice IU2-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

L'indice de largeur proximale de l'ulna IU2 apparaît comme significativement plus élevé dans l'échantillon médiéval, ce qui indiquerait que là-encore, les épiphyses proximales sont plus larges dans celui-ci que dans l'échantillon kerma (figure 112). D'après les *boxplots*, la variabilité morphologique de cette région anatomique apparaîtrait, de plus, comme plus grande dans l'échantillon médiéval que dans l'échantillon kerma (figure 113). Il semblerait que la variable U15G augmente davantage que la variable U11G dans l'échantillon médiéval par rapport à l'échantillon kerma, en particulier pour les individus les plus âgés du corpus (figure 113). Les trajectoires de croissance relatives de la largeur proximale de l'ulna U15G pourraient donc présenter des différences entre les deux groupes populationnels.

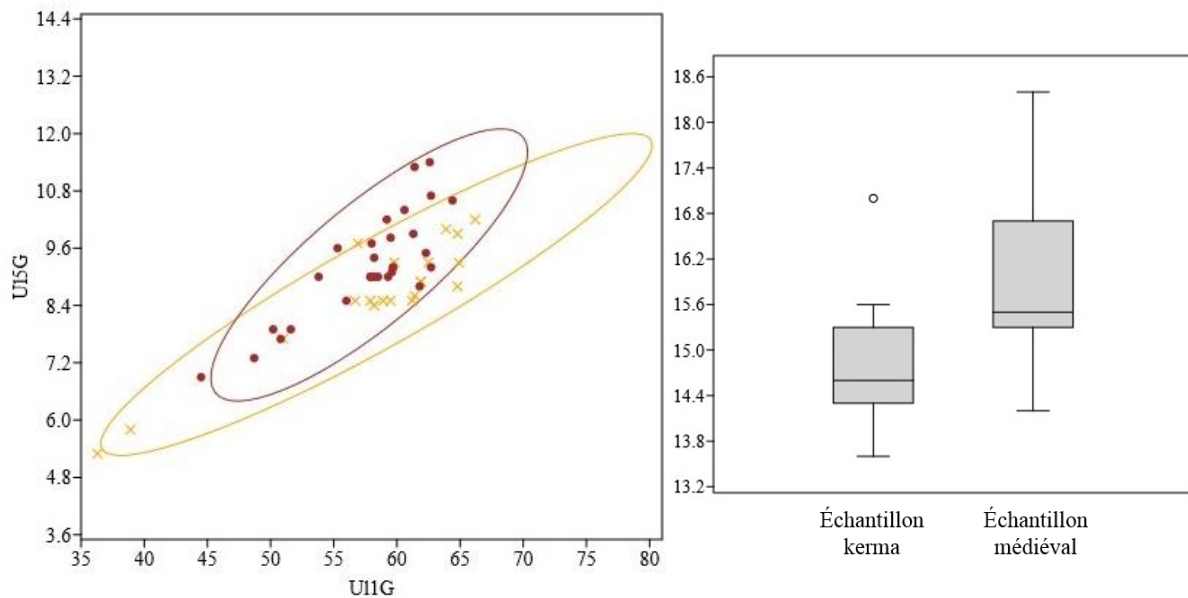


Figure 109. Variable U15-G en fonction de la variable U11-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

- **Indice de largeur proximale du tibia IT4, $Ti7 \times 100 / Ti1$**

La distribution de l'indice de largeur proximale du tibia n'apparaît pas comme significativement corrélée à l'âge d'après les tests de Pearson et de Spearman et ne se caractérise pas par des différences populationnelles significatives d'après le test de Wilcoxon-Mann Whitney (tableau 25 ; tableau 26). La variabilité de l'indice est toutefois deux fois plus grande dans l'échantillon médiéval que dans l'échantillon kerma ($CV_{IT4_France} = 4,1$ et $CV_{IT4_Soudan} = 9,5$). La largeur relative de l'extrémité proximale du tibia semblerait donc pouvoir dépendre, du moins en partie, de la variabilité inter-individuelle, celle-ci étant plus grande dans l'échantillon médiéval (figure 114).

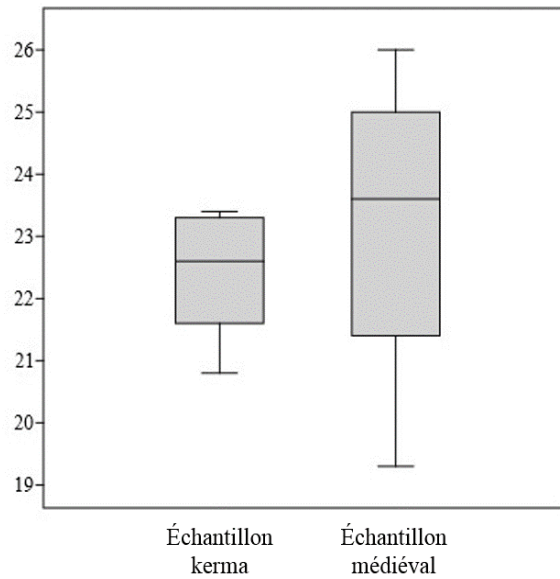


Figure 110. Indice IT4-G, distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

III.2.2.3. Indices de largeurs distales

- **Indice de largeur acromiale ICI3-G, $CI3 \times 100 / CI1$**

La distribution de l'indice de largeur acromiale ICI3-G n'est pas significativement corrélée à l'âge d'après les tests de Spearman et de Pearson, et ne se caractérise pas par des différences populationnelles significatives d'après le test de de Student (tableau 25 ; tableau 26). La variabilité de l'indice ICI3-G (figure 115) apparaît comme comparable dans les deux échantillons ($CV_{ICI3G_Soudan} = 11,7$ et $CV_{ICI3G_France} = 12,1$). D'après ces résultats, il semblerait que la variabilité de la largeur acromiale relative de la clavicule ICI3 relève plutôt d'une variabilité inter-individuelle, comparable dans les deux groupes populationnels.

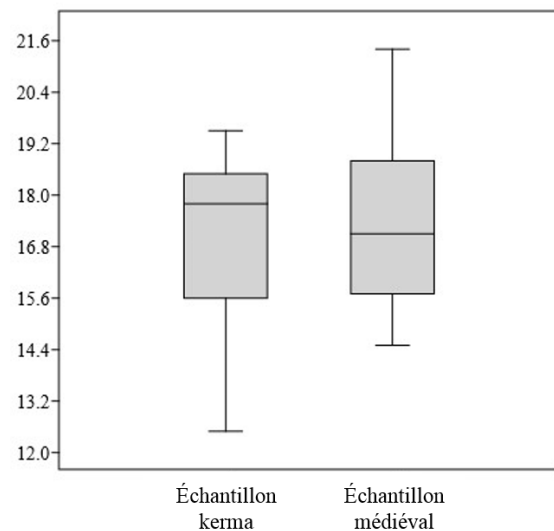


Figure 111. Indice ICI3-G, distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

- **Indice de largeur distale de l'humérus IH5, $Hu7 \times 100 / Hu1$**

La distribution de l'indice de largeur distale de l'humérus IH5-G n'est pas significativement corrélée à l'âge central au décès estimé d'après les tests de Pearson et de Spearman (tableau 25). Les indices IH5G de l'échantillon médiéval sont en revanche significativement plus élevés que ceux de l'échantillon kerma d'après le test de Student ($p = 0,023$; tableau 26), ce qui va dans le sens de l'hypothèse selon laquelle la largeur distale relative de l'humérus serait plus grande dans l'échantillon médiéval que dans l'échantillon kerma (figure 116). Ces différences sont toutefois peu marquées lorsque l'on considère la variation de Hu7G en fonction de la variable Hu1G (figure 116).

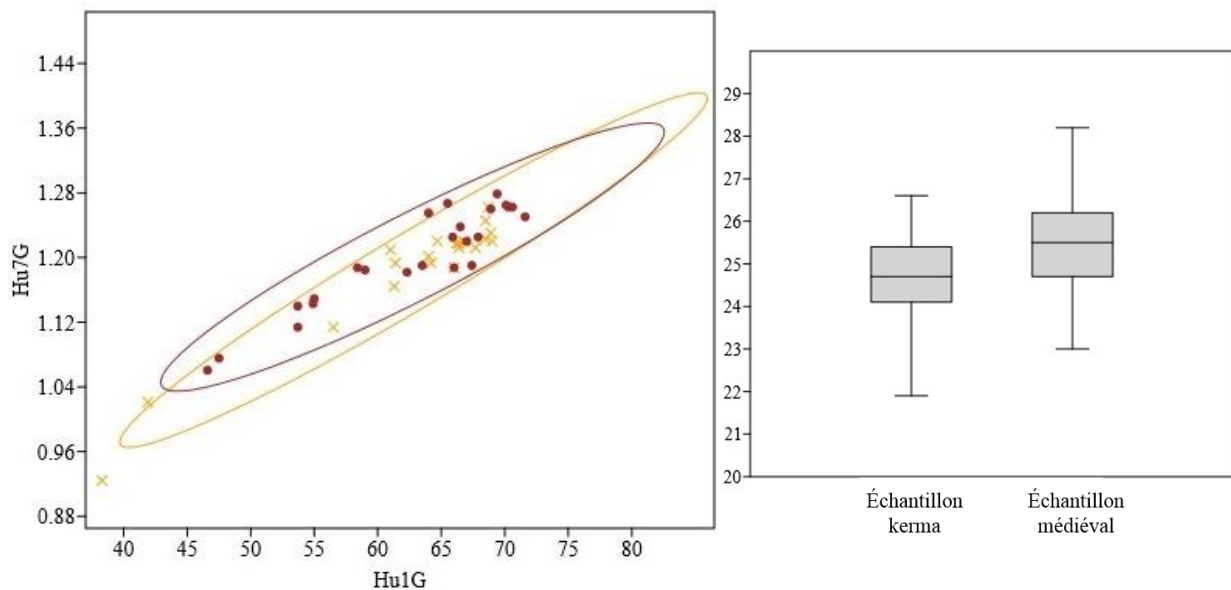


Figure 112. Variable Hu7-G en fonction de la variable Hu1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

- **Indice de largeur distale du radius IR4, $Ra11 \times 100 / Ra1$**

La distribution de l'indice de largeur distale du radius IR4 ne présente pas de corrélation significative à l'âge au décès central à l'échelle du corpus, mais se caractérise par des différences significatives ($p = 0,008$) entre les échantillons kerma et médiéval d'après le test de Student (tableau 25 ; tableau 26). La variabilité morphologique de l'épiphyse distale du radius apparaît comme plus importante dans les séries médiévales que dans la série kerma (figure 117). Afin de discuter l'hypothèse de l'existence de différences relatives aux trajectoires de croissances respectives des deux échantillons, la distribution de la largeur distale du radius Ra11G en fonction de la longueur diaphysaire du radius Ra1G est analysée (figure 117).

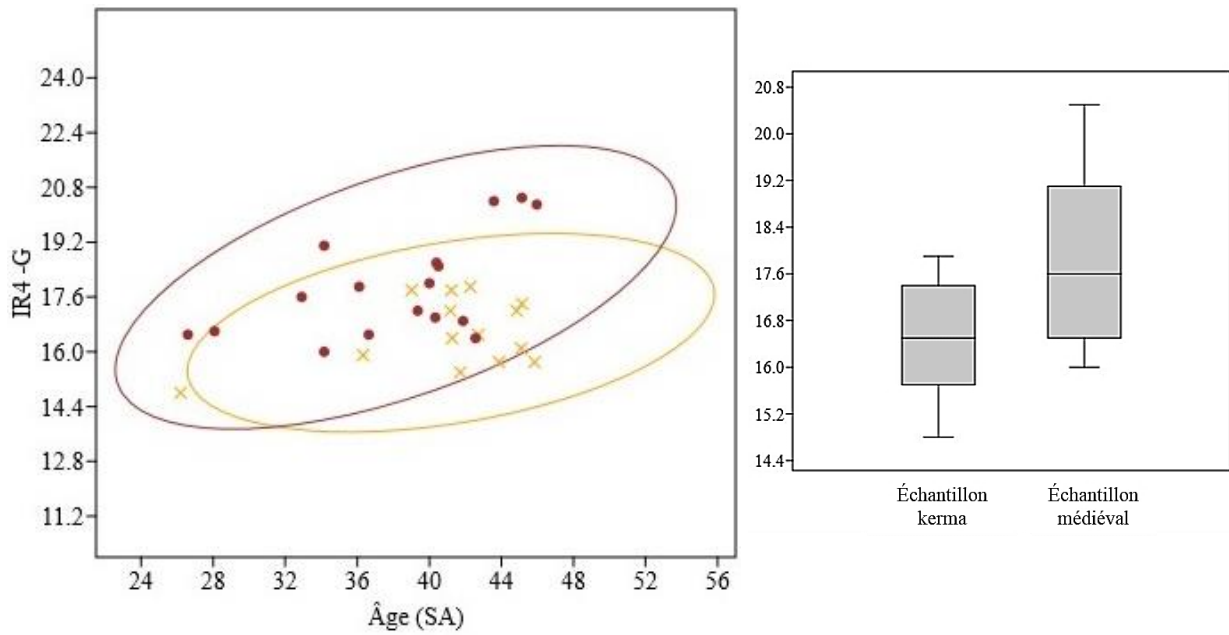


Figure 113. Distribution de l'indice IR4-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

Une différence de trajectoires de croissances relatives entre les deux populations peut visuellement être suggérée, en particulier à partir de 42 s.a. (figure 118). Pour l'échantillon médiéval, la variable Ra11G semble croître de manière linéaire à mesure qu'augmente la variable Ra1G.

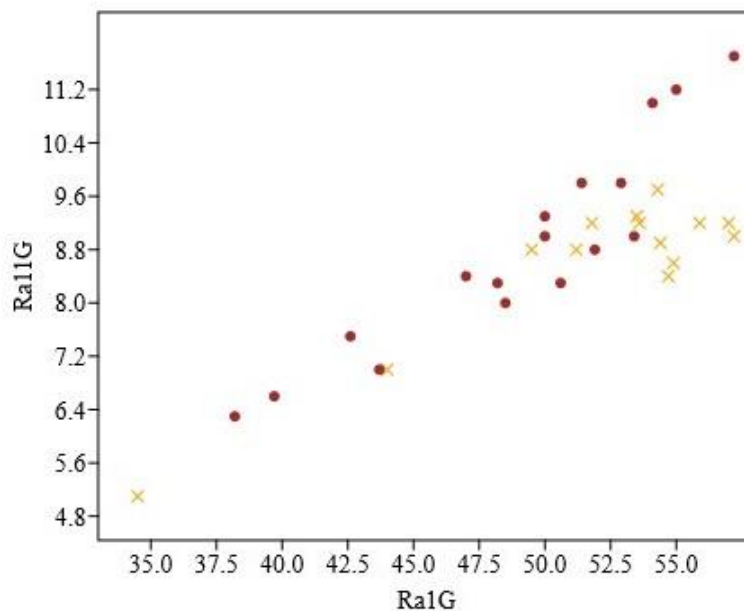


Figure 114. Variable Ra11-G en fonction de la variable Ra1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

Pour l'échantillon kerma, la variable Ra11G semble augmenter de manière régulière en fonction de la variable Ra1G, mais seulement jusqu'à ce que Ra1G atteigne entre 50 et 52 mm (figure 118).

La distribution de la variable Ra11G pourrait alors présenter une phase de stase. Afin de discuter statistiquement cette hypothèse, la corrélation entre l'âge central au décès et la variable IR4G a été testée pour chacun des échantillons grâce à un test de corrélation de Pearson et un test de corrélation de Spearman (tableau 28).

Corrélation IR4G / âge (s.a.)	Pearson	Spearman
Echantillon kerma	0,174	0,94
Echantillon médiéval	0,015	0,036

Tableau 28. Résultats des tests de corrélation pour l'indice IR4-G entre les groupes populationnels, test de corrélation de Pearson et test de corrélation de Spearman

La corrélation entre la distribution de la variable IR4-G et l'âge central au décès est significative d'après les tests de Pearson et de Spearman pour l'échantillon français ($p = 0,014$ et $p = 0,036$) mais pas pour l'échantillon kerma, ce qui pourrait aller dans le sens de l'hypothèse des différences de trajectoires. D'après ces résultats, la variabilité de l'indice de largeur distale du radius IR4-G pourrait donc être identique entre les séries durant la période fœtale et le tout début de la vie extra-utérine, mais pourrait se caractériser par une divergence des trajectoires de croissances relatives entre les populations à partir de 40 à 42 s.a.

- **Indice de largeur distale de l'ulna IU3G, $U110 \times 100/U11$**

La distribution de l'indice de largeur distale de l'ulna IU3G ne présente pas de corrélation significative à l'âge central au décès à l'échelle du corpus selon les tests de Pearson et de Spearman, mais se caractérise par des différences populationnelles significatives d'après le test de Student ($p = 0,013$; tableau 25 ; tableau 26 ; figure 119). Les largeurs distales relatives de l'ulna sont inférieures dans la série kerma par rapport aux séries médiévales (figure 119). L'hypothèse de différences de trajectoires de croissance entre les deux groupes est discutée par rapport à la distribution de la largeur distale de l'ulna U110G en fonction de la longueur diaphysaire U11G. Même si ces observations doivent être nuancées au regard de l'échantillon, la variable de largeur distale de l'ulna U110G semble augmenter plus vite relativement à la variable de longueur diaphysaire U11G dans l'échantillon médiéval que dans l'échantillon kerma (figure 119).

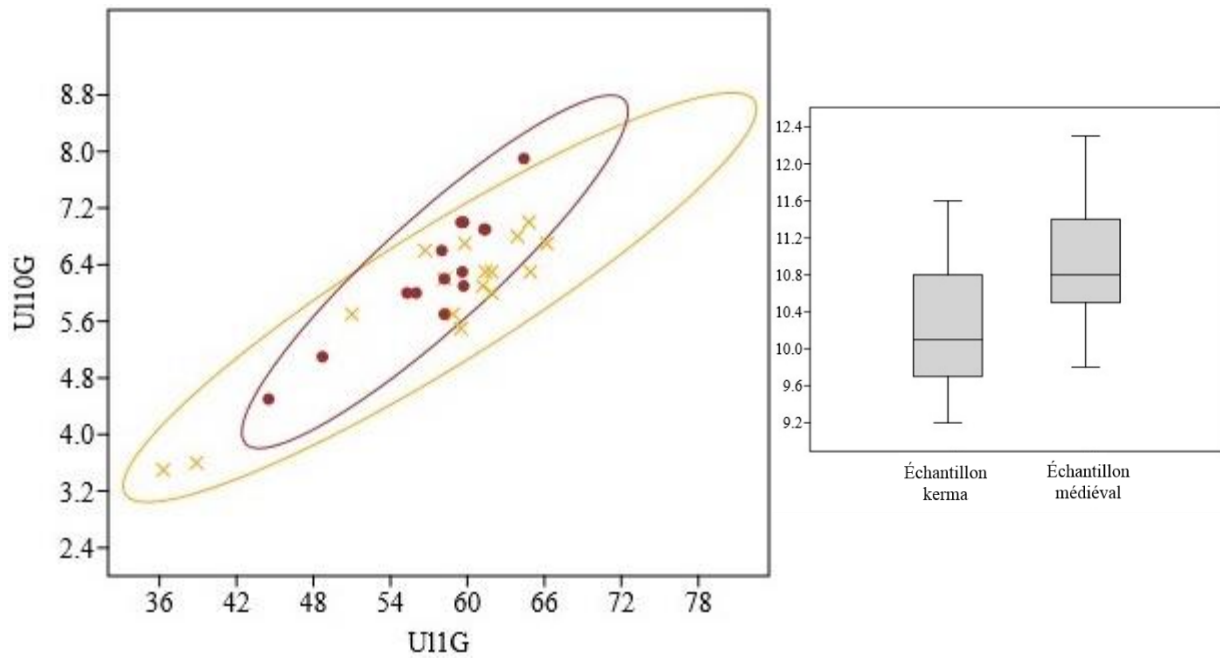


Figure 115. Variable U110-G en fonction de la variable U11-G, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

L'hypothèse est donc discutée statistiquement en testant la corrélation entre l'âge central au décès et l'indice de largeur distale de l'ulna IU3G pour chacun des échantillons (tableau 29).

Corrélation IU3G / âge (s.a.)	Pearson	Spearman
Echantillon kerma	0,338	0,663
Echantillon médiéval	0,058	0,073

Tableau 29. Résultats des tests de corrélation entre l'indice IU3-G et l'âge au décès estimé en fonction des groupes populationnels, test de corrélation de Pearson et test de corrélation de Spearman

La distribution de l'indice de largeur distale de l'ulna IU3G ne présente pas de corrélation significative avec l'âge central au décès dans chacun des échantillons d'après les deux tests de corrélation de Pearson et de Spearman, même si l'on est proche du seuil de significativité pour l'échantillon médiéval (tableau 29). Ces résultats ne vont pas dans le sens de l'hypothèse d'une différence de trajectoires de croissance entre les deux échantillons. L'hypothèse de différences populationnelles de trajectoires de croissance a cependant été discutée uniquement pour les sous-classes d'âges les plus élevées (sans les grands prématurés et les prématurés légers) grâce à un test de Wilcoxon-Mann Whitney. Avec une p-valeur de $p = 0,0187$, il pourrait exister une différence de distribution significative de l'indice de largeur distale de l'ulna IU3G entre les échantillons kerma et médiévaux pour les individus autour du terme. L'hypothèse pourrait donc être proposée que la variabilité de la dimension relative de largeur distale de l'ulna U110G dépendrait en premier lieu de la variabilité inter-individuelle pour les sous-classes d'âge des grands prématurés et des sujets faiblement prématurés. Les

trajectoires de croissance relatives pourraient ensuite présenter des différences populationnelles pour les sous-classes de sujets périnataux stricts et de nourrissons.

- **Indice de largeur distale du tibia IT5, $Ti9 \times 100 / Ti1$**

La distribution de l'indice de largeur distale du tibia IT5 G présente une corrélation à l'âge central au décès significative selon le test de Pearson, mais pas selon le test de Spearman ($p = 0,011$ et $p = 0,255$; tableau 25 ; figure 121).

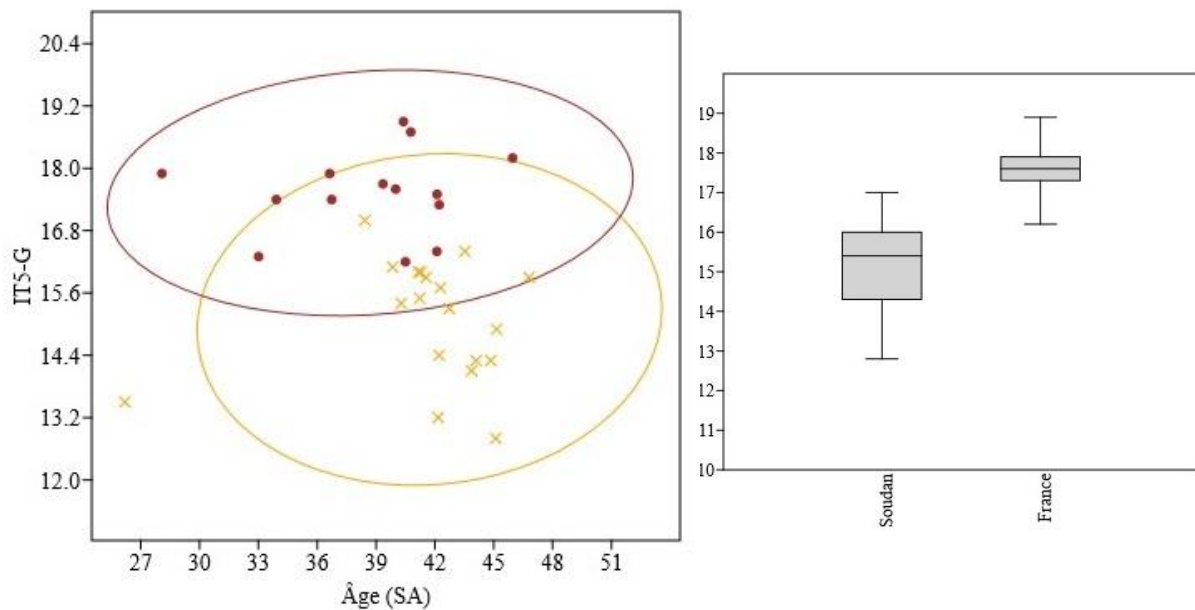


Figure 116. Indice IT5-G en fonction de l'âge estimé des individus, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels

Sa distribution présente également des différences populationnelles extrêmement significatives selon le test de de Student ($p = 1,54 \times 10^{-7}$; tableau 26). Les largeurs distales relatives du tibia apparaîtraient donc comme plus grandes dans l'échantillon médiéval par rapport à l'échantillon kerma. Afin de discuter l'hypothèse de l'existence de différences populationnelles de trajectoires de croissance pour l'indice IT5-G, les évolutions relatives de la variable $Ti9G$ par rapport à $T11G$ sont analysées (figure 121). La différence entre les deux populations semblerait provenir du fait que la largeur distale relative du tibia $T19G$ serait plus élevée dans l'échantillon médiéval que dans l'échantillon kerma ce qui n'irait pas dans le sens de l'hypothèse de différences de trajectoires de croissance au niveau de la largeur distale du tibia. Ces différences doivent évidemment être interprétées au regard du manque de données dans l'échantillon soudanais pour les classes d'âges des grands prématurés et prématurés légers.

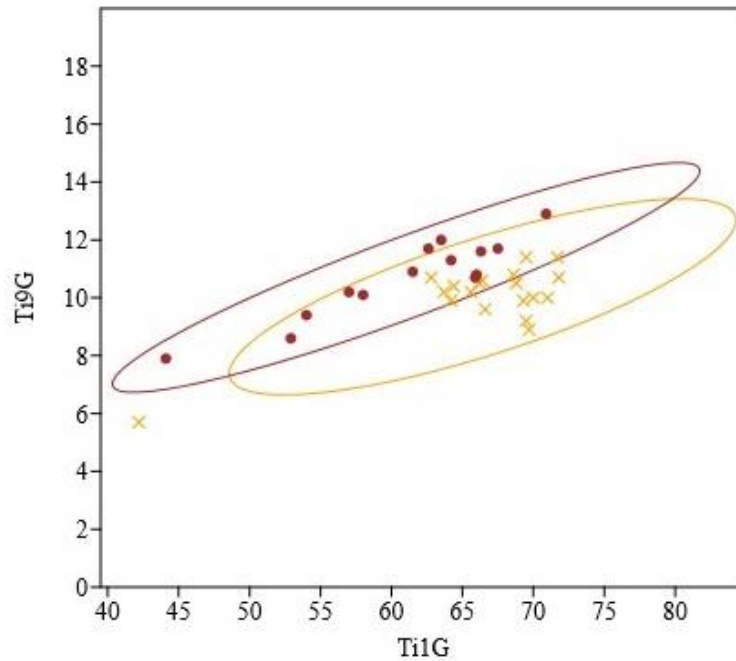


Figure 117. Variable Ti9-G en fonction de la variable Ti1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

III.2.2.4. Indices généraux

- **Indice d'aplatissement diaphysaire du radius IR2, $Ra9 \times 100 / Ra10$**

La distribution de l'indice d'aplatissement diaphysaire du radius IR2 n'est pas corrélée à l'âge au décès de manière significative d'après les tests de Pearson et de Spearman, et ne présente pas de différences populationnelles significatives d'après le test de Student (tableau 25 ; Tableau 26). La variabilité de l'indice d'aplatissement diaphysaire du radius IR2 apparaît comme identique entre les échantillons kerma et médiéval ($CV_{IR2-G-Soudan} = 5,7$ et $CV_{IR2-G-France} = 6,2$). L'hypothèse selon laquelle la variabilité de l'aplatissement diaphysaire du radius relèverait de la diversité inter-individuelle pourrait donc être avancée.

- **Indice de largeur de l'ilium II1G, $II3 \times 100 / II1$**

La distribution de l'indice de largeur de l'ilium II1G ne présente pas de corrélation significative à l'âge central au décès d'après les tests de Pearson et de Spearman, ni de différences populationnelles significatives d'après le test de Student (figure 122 ; tableau 25 ; tableau 26). La variabilité de l'indice de largeur de l'ilium II1G est identique entre les échantillons kerma et médiéval ($CV_{II1-G-Soudan} = 2,8$ et $CV_{II1-G-France} = 2,7$), ce qui pourrait aller dans le sens de l'hypothèse selon laquelle la variabilité d'expression de l'indice de largeur de l'ilium II1G relèverait en premier lieu de la diversité inter-individuelle.

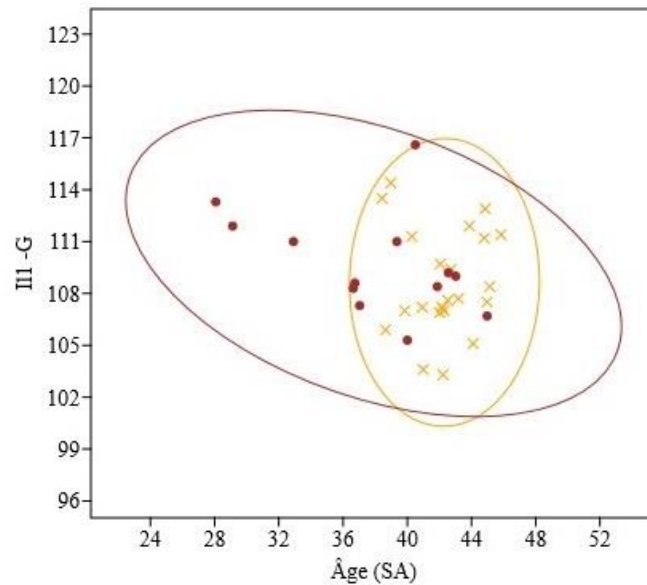


Figure 118. Distribution de l'indice III-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

- **Indice pilastrique du fémur IF3G, $Fe3 \times 100 / Fe4$**

La distribution de l'indice pilastrique du fémur IF3G ne présente pas de corrélation significative à l'âge central au décès d'après les tests de Pearson et de Spearman, ni de différences populationnelles significatives d'après le test de Student (figure 123 ; tableau 25 ; tableau 26). Les différences au niveau de l'indice pilastrique pourraient donc relever en premier lieu de la variabilité inter-individuelle.

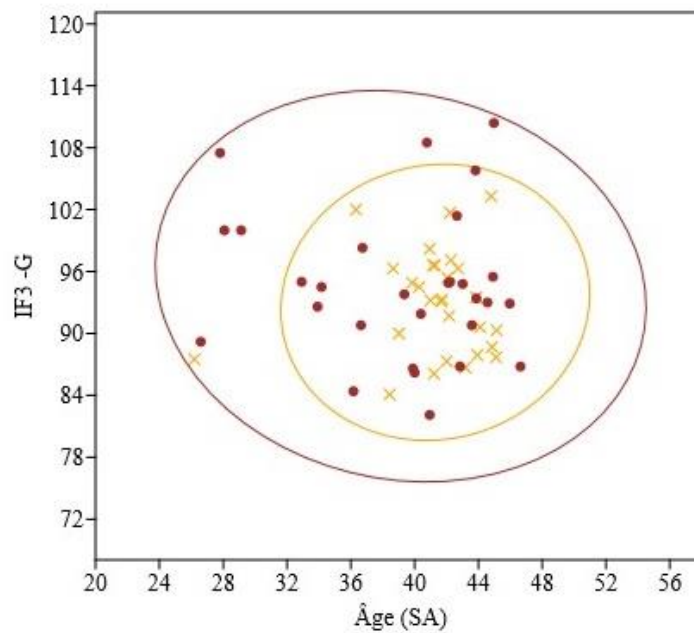


Figure 119. Distribution de l'indice IF3-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

- **Indice métaphyso-diaphysaire du fémur IF4, $Fe4 \times 100 / Fe7$**

La distribution de l'indice métaphyso-diaphysaire du fémur IF4 se caractérise par une corrélation significative à l'âge central au décès d'après les tests de Pearson et de Spearman ($p = 0,011$ et $p = 0,009$) et ne présente pas de différences populationnelles significatives (figure 124 ; tableau 25 ; tableau 26). Cette corrélation, négative et de type linéaire, indique que la variable Fe7G (diamètre transversal de l'extrémité distale) augmenterait plus vite que la variable Fe4G (diamètre transversal au milieu de la diaphyse), signalant un élargissement progressif de l'épiphyse distale au fur et à mesure de la croissance.

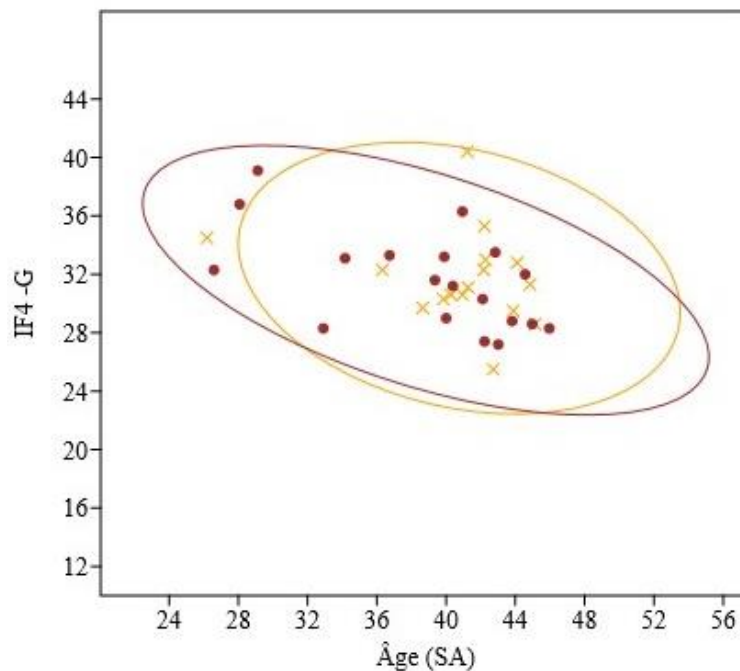


Figure 120. Distribution de l'indice IF4-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

- **Indice diaphysaire au milieu IT2, $Ti4 \times 100 / Ti3$**

La distribution de l'indice diaphysaire au milieu IT2 ne présente pas de différence significative entre les échantillons médiéval et kerma (tableau 26). Elle se caractérise cependant par une corrélation avec l'âge central au décès estimé significative d'après le test de Spearman ($p = 0,035$), et proche de la significativité d'après le test de Pearson ($p = 0,058$). Ces résultats indiquent une corrélation de type polynomial (figure 125).

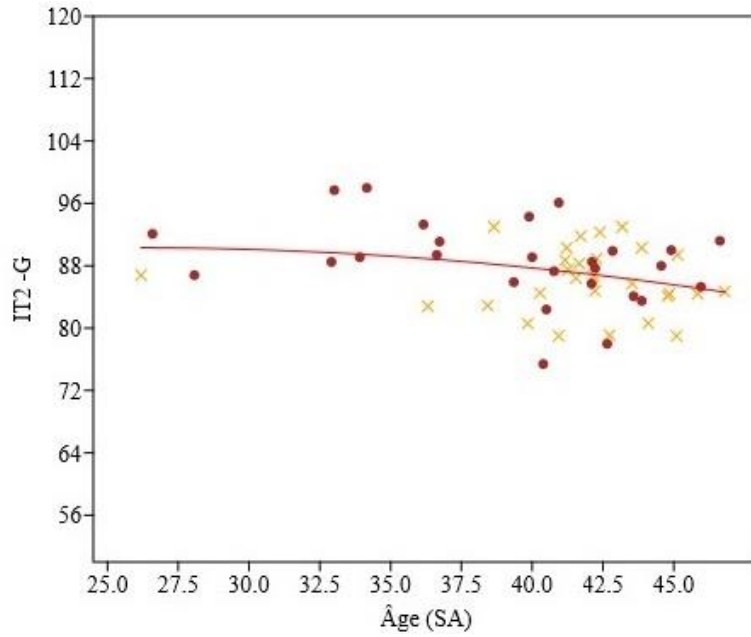


Figure 121. Distribution de l'indice IT2-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges, équation de la droite de régression : $y = -0,01301 x^2 + 0,6728 x + 81,62$

L'étude de la distribution de Ti4G par rapport à Ti3G montre que les deux variables augmentent de la même manière l'une par rapport à l'autre entre les deux populations (figure 126).

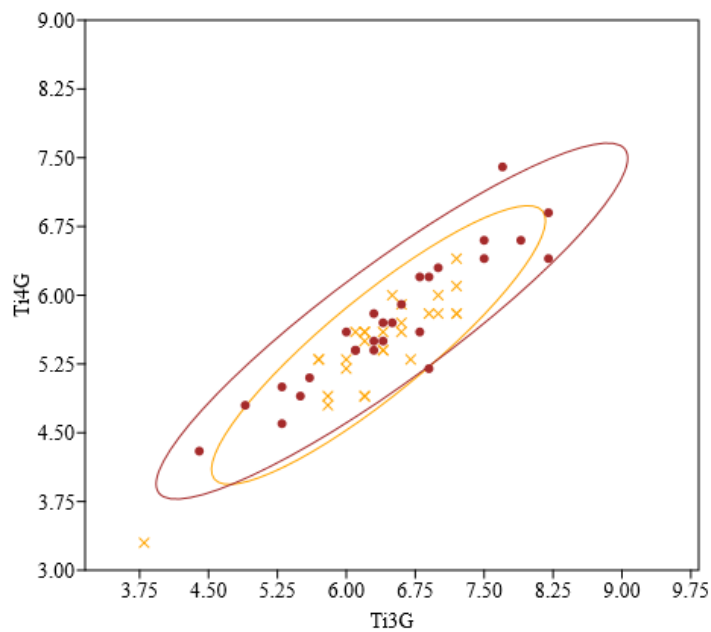


Figure 122. Variable Ti4-G en fonction de la variable Ti3-G, sujets kerma : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges

IV. Synthèse et discussion : regard sur la variabilité de conformation et ses facteurs déterminants

IV.1. Proportions relatives significativement corrélées à l'âge central au décès

IV.1.1. Proportions relatives entre segments osseux

Les résultats des analyses des indices anthropométriques concernant les proportions relatives entre segments osseux vont dans le sens de certaines données de la littérature scientifique (Warren, 1997). Trois dimensions relatives présentent une **évolution linéaire ou unidirectionnelle en fonction de l'âge** central au décès dans l'ensemble du corpus, depuis la sous-classe des grands-prématurés jusqu'à celle des nourrissons (figure 127). C'est le cas de l'indice claviculo-huméral (ICI2, figure 99), de l'indice brachial (IH3, figure 104) et de l'indice crural du tibia (IT3G, figure 107) dont les corrélations à l'âge central au décès sont négatives (figure 127).

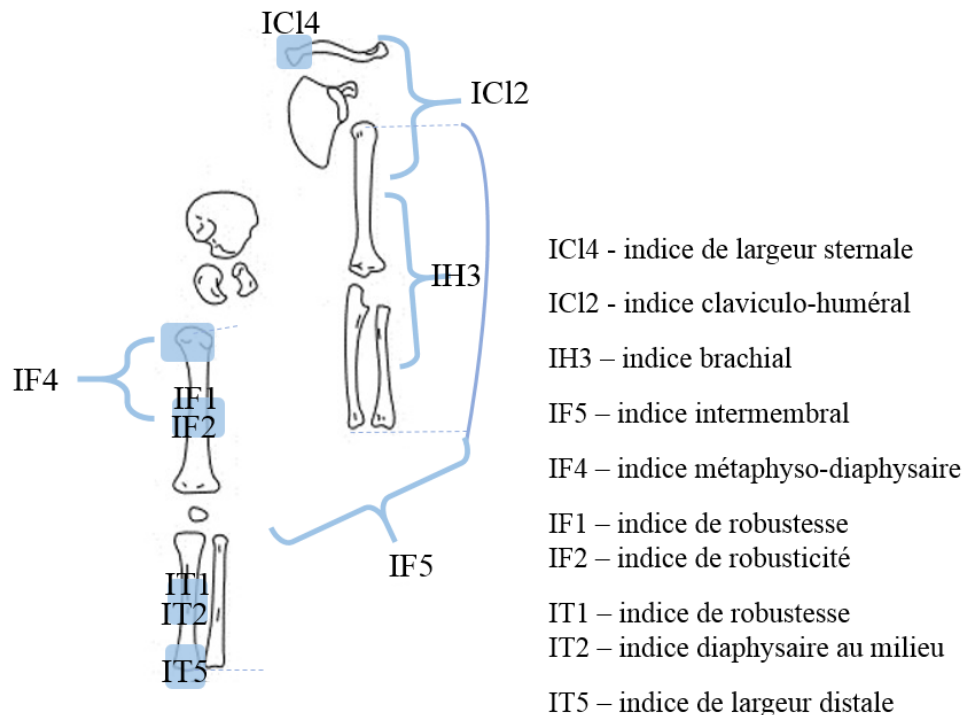


Figure 123. Régions anatomiques concernées par les indices présentant des corrélations significatives avec l'âge au décès estimé, dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)

La longueur de la diaphyse humérale (Hu1G) croît proportionnellement plus rapidement que la longueur diaphysaire de la clavicule (Cl1G) et la longueur diaphysaire du radius (Ra1G). La longueur diaphysaire du tibia (Ti1G) augmente quant à elle proportionnellement moins rapidement que la longueur diaphysaire du fémur (Fe1G). Ces résultats ne se situent pas dans le prolongement de ceux du travail de Garcin (2009) qui relève dans son corpus de sujets immatures de 0 à 16 ans une absence de corrélation à l'âge pour les indices brachial (IHG3) et

crural (IT3G). Ces résultats différents tendraient à illustrer des dynamiques de croissance distinctes entre la période périnatale et les autres périodes de l'enfance.

À l'inverse également, deux indices identifiés comme positivement corrélés à l'âge par Garcin (2009) pour les individus plus âgés (l'indice de largeur de l'ilium IL3G et de l'indice ischio-pubien IP1G) ne le sont pas dans notre corpus. Deux interprétations pourraient expliquer cet écart : soit notre échantillon n'est pas suffisant pour que la tendance s'exprime de manière significative, soit cette différence existe bien biologiquement. La seconde hypothèse pourrait être privilégiée, dans la mesure où l'élargissement du bassin au niveau de l'ilium et l'allongement au niveau du pubis constituent des changements de proportions liés à la maturation squelettique déjà documentés par Majó et Tillier (2003). Nos résultats tendraient ainsi à montrer que cette tendance ne s'exprimerait véritablement qu'après la période périnatale, chez les individus plus âgés. La variabilité de conformation au niveau de ces deux indices pourrait davantage refléter une diversité inter-individuelle chez les tout-petits. Plusieurs des indices de proportions relatives entre segments présentaient un autre type de distribution dans notre corpus, caractérisé par une **variabilité importante dans la sous-classe des grands prématurés** et une **variabilité plus faible dans les sous-classes des sujets périnataux stricts et des nourrissons**. C'est le cas de l'indice huméro-fémoral (IH2, figure 100) et de l'indice intermembral (IF5, figure 106). L'indice intermembral (IF5) présente ainsi un CV de 21,4 pour les grands prématurés et de 2,4 pour les sous-classes supérieures.

Ces résultats tendraient à montrer que la variabilité interindividuelle au niveau des proportions des membres supérieurs par rapport aux membres inférieurs est importante parmi les individus décédés autour des 6 premiers mois lunaires, mais qu'elle diminue fortement pour les individus décédés autour du terme théorique. La distribution de l'indice huméro-fémoral (IH2, figure 100) présente des différences du même ordre avec un CV de 25,8 pour la sous-classe des grands prématurés et un CV de 2,4 pour les sous-classes supérieures. Ces différences entre sous-classes correspondaient à l'évolution classiquement documentée des dimensions relatives du fémur par rapport à l'humérus. En début de grossesse les deux longueurs diaphysaires sont relativement égales, avant que la longueur fémorale augmente par rapport à la longueur humérale (Schultz, 1937 ; Warren, 1997). L'homogénéisation de la distribution de l'indice huméro-fémoral (IH2) observée dans notre corpus irait ainsi dans le sens des résultats de Warren (1997). D'après nos observations, ces proportions pourraient montrer une discontinuité à l'échelle des sous-classes, avec une inflexion de la courbe de croissance relative entre 40 et 42 s.a. (figure 100 et figure 106).

Le rapport entre la longueur humérale et la longueur fémorale pourrait tendre à augmenter autour des deux dernières semaines de grossesse avant de diminuer au-delà de 42 s.a. Cette discontinuité serait amenée à traduire des micro-changements dans les dynamiques de croissances relatives entre segments à l'échelle réduite de la fin de grossesse, hypothèse sur laquelle nous reviendrons par la suite.

IV.1.2. Proportions relatives touchant un seul élément osseux

Les résultats des analyses des indices anthropométriques concernant les proportions relatives à un seul élément osseux traduisent des évolutions de format cohérentes avec le phénomène de croissance. La croissance relative de la largeur distale du tibia Ti9G par rapport à la longueur diaphysaire Ti1G (indice IT5G, figure 121) est corrélée significativement, positivement et de manière linéaire à l'âge central au décès, tout en se caractérisant par de très fortes différences populationnelles, et a donc été discutée ci-après (*Cf. infra*, chap. VIII, IV.2.).

Plusieurs résultats traduiraient l'acquisition d'une morphologie de plus en plus « longiligne » au fur et à mesure de la maturation osseuse dans les deux populations. C'est le cas des indices de robustesse et de robusticité (IF1, IF2, IT1) significativement et négativement corrélés à l'âge central au décès, ainsi que de l'indice métaphyso-diaphysaire du fémur IF4 (diamètre transversal au milieu de la diaphyse Fe4G relativement au diamètre transversal de l'extrémité distale Fe7G). À l'exception de l'indice de largeur sternale de la clavicule IC14, les tests significatifs de corrélation à l'âge au décès (pour les proportions touchant à un seul élément osseux) ne concernent que les dimensions relatives des membres inférieurs, ce qui correspond aux fortes dynamiques de croissance et à l'allongement des diaphyses classiquement documentés pour cette région anatomique (Miles et Bulman, 1994 ; Warren, 1997).

IV.2. Proportions relatives traduisant des différences d'ordre populationnel

Aucune différence populationnelle significative (figure 128) n'est identifiée pour les indices décrivant les dimensions relatives entre des éléments osseux distincts (IC2G, IH2G, IH3G, IP1G, IT3G et IF5G, p. 236). L'absence de différence significative dans notre échantillon concorde avec les résultats de Warren pour l'indice intermembral IF5G (figure 106) mais diverge pour l'indice crural IT3G (figure 107) et l'indice brachial IH3G (figure 104).

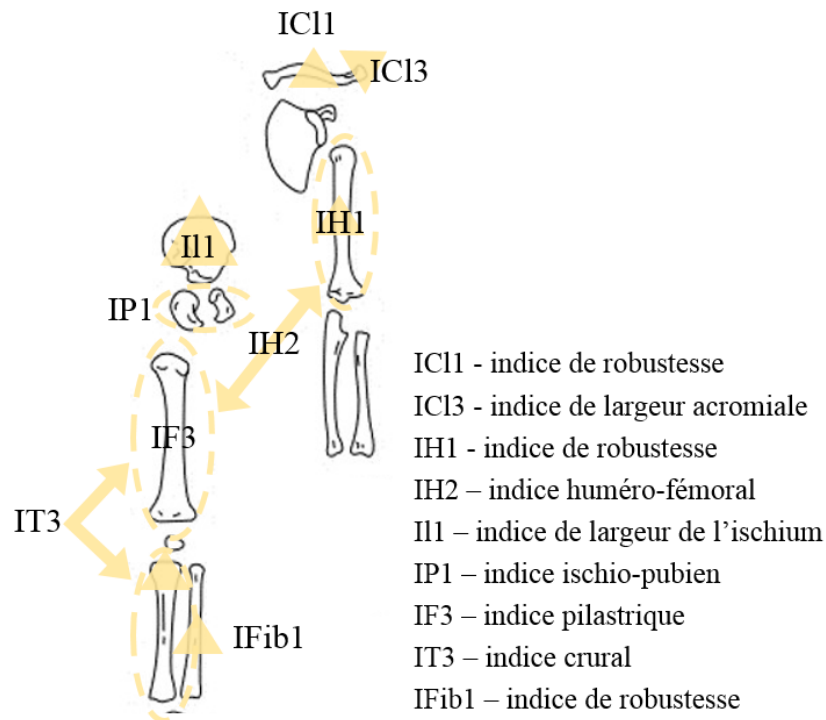


Figure 124. Régions anatomiques dont les indices ne se caractérisent pas par des corrélations significatives à l'âge au décès estimé ou par des différences populationnelles significatives, dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)

Les résultats de Warren (1997) mentionnent en effet l'existence de différences populationnelles pour l'indice crural IT3G et l'indice brachial IH3G. Ces résultats ont été obtenus à partir d'un corpus distinguant des échantillons « noir américains » et « américains-caucasiens » et correspondent aux observations réalisées sur des corpus adultes (Schultz, 1937). Ils sont confirmés également pour les individus immatures âgés de 1 à 9 ans par l'étude de Garcin (2009) qui identifie des différences populationnelles pour les indices brachial (IH3G) et crural (IT3G). Cet écart entre nos observations et celles de Warren (1997) peut être expliqué soit statistiquement par un effectif trop faible dans notre échantillon, soit biologiquement par l'existence d'une diversité moindre au niveau de ces régions anatomiques dans notre corpus.

D'après les résultats obtenus sur ce dernier, quatre indices de robustesse (figure 129) varient significativement en fonction des populations (IR1G, IF1G, IF2G et IT1G). La distribution des indices de robustesse du radius (IR1G), du fémur (IF1G), du tibia (IT1G) ainsi que l'indice de robustesse du fémur IF2G se caractérisent en effet par des différences significatives entre l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval. Leur robustesse est supérieure dans l'échantillon médiéval par rapport à l'échantillon kerma.

Aucune différence populationnelle significative n'est identifiée dans notre corpus parmi les dimensions relatives générales à l'échelle d'un seul os, soit IR2G, II1G, IF3G, IF4G et IT2G (figure 128). Par rapport aux données obtenues sur les individus immatures plus âgés, seul l'indice diaphysaire au milieu du tibia IT2 a été identifié par Garcin (2009) comme présentant des différences populationnelles dans son corpus, mais ces différences ne s'expriment que dans un seul de ses quatre échantillons. Des écarts significatifs entre les populations ont au contraire fréquemment été constatés pour les **dimensions relatives touchant les largeurs distales et proximales** des diaphyses, soit IH5G, IR4G, IU3G, IH4G, IR3G et IU2G (figure 129).

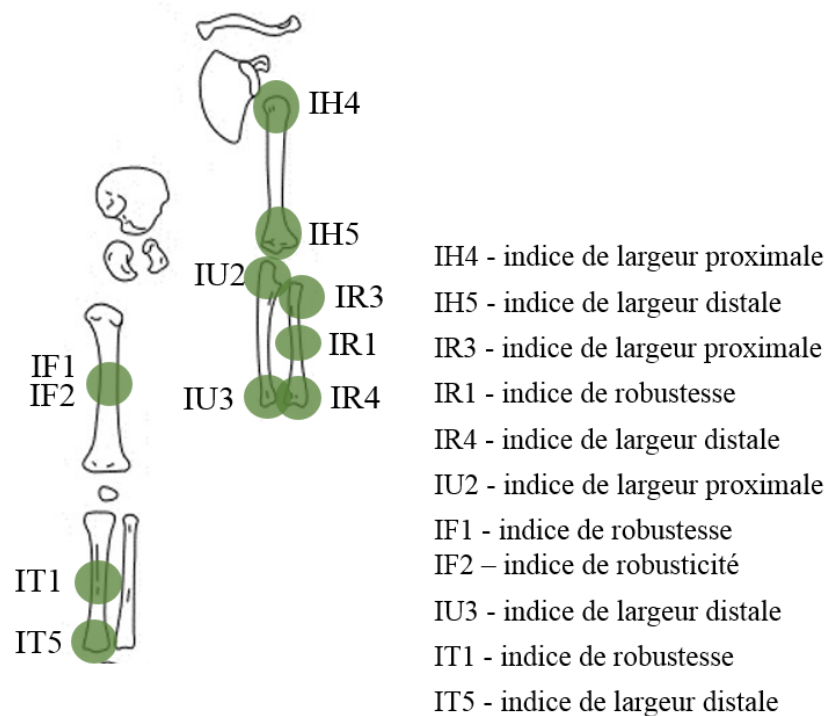


Figure 125. Régions anatomiques concernées par les indices présentant des différences populationnelles significatives, dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)

Les largeurs relatives proximales et distales de l'humérus, du radius et de l'ulna sont significativement supérieures dans l'échantillon médiéval par rapport à celles de l'échantillon kerma, sans être significativement corrélées à l'âge au décès. Seule la distribution de l'indice de largeur distale du tibia (IT5G) est à la fois significativement différente entre les deux échantillons et corrélée à l'âge central au décès (figure 129 ; figure 127). L'influence du facteur populationnel n'est pas significative pour les dimensions relatives des largeurs distale et proximale de la clavicule ICI3G et ICI4G (figure 128).

Une variabilité populationnelle est identifiée pour les individus immatures plus âgés par Garcin (2009) au niveau des régions distales de l'humérus (IH5G) et du tibia (IT5G). L'auteur identifie que ces deux métaphyses distales sont plus larges dans les échantillons qualifiés de type « urbain ». Si l'écart reste peu marqué pour IH5G dans notre échantillon, il est en revanche très prononcé pour IT5G. Nos résultats iraient donc dans le même sens que ceux de Garcin (2009) pour la métaphyse tibiale, avec des dimensions supérieures chez les sujets « urbains » de notre échantillon médiéval par rapport aux sujets kermas.

Synthèse

Afin d'analyser les variations de conformation des éléments osseux des membres supérieurs et inférieurs ainsi que des ceintures, 29 indices anthropométriques issus du protocole de Garcin (2009) sont calculés. En exprimant des proportions entre deux dimensions anatomiques au minimum, ils permettent dans une certaine mesure d'exclure les différences d'échelle entre individus. Cette première approche a pour but d'analyser la conformation squelettique afin d'identifier des différences inter-populationnelles ou des variations en fonction de l'âge.

Comme attendu, les distributions de certaines longueurs apparaissent comme significativement corrélées à l'âge au décès. C'est le cas de certaines dimensions du membre inférieur ainsi que de plusieurs dimensions relatives entre segments osseux distincts, soit au sein du membre supérieur, soit entre le membre supérieur et le membre inférieur. Ces corrélations peuvent traduire les dynamiques de croissance longitudinale avec l'allongement de certains éléments osseux (*e.g.* humérus et tibia) au cours de la période périnatale. Plusieurs résultats, en particulier l'élargissement de l'ilium et l'allongement du pubis, se révèlent différents de ceux obtenus sur des corpus de sujets immatures plus âgés par Garcin (2009), ce qui pourrait traduire des dynamiques de maturation différentes entre le stade périnatal et l'enfance, avec une variabilité inter-individuelle plus forte au stade périnatal.

Deux indices de proportions relatives (la longueur humérale par rapport à la longueur fémorale, ainsi que la largeur distale du radius) tendraient à montrer certaines discontinuités de trajectoires de croissance, avec une variabilité forte en début de grossesse, et une homogénéisation des proportions autour du terme théorique. Pour le rapport entre longueur humérale et fémorale, il est même possible de soupçonner une inflexion de la dynamique de

croissance autour du terme théorique, avec une augmentation suivie d'une diminution du rapport au-delà de 42 semaines d'aménorrhée.

D'autres indices pourraient marquer de légères différences de conformation entre la population kerma d'une part, et la population médiévale d'autre part. Elles concernent majoritairement les variables relatives aux extrémités distales et proximales du membre supérieur, des largeurs du membre inférieur, ainsi que des indices de robustesse. Les sujets médiévaux sont globalement plus robustes et dotés d'épiphyses plus larges que les sujets kerma, lesquels sont plus longilignes. D'une manière générale, les sujets médiévaux présentent une variabilité supérieure à celle des sujets kerma, dont l'échantillon semble au contraire présenter une forte homogénéité entre les individus.

Parmi les analyses métriques, certaines, comme les indices anthropométriques fondés sur des données unilatérales, apportent des éléments de discussion quant à nos axes de recherche sur la variabilité inter-populationnelle et les évolutions liées à l'âge. D'autres, portant cette fois sur des variables métriques bilatérales, rejoignent des aspects différents de nos problématiques générales. Il s'agit des questions relatives à la diversité intra-individuelle et à l'état sanitaire du corpus archéologique, que nous avons abordées grâce à une étude de l'asymétrie droite / gauche des variables bilatérales.

Chapitre IX.

Variabilité métrique et instabilité du développement :

les asymétries directionnelles et fluctuantes

La symétrie constitue, en biologie et pour certains organes, un idéal mathématique jamais atteint du fait des conditions réelles de développement des organismes (Palmer et Strobeck, 1986 ; Palmer, 1994, 1996 ; Storm, 2010). Le phénotype de l'organisme constitue en effet un compromis constant entre sa capacité de maintenir un développement optimal - l'homéostasie - d'une part (*Cf. supra*, chap. II, III.1.) et les contraintes biomécaniques qu'il subit d'autre part (Palmer et Strobeck, 1986, 2003 ; Palmer, 1996 ; Storm, 2010). Dans des conditions non-optimales, la stabilité du développement, lequel est génétiquement programmé, est confrontée à des facteurs de perturbations multiples aussi bien endogènes qu'exogènes. Ceux-ci comprennent les stress biomécaniques, les stress environnementaux et culturels, les pathologies et anomalies du développement, ou encore les prédispositions génétiques (Palmer et Strobeck, 1986 ; Palmer, 1994, 1996, 2004 ; Storm, 2010).

Ces perturbations, dont l'action apparaît comme antagoniste à la stabilité du développement, sont la source d'une partie de la variabilité phénotypique. Elles sont présumées se manifester sous la forme d'écarts aléatoires, les asymétries fluctuantes (*Cf. infra*, chap. IX, I.1.) au niveau par exemple des tissus dentaires ou osseux (Albert et Greene, 1999). Ce phénomène a été largement étudié en biologie des organismes et en particulier sur les modèles animaux, ouvrant la voie à la question de son intérêt en anthropologie biologique et notamment à leur appréhension sur les tissus dentaires (Perzigian, 1977 ; Saunders et Mayhall, 1982a ; Mooney *et al.*, 1985 ; Kieser *et al.*, 1986 ; Palmer et Strobeck, 1986).

Les asymétries, utilisées comme “*fitness proxy*”, soit un signal de « qualité génétique » individuelle (Van Dongen *et al.*, 2009), sont depuis considérées comme un outil efficient pour l'étude des contraintes développementales appliquées aux populations anciennes (Van Valen, 1962 ; Palmer et Strobeck, 1986 ; Palmer, 1996 ; Auerbach et Ruff, 2006 ; Storm, 2010 ; Van Dongen *et al.*, 2010 ; Ten Broek *et al.*, 2017). Ces études ont pour but d'évaluer, à partir de ces données d'asymétrie, le degré d'instabilité développementale d'une population. Elles tentent ensuite de trouver des corrélations entre cette instabilité et une exposition à des stress, et en particulier des conditions environnementales défavorables (Livshits *et al.*, 1988b ; Klingenberg, 2015)

Comme pour les autres organismes, ce type de démarche demeure toutefois confronté à un certain nombre de biais, un des premiers étant la variabilité inter-individuelle des phénomènes d'intégration de ces perturbations par l'organisme. Ce qui est intégré comme un stress par un individu peut ne pas l'être par un autre, tandis qu'un stress avéré peut - ou non - avoir une répercussion sur le développement. Un sujet fortement asymétrique peut avoir été particulièrement sensible, ou au contraire très résistant, tandis qu'un sujet très peu asymétrique est à même d'avoir été très résistant ou au contraire incapable de résister aux pressions de son environnement (Benderlioglu *et al.*, 2004). De la même manière, la coïncidence effective entre la présence d'asymétrie au niveau d'une variable, et des événements perturbateurs précis et identifiables reste à discuter (*Cf. infra*, chap. IX, I.2.).

Malgré ces biais, les problématiques de quantification du degré d'asymétrie apparaissent comme cruciales dans le contexte de l'étude biologique d'individus décédés en période périnatale, en premier lieu d'un point de vue biologique, du fait que les atteintes à la symétrie du squelette apparaissent alors comme trouvant majoritairement leur source au cours du développement *in utero* (Storm, 2010). Les mécanismes à l'origine des asymétries dans cette classe d'âge se distinguent de ceux intervenant sur les individus plus âgés, puisque chez les adultes ces déséquilibres peuvent résulter des remodelages osseux (maladies, activités quotidiennes) intervenant sur le temps long (Bots *et al.*, 2015). Les analyses biologiques amènent donc à questionner l'origine ontogénique de ces écarts. Dans un second temps et dans une perspective archéo-anthropologique, elles peuvent - sous réserve de supposer effectivement l'existence d'une corrélation explicite positive entre stress environnemental et « quantité » d'asymétrie - apporter des données relatives aux pressions environnementales subies par les populations étudiées.

L'intérêt scientifique soulevé par ces problématiques d'asymétries dans cette classe d'âge est aujourd'hui démontré par le fait qu'elles font l'objet de plus en plus d'études à partir de collections médico-légales de fœtus actuels (Van Dongen *et al.*, 2009, 2010 ; Bots *et al.*, 2011, 2015). Deux raisons principales nous amènent à investir cet axe de recherche. Si les protocoles classiques ont pu être appliqués sur des corpus anciens d'individus adultes, il n'existe d'une part, à notre connaissance, aucune étude archéo-anthropologique s'attachant à évaluer sur os sec les asymétries d'un corpus d'individus décédés en période périnatale issus d'une population ancienne. La question méthodologique de l'applicabilité des protocoles d'étude à un échantillon de ce type (de dimensions réduites, à la fragilité importante et potentiellement altérée par la taphonomie) reste donc ouverte, et notre approche apparaît comme inédite. D'autre part, les études réalisées sur les dimensions osseuses de corpus actuels se sont principalement attachées à analyser les asymétries d'un nombre réduit de variables concernant uniquement les longueurs diaphysaires (Van Dongen *et al.*, 2009, 2010 ; Bots *et al.*, 2011, 2015). Effectuer des analyses à partir de notre base de données métriques représente donc une opportunité intéressante de questionner la présence d'asymétries à une échelle encore plus fine, sur des variables nombreuses et non limitées aux longueurs maximales.

Nous travaillerons selon deux axes :

- (i) **Axe 1** : nous souhaitons en premier lieu répondre à la question de la présence ou de l'absence d'asymétries (directionnelles et fluctuantes, *Cf. infra*, chap. IX, I.1. Les **asymétries : définitions** dans le corpus archéologique d'individus décédés en période périnatale, et cela grâce à un nombre élevé de variables et une réflexion sur l'adaptation des protocoles statistiques classiques à l'étude de séries archéologiques. Cette étape a été effectuée en deux temps :
 - i. Une première étape a pour objectif de sélectionner, grâce à un protocole « semi-exploratoire » adapté au traitement d'un nombre important de variables, celles susceptibles de présenter de l'asymétrie.
 - ii. Une seconde étape est l'application aux variables précédemment sélectionnées du protocole classique d'estimation des asymétries développé par Palmer et Strobeck (1986) et amélioré par Van Dongen et collaborateurs (1999) dans le but de distinguer celles plus à même d'exprimer ce type d'écarts droite-gauche, les « variables support ».

- (ii) **Axe 2** : il s'est agi, en admettant le lien entre asymétries fluctuantes et perturbations du développement, de questionner la présence de différences populationnelles entre l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval, différences pouvant témoigner d'une hétérogénéité des états sanitaires et des pressions environnementales subies par les sujets.

L'ensemble des démarches statistiques est élaboré en collaboration avec F. Santos, ingénieur d'études en statistique du laboratoire PACEA.

I. Les asymétries : aperçu des connaissances et enjeux

I.1. Les asymétries : définitions

La **symétrie** peut être définie comme la similitude exacte de deux éléments par rapport à un point, un axe ou un plan de référence²¹. Elle représente une composante biologique fondamentale qui peut se présenter sous des formes simples (symétrie par rapport à un axe) ou des formes complexes (figure 130), comme la symétrie rotationnelle, la symétrie translationnelle ou encore la symétrie spirale (Klingenberg, 2015). L'asymétrie est donc la déviation par rapport à cet état de symétrie (Klingenberg, 2015).

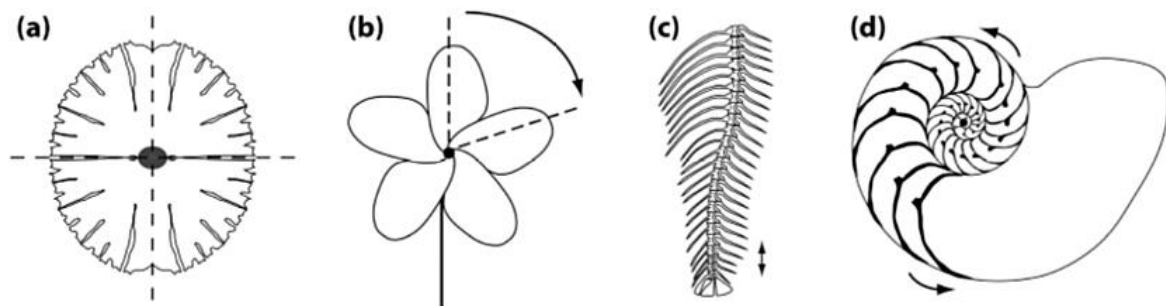


Figure 126. Différents types de symétrie complexe observés en biologie ; a) symétrie de réflexion à deux axes sur algue unicellulaire, b) symétrie rotationnelle sur une fleur, c) symétrie de translation sur le rachis d'un poisson d) symétrie spirale, sur une coquille de nautilus, d'après Klingenberg (2015)

Chez l'homme, elle apparaît dès le stade embryonnaire (Larsen, 2003). En anthropologie biologique, la symétrie fait référence à l'expression identique ou statistiquement non différente d'un trait métrique ou non métrique entre le côté gauche et le côté droit d'un même individu. Elle peut notamment être étudiée à partir de variables métriques grâce à la morphométrie classique, ou à partir de variables de forme grâce à la morphométrie géométrique (Klingenberg, 2015).

²¹ Définition adaptée de celle du dictionnaire Larousse en ligne
<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/sym%C3%A9trie/76062>

Trois types d'asymétries (figure 131) sont couramment identifiés à partir de la distribution de l'écart entre la variable droite et la variable gauche, notée ici D-G (Van Valen, 1962 ; Palmer et Strobeck, 1992 ; Palmer, 1994 ; Storm, 2010) : l'**asymétrie fluctuante**, l'**antisymétrie** et l'**asymétrie directionnelle**. Ces termes ne font référence qu'à la distribution statistique de ces écarts au sein d'une population, et pas aux processus développementaux sous-jacents (Klingenberg, 2015).

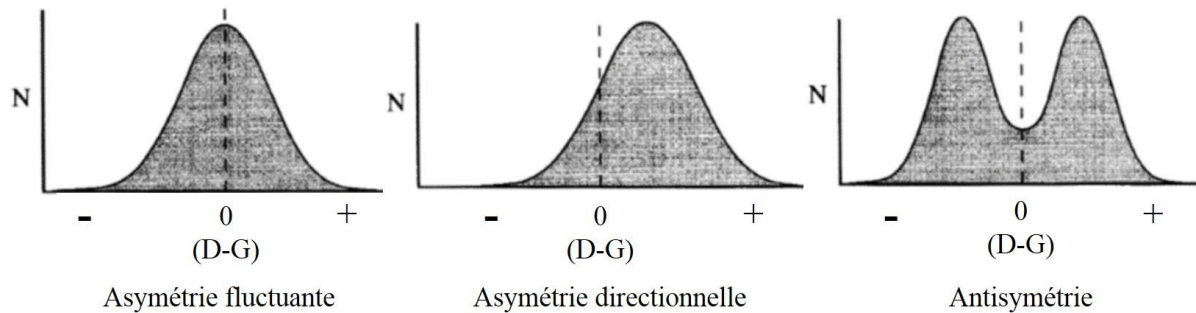


Figure 127. Représentations des différents types d'asymétrie, modifié d'après Palmer (1996a, p. 520)

L'**asymétrie directionnelle** (AD, figure 131) décrit un caractère qui s'exprime de manière préférentielle d'un côté d'un organisme, ce qui se traduit graphiquement par une distribution normale des écarts D-G avec une moyenne différente de zéro, ce dernier critère permettant de faire la distinction avec l'asymétrie fluctuante (Van Valen, 1962 ; Palmer et Strobeck, 1986 ; Palmer, 1994 ; Steele et Mays, 1995 ; Møller et Swaddle, 1997). Cette préférence directionnelle aurait un lien avec la latéralisation du système neurologique, responsable chez l'homme d'une latéralisation préférentielle se traduisant par un usage différent du côté gauche et du côté droit (Van Dongen *et al.*, 2010).

Les études anthropologiques sur l'adulte se sont attachées à étudier les AD au niveau des diaphyses et des articulations des membres supérieurs et inférieurs, et ce dans le but d'appréhender les réactions de l'os aux stress mécaniques et en particulier ceux dus aux activités physiques (Lowrance et Latimer, 1957 ; Trinkaus *et al.*, 1994 ; Steele et Mays, 1995 ; Plochocki, 2004). Les observations réalisées sur le squelette infra-crânien ont également mis en évidence l'existence d'asymétries directionnelles croisées, les asymétries au niveau des membres supérieurs et inférieurs se correspondant de manière symétriquement croisée (Schaeffer, 1928 ; Gloux, 2007). La question de l'origine ontogénique de cette latéralisation préférentielle et de son identification dès le stade fœtal a cependant été posée très tôt (Schultz, 1923), et demeure sujette à discussions (*Cf. infra*, chap. IX, II.5.1.). L'asymétrie directionnelle présenterait en partie une origine génétique (Palmer et Strobeck, 1986, 1992), mais ne pourrait pas être utilisée comme un indicateur de l'instabilité du développement (*Cf. infra*, chap. IX, I.2.).

L'**asymétrie fluctuante (AF)** est définie comme des écarts mineurs, aléatoires et indépendants par rapport à la symétrie bilatérale (Palmer et Strobeck, 1986 ; Graham *et al.*, 1993). Elle se traduit graphiquement (figure 131) par une distribution normale des écarts avec une moyenne égale à zéro (Perzigian, 1977). Elle peut toutefois parfois présenter des distributions non normales de type leptokurtique, soit une distribution en cloche plus « pointue » que la loi gaussienne (Thornhill et Gangestad, 1999). Ces variations aléatoires sont minimales, de l'ordre de 5 % pour une variable métrique chez l'adulte (Van Valen, 1962 ; Palmer, 1994 ; Graham *et al.*, 2003). L'existence de ces écarts aléatoires entre les deux côtés d'une variable métrique est classiquement interprétée comme un signal de la réponse de l'organisme à des perturbations de l'homéostasie par des stress environnementaux extrinsèques ou des stress génétiques intrinsèques (Van Valen, 1962 ; Livshits *et al.*, 1988a ; Leary et Allendorf, 1989 ; Parsons, 1990 ; Palmer *et al.*, 1993), selon le principe que plus un organisme aura été soumis à un environnement stressant durant son ontogénie, plus son niveau de stabilité développementale sera abaissé, et plus le taux d'AF sera élevé (Palmer, 1994 ; Storm, 2010). L'asymétrie fluctuante augmenterait ainsi au fur et à mesure que décroît la propension de l'organisme à amortir l'impact des facteurs déterminants (Livshits *et al.*, 1988a). Ses origines restent toutefois mal connues du fait de la complexité des processus de développement et de la multiplicité des facteurs déterminants environnementaux. La part d'influence de la génétique est toutefois discutée, certains auteurs la trouvant significative (Palmer, 1994 ; Møller et Swaddle, 1997 ; Klingenberg, 2015), d'autres beaucoup moins importante (Graham *et al.*, 1998). La question de son héritabilité demeure ouverte, même si la majorité des sources s'accorde à la minimiser (Klingenberg, 2015). Elle se développe aussi chez l'adulte, période de la vie où elle dépend alors principalement de facteurs biomécaniques (*e.g.* Storm, 2010 ; Sparacello *et al.*, 2017).

Comme évoqué précédemment, plusieurs limites à l'interprétation archéo-anthropologique de l'AF doivent toutefois être prises en considération. La première est que la diversité inter-individuelle peut être attribuée à des différences de pressions environnementales au cours de l'ontogénie, autant qu'à la variabilité inter-individuelle de réaction et d'adaptation (Benderlioglu *et al.*, 2004). Une seconde limite est la diversité des variables étudiées : certaines seraient plus susceptibles que d'autres de traduire de manière effective cette instabilité du développement. Les AF pourraient donc être identifiables sur certains traits particuliers, les variables-supports, variables particulièrement à même d'exprimer de l'asymétrie. La distinction des variables-supports et des variables moins à même d'exprimer de l'asymétrie pour la classe d'âge périnatale n'en est toutefois qu'à ses débuts (Møller et Swaddle, 1997 ; Livshits *et al.*, 1998 ; Thornhill et Gangestad, 1999)

L'**antisymétrie** (AA, figure 131) apparaît quant à elle lorsque la majorité des traits observés présente une asymétrie, mais que le côté d'expression du caractère demeure aléatoire (Van Valen, 1962 ; Palmer et Strobeck, 1986 ; Graham *et al.*, 1993 ; Steele et Mays, 1995 ; Møller et Swaddle, 1997). Un des exemples les plus couramment mentionnés pour illustrer cette forme d'asymétrie est le crabe violoniste, espèce dans laquelle les mâles présentent une dissymétrie extrême au niveau de la taille de leurs pinces, à gauche ou à droite de manière aléatoire. On pourrait citer encore, pour l'espèce humaine, l'exemple de l'asymétrie des membres supérieurs du joueur de tennis Rafael Nadal. Ce type d'asymétrie s'exprime le plus souvent par une distribution bimodale (figure 131) autour d'une moyenne égale à zéro (Palmer et Strobeck, 1986, 2003). Les formes les plus prononcées d'antisymétrie se distribuent de manière clairement bimodale, même si elle peut s'exprimer à divers degrés (Palmer et Strobeck, 1992), et donc tendre dans certains cas vers l'asymétrie fluctuante. La différence entre les deux est que l'antisymétrie ne peut se départir d'une composante de corrélation négative entre les valeurs gauche et droite. Le passage de l'antisymétrie à l'asymétrie fluctuante peut donc correspondre à une transition graduelle allant d'une corrélation négative importante vers une corrélation égale à zéro (Klingenberg, 2015).

I.2. Signification développementale de l'asymétrie fluctuante

La théorie selon laquelle l'AF pourrait constituer un outil de caractérisation de l'instabilité du développement est fondée sur le postulat que des structures gauche et droite, dans la mesure où elles se développent sous l'action du même génome et du même environnement, sont censées être identiques (Klingenberg, 2015). Selon un modèle de développement entièrement déterministe, les deux traits se développent de manière identique, atteignant le "*target phénotype*", lequel est idéalement symétrique (Nijhout et Davidowitz, 2003). En pratique, l'organisme doit amortir l'impact de micro-perturbations du développement ("*developmental noise*") dues aux facteurs environnementaux et génétiques, c'est-à-dire les effets cumulatifs et aléatoires de troubles de faible ampleur (Palmer et Strobeck, 1992). Les capacités d'amortissement de l'organisme ("*buffering*") varient en fonction des individus, du temps ou encore du trait considéré, ce qui amène à introduire une déviation par rapport au "*target phénotype*". Les processus moléculaires comprenant une composante stochastique (c'est-à-dire relevant partiellement du hasard²²) et les variations aléatoires des processus de

²² Définition modifiée d'après celle du dictionnaire Larousse en ligne <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/stochastique/74742>

développement affectent en effet chaque côté du trait de manière distincte, ce qui peut donc causer une certaine dissymétrie dans l'expression du trait (Gloux, 2007 ; Storm, 2010 ; Klingenberg, 2015). L'AF observée constituerait donc le résultat des fluctuations du développement et des effets de compensation de l'organisme (Klingenberg, 2015).

Les analyses d'asymétrie fluctuante permettraient donc de mesurer l'impact de l'instabilité du développement sur l'organisme. Même si cette hypothèse est très largement utilisée dans de nombreuses disciplines, la signification de l'antisymétrie par rapport aux problématiques d'homéostasie demeure dans une certaine mesure soumise à discussions. Elle repose en effet sur au moins deux postulats : d'une part que les côtés gauche et droite d'un même trait ont effectivement le même "*target phenotype*" (ce qui n'est pas toujours le cas, le poumon humain présente par exemple deux lobes à gauche et un lobe à droite), et, d'autre part, que les deux partagent un même environnement (Klingenberg, 2015). Concernant ce second axiome, il est connu que les facteurs environnementaux peuvent s'exercer de manière hétérogène, ce qui impliquerait qu'une partie de l'asymétrie serait due à la plasticité phénotypique plutôt qu'à l'instabilité du développement. Ce dernier argument est toutefois moins valable pour les organismes mobiles, qui évoluent spatialement dans leur environnement, et pour lesquels la part de la réponse plastique semble être négligeable (Klingenberg, 2015). Certains auteurs continuent toutefois à se prononcer en faveur d'une origine purement génétique de l'AF, qui empêcherait une interprétation en tant qu'indice de l'instabilité du développement (Palmer et Strobeck, 1992).

I.3. Pattern d'asymétries du squelette adulte

Les études biologiques réalisées sur des corpus d'individus adultes ont montré qu'il existe une tendance générale d'asymétries squelettiques dont le pattern varie en fonction de tendances séculaires, de facteurs populationnels, ou encore du sexe et de l'âge (Villotte, 2008a). À l'échelle du squelette, le bloc crânio-facial est considéré comme asymétrique et plus développé du côté droit, en partie du fait de l'existence d'un hémisphère cérébral droit dominant (Woo, 1931 ; Gawlikowska *et al.*, 2007). Des travaux ont également montré une asymétrie supérieure au niveau du membre supérieur par rapport au membre inférieur, avec un net avantage au côté droit (Schultz, 1937 ; Steele et Mays, 1995 ; Cuk *et al.*, 2001 ; Auerbach et Ruff, 2006). Des variations sont perceptibles à l'échelle diachronique (*Cf. supra*, chap. II, III. 2. L'étude des asymétries de la rigidité diaphysaire d'un échantillon d'Hommes modernes du Pléistocène supérieur comparé à un échantillon holocène a par exemple montré des degrés

d'asymétrie élevés pour la majorité des groupes, et particulièrement élevés chez les individus masculins (Sparacello *et al.*, 2017).

I.4. Asymétries squelettiques du sujet en période périnatale : aperçu et problématiques

La question de l'existence d'asymétries directionnelles chez les individus immatures s'est posée très tôt dans les études ayant pour objet la latéralisation préférentielle des populations adultes (Schultz, 1923, 1937 ; Fishel, 1929 cité par Fazekas et Kósa, 1978). Les individus développent en effet au cours de leur vie des asymétries directionnelles, voire des antisymétries, notamment au niveau des membres supérieurs, en fonction de leur usage préférentiel d'un côté par rapport à l'autre, suivant s'ils sont droitiers ou gauchers (Graham *et al.*, 1993). L'origine, génétique ou non, de cette latéralisation préférentielle fait débat (Graham *et al.*, 1993 ; Van Dongen *et al.*, 2010). Certaines études avancent l'hypothèse d'un contrôle de cette latéralisation préférentielle par des facteurs relatifs à l'environnement de développement (Corballis et Morgan, 1978), tandis que d'autres se prononcent en faveur d'une origine principalement génétique (Van Valen, 2005).

L'étude des AD au cours de la période fœtale et périnatale a pour objectif d'évaluer leur présence avant que les membres ne soient utilisés de manière asymétrique dans un environnement anthropisé et culturel (Steele et Mays, 1995). L'existence globale d'une asymétrie physiologique avec un côté droit plus grand est déjà évoquée par Fishel (1929, cité par Fazekas et Kósa, 1978). Une tendance a pu être observée sur l'humérus, dont la longueur diaphysaire apparaît chez les individus en période périnatale comme généralement plus grande du côté gauche que du côté droit (Steele et Mays, 1995), observations qui contredisent celles de Schultz (1923) qui observe l'inverse sur des sujets entre 4 mois *in utero* et la période du terme. L'hypothèse selon laquelle les AD en période périnatale n'auraient que des bases génétiques est toutefois à nuancer. Les études comportementales *in utero* montrent une latéralisation préférentielle des gestes - par exemple la succion du pouce - dès le stade fœtal (Steele et Mays, 1995). L'existence d'AD chez le fœtus est toutefois infirmée par d'autres études, dont une prenant en compte sept variables métriques de longueurs diaphysaires et digitales acquises à partir d'examen radiographiques sur les membres supérieurs et inférieurs d'un corpus de 500 fœtus décédés (Van Dongen *et al.*, 2010). L'apparition d'AD parmi les fœtus les plus âgés du corpus, suggérée par Gawlikowska et collaborateurs (2007), n'est pas non plus observée par ces chercheurs.

L'existence d'AF dans la classe d'âge périnatale fait au contraire l'objet d'un plus large consensus, même si leur importance en terme de signal d'instabilité du développement reste discutée (Van Valen, 1962 ; Sciulli *et al.*, 1979 ; Mooney *et al.*, 1985 ; Palmer et Strobeck, 1986 ; Clarke, 1993 ; Lens *et al.*, 2002 ; Graham *et al.*, 2003 ; Hallgrímsson *et al.*, 2003 ; Van Dongen *et al.*, 2009, 2010 ; Van Dongen et Gangestad, 2011 ; Özener et Graham, 2014 ; Bots *et al.*, 2015). Les études les plus récentes portant sur les asymétries squelettiques de l'enfant en période fœtale présentent deux caractéristiques. Les données *post-mortem* sont, d'une part, acquises le plus souvent à partir d'examen radiographiques, ce qui implique d'intégrer les biais relatifs aux mesures sur ce type de support (Van Dongen *et al.*, 2010 ; Bots *et al.*, 2015). Les variables étudiées dans cette classe d'âge sont, d'autre part, limitées aux longueurs diaphysaires et relativement peu nombreuses, et cela même si elles sont cumulées pour quantifier l'asymétrie de chaque individu (figure 132).

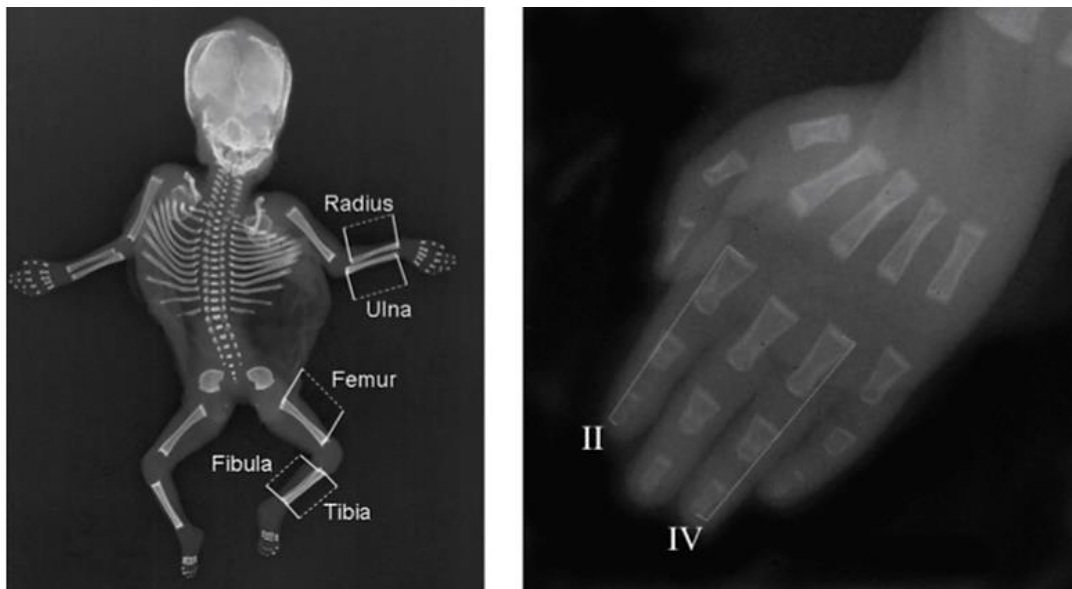


Figure 128. Variables métriques analysées dans l'étude de Van Dongen et al (2010)

Elles varient par exemple entre six et sept dans les études de Van Dongen et collaborateurs (2009), Van Dongen et collaborateurs (2010) ou encore Bots et collaborateurs (2015). Certaines recherches sont également réalisées *in vivo* (Livshits *et al.*, 1987, 1988a, 1998 ; Livshits et Kobylansky, 1989 ; Burke, 1992 ; Lalumière *et al.*, 1999 ; Liu et Palmer, 2003 ; Sengupta et Karmakar, 2007 ; Özener et Graham, 2014), mais les résultats fondés sur des variables acquises au niveau des tissus mous (poids, stature, circonférences de la tête et du thorax, etc.) peuvent difficilement être comparés aux résultats obtenus par les études fondées sur un corpus assemblé *post-mortem*. Il en est de même pour les résultats obtenus sur le modèle animal (Sciulli *et al.*, 1979 ; Mooney *et al.*, 1985 ; Leamy, 1993 ; Hallgrímsson *et al.*, 2003 ; Richtsmeier *et al.*, 2005 ; Söderman *et al.*, 2007).

L'étude des asymétries de l'enfant décédé en période périnatale à partir de corpus archéologiques offre donc un certain nombre d'avantages. Le travail sur os sec limite une partie des biais relatifs à la correction des erreurs de mesures sur radiographies, même si les biais relatifs aux erreurs de mesure classiques sont toujours au centre des considérations. La prise en compte d'un grand nombre de variables métriques permet, dans un second temps, d'obtenir des données d'asymétries sur des dimensions qui ne se limitent pas aux longueurs diaphysaires. Ces avantages sont nuancés par le fait qu'à la différence des études sur un corpus actuel, l'os peut présenter des micro-altérations taphonomiques qui rentrent comme un facteur de biais de l'évaluation des différences G-D. De même, le travail sur du matériel archéologique rend très difficile des comparaisons inter-individuelles du même ordre que celles réalisées par Van Dongen et collaborateurs (2010), dans la mesure où il est rarissime de disposer d'un effectif suffisant d'individus pour lesquels tous les traits analysés et cumulés sont conservés.

II. Axe 1 : identification de la présence ou absence d'asymétries dans notre corpus

II.1. Méthodologie générale

II.1.1. Les méthodes « classiques », un difficile consensus

Un des enjeux méthodologiques relatifs à l'asymétrie fluctuante est l'existence d'une tendance à la prolifération et à la complexification des méthodes, rendant difficile la comparaison des résultats entre les travaux (Palmer et Strobeck, 1986, 2003). Palmer et Strobeck (1986) relèvent ainsi dans la littérature scientifique au moins 22 méthodes de calcul, toutes variantes de neuf indices de calcul fondamentaux dont la pertinence a été évaluée par les auteurs. Ces indices sont fondés sur trois relations possibles :

- la valeur absolue de la différence entre le côté droit et le côté gauche ($|D-G|$)
- la différence brute entre le côté droit et le côté gauche ($D-G$)
- le rapport du côté droit sur le côté gauche (D / G)

L'une des différences principales entre ces indices est le fait que certains intègrent les variations de la « taille » (*size*) de la variable, c'est-à-dire qu'ils prennent en considération l'impact de son ordre de grandeur (Palmer et Strobeck, 1986). Quand elles sont appliquées, ces corrections le sont soit à l'échelle de l'individu, soit à l'échelle de l'échantillon étudié. Le choix de l'indice à utiliser est donc important par rapport à la question de l'ordre de grandeur des variables.

Un deuxième enjeu des études sur l'asymétrie est l'importance de l'estimation de « l'**erreur de mesure** » (EM). Celle-ci représente en réalité plus la variabilité de la prise de mesure qu'une erreur véritable, puisqu'aucune des données acquises ne peut en réalité être considérée comme une valeur exactement représentative de la longueur mesurée. Cette erreur de mesure est un facteur confondant dans les analyses d'asymétries, puisqu'elle est comprise dans le calcul de l'écart entre le côté gauche et le côté droit. La prise en compte de ce facteur de biais est d'autant plus importante que pour certaines variables, l'erreur de mesure peut être du même ordre de grandeur que l'AF, de l'ordre de 5 % du trait considéré. Sur un corpus radiographique, l'erreur de mesure se décompose en plusieurs composantes, notamment l'erreur issue du positionnement du fœtus par rapport à la source des rayons X et l'erreur de répétabilité intra-individuelle (Bots *et al.*, 2015). Ce facteur de biais est cependant pris en compte différemment selon les études, parfois par un modèle de régression mixte (Bots *et al.*, 2015), par des ANOVA (Kujanová *et al.*, 2008) ou encore en exprimant la différence de mesure en pourcentage de la mesure moyenne (White et Arend Folkens, 2000 ; Auerbach et Ruff, 2006). L'approche privilégiée par Palmer et Strobeck (1986) pour la prise en compte de cette erreur de mesure est une analyse mixte à deux facteurs du modèle de variance, à laquelle Van Dongen et collaborateurs (1999) substituent un modèle REML, c'est-à-dire un modèle de régression mixte avec estimation de vraisemblance restreinte (*Cf. infra*, chap. IX, II.3., E1).

Un troisième enjeu est la difficulté de faire la distinction, en pratique, entre l'asymétrie directionnelle et l'asymétrie fluctuante (Palmer et Strobeck, 1986). D'après les tests des auteurs réalisés sur un échantillon établi avec une asymétrie fluctuante prédéterminée, la sensibilité des différents indices à l'asymétrie directionnelle varie selon les indices utilisés. L'étude de l'asymétrie fluctuante sur une variable ne peut toutefois être pertinemment réalisée que si la part d'asymétrie directionnelle a été préalablement identifiée (Palmer et Strobeck, 1986). Certains auteurs l'estiment grâce à des tests F (Bots *et al.*, 2015) ou des tests T pour données appariées (Kujanová *et al.*, 2008).

Une dernière difficulté est celle de l'interprétation des résultats. Il n'existe pas, à notre connaissance, de « grille d'interprétation » ou de seuil de significativité permettant de distinguer les asymétries fluctuantes « effectives » et les asymétries « négligeables ». Sur l'adulte, des asymétries de l'ordre de 5 % ont pu être évoquées par certains auteurs (Van Valen, 1962 ; Palmer, 1994 ; Graham *et al.*, 2003), tandis que d'autres mentionnent des taux entre 2 et 4 % (Cuk *et al.*, 2001 ; Auerbach et Ruff, 2006). Pour le fœtus, les auteurs considèrent comme des asymétries fluctuantes des écarts beaucoup plus faibles. Bots *et al.* (2015) évoquent par

exemple des pourcentages d'AF variant entre 0,6 et 4,95 %, et Van Dongen et collaborateurs (2010) entre 1 et 1,5 %.

II.1.2. Méthodologie générale choisie pour la présente étude

Il est possible d'analyser les asymétries à partir d'indices anthropométriques (Storm, 2010), voire de mesures d'angles (Klingenberg, 2015). Nous avons cependant privilégié les variables linéaires brutes, d'une part car l'identification des variables les plus susceptibles de traduire de l'asymétrie fluctuante (les variables-support) est peu documentée, d'autre part car la complexité de la variable aurait tendance à diminuer l'ampleur de l'AF (Livshits *et al.*, 1998 ; Storm, 2010). Les analyses de ces variables linéaires sont parfois perçues comme moins représentatives que les analyses de formes menées en morphométrie géométrique. Klingenberg (2015) estime que cela revient à estimer la variance à partir de deux points, ce qui est possible mais imprécis. D'autres auteurs considèrent au contraire que l'évaluation de l'asymétrie par l'intermédiaire de variables linéaires multiples sur modèle 3D et non par superpositions procrustes est plus fiable (Combès *et al.*, 2011). Quoi qu'il en soit, nous considérons que les analyses de variables linéaires issues de mesures manuelles demeurent autant une assise qu'il est nécessaire de constituer avant de mener des analyses sur support virtuel, qu'une perspective importante des études biologiques.

Le choix du protocole d'étude des asymétries pour la classe d'âge périnatale semble donc relever d'un compromis entre celui des publications de référence de Palmer et Strobeck (1986, 1992), les objectifs d'analyse et la nature des données. Ce protocole de référence a pour particularité d'appréhender l'erreur de mesure grâce à des analyses de variances (ANOVA à deux facteurs à effet mixte). Les indices n'intègrent pas de correction pour cette erreur de mesure mais permettent de décrire directement l'amplitude brute de l'asymétrie. Ce protocole a été complété par Van Dongen (1999), qui remplace l'ANOVA à deux facteurs et à effet mixte préconisée par Palmer (1986) par un modèle de régression mixte avec estimation de vraisemblance restreinte (REML). Ce modèle permet, entre autres avantages, de tester plus aisément la significativité statistique de l'AF et de répondre à la question de la présence ou de l'absence d'AD et d'AF, en tenant compte de l'EM. Les deux protocoles nécessitent toutefois d'effectuer pour chaque variable et chaque individu analysés une deuxième série de mesures à la fois du côté droit et du côté gauche, ce qui est particulièrement long et fastidieux dans le cas d'étude de séries avec de nombreuses variables.

Dans la présente étude, nous avons au préalable étudié l'erreur de mesure pour chaque variable grâce à un test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 2000) ne nécessitant qu'une seule deuxième série de mesures, gauche et droite confondues, au contraire du prérequis des ANOVA et du modèle REML. Il était difficile d'effectuer de nouveau une deuxième série de mesures sur l'ensemble des variables et sur chacun des individus pour lesquels la conservation des vestiges permettait leur acquisition à la fois du côté droit et du côté gauche.

Une première phase d'étude a donc été mise en place (Axe 1-i) ayant pour objectif de sélectionner les variables présentant potentiellement des AF et des AD, et pour lesquelles la mise en place d'une seconde phase de mesures est envisageable dans le temps imparti. Cette phase se fonde sur l'utilisation des formules de Palmer avec une intégration de l'erreur de mesure par soustraction *a posteriori* (Cf. *infra*, chap. IX, II.2, E4). Après cette phase de sélection, un nombre plus réduit de variables a pu faire l'objet de cette seconde phase d'acquisition de mesures avant qu'elles ne soient utilisées pour une estimation précise de l'AF et de l'AD (Axe 1-ii) grâce à l'utilisation conjointe des protocoles de Van Dongen et collaborateurs (1999) et Palmer et Strobeck (1986). Le premier permet de tester la significativité statistique de la présence d'AF et d'AD mais sans la quantifier, le second vise à l'inverse à l'estimer sans se prononcer sur sa significativité. Pour l'ensemble de ce protocole, nous avons utilisé le logiciel libre R.3.4.

II.2. Axe 1, première partie : protocole de sélection des variables à tester

L'ensemble des étapes du protocole détaillé de la première partie de l'axe 1 est récapitulé ci-après (figure 133).

E0 : étape préliminaire, prise en compte de la répétabilité

Les variables acquises sur le bloc crânio-facial, la ceinture du membre supérieur, les os longs du membre supérieur, la ceinture du membre inférieur et des os longs du membre inférieur ont été considérées dans un premier temps, pour un total de **106 variables métriques** analysées. Parmi ces 106 variables métriques ont été conservées celles dont la répétabilité était considérée comme excellente, c'est-à-dire celles dont le coefficient de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 2000) aux tests intra-observateurs était supérieur ou égal à 0,95 (Cf. *infra*, chap. VI, I.2.2.). Celles obtenues avec un outil de mesure différent des autres (ruban de mesure) ont été exclues. Cette sélection a eu pour but de minimiser la part de l'erreur de mesure pour la suite des analyses.

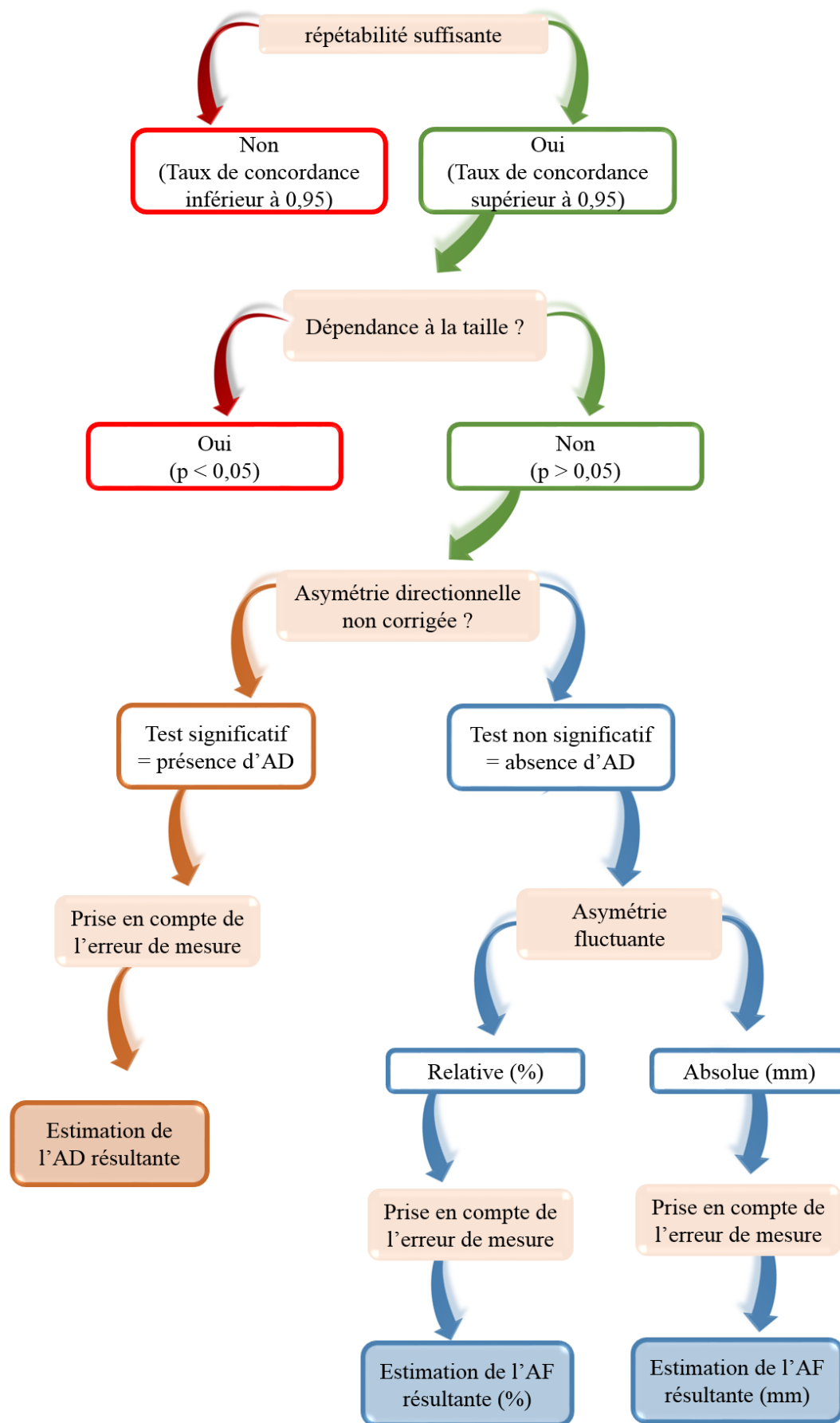


Figure 129. Récapitulatif du protocole élaboré pour la première étape de l'axe 1 de cette étude

E1 : recherche d'une dépendance entre l'asymétrie et l'ordre de grandeur de la mesure

La recherche d'une éventuelle dépendance entre l'asymétrie et l'ordre de grandeur de la mesure (ou « taille de la mesure ») est un prérequis méthodologique effectué par l'intermédiaire d'un test de corrélation de Pearson entre l'amplitude des erreurs de mesure et la dimension des individus (Palmer et Strobeck, 1986, 1992). Ces tests de corrélation ont été considérés comme significatifs en cas de p-valeur inférieure à 0,05. Seules les variables dont l'asymétrie n'a pas été identifiée comme significativement corrélée à l'ordre de grandeur de la mesure ont été conservées pour la suite des analyses.

E2 : recherche d'asymétrie directionnelle

La seconde étape de cette première phase a eu pour but de rechercher la présence d'un biais systématique dans une direction, soit à gauche soit à droite, lequel est assimilable à de **l'asymétrie directionnelle** (figure 134). Cette recherche a été effectuée à l'aide d'un test de Wilcoxon pour données appariées, alternative non paramétrique du test t de Student. Le test a été considéré comme significatif en cas de p-valeur inférieure à 0,05. En cas de test significatif, la variable a été considérée comme présentant une asymétrie directionnelle (incluant potentiellement l'erreur de mesure).

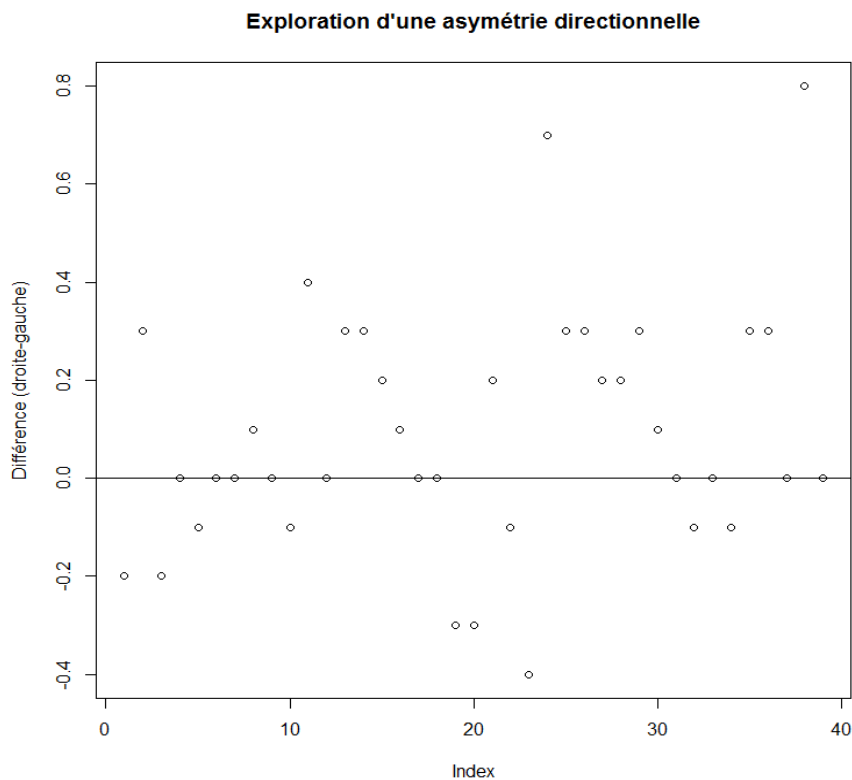


Figure 130. Exemple d'asymétrie directionnelle non corrigée significative pour la variable Pu4 d'après le test de Wilcoxon pour données appariées, $p = 0,037$

Cette asymétrie directionnelle moyenne a été évaluée en mm avec le calcul de la moyenne des différences brutes (droite – gauche), ainsi qu'en pourcentages. La variable Pu4 (largeur entre la région glénoïdo-coracoïdienne et le bord médial de la scapula, Cf. annexe 4) présente par exemple une asymétrie directionnelle significative d'après le test de Wilcoxon pour données appariées ($p = 0,037$). D'après la projection du test (figure 134), la variable Pu4 présenterait, dans notre corpus, une tendance à être plus grande du côté gauche que du côté droit.

E3 : traitement des variables ne présentant pas d'asymétrie directionnelle significative

La troisième étape n'a pris en compte que les variables non significatives d'après le test précédent de Wilcoxon pour données appariées, pour lesquelles aucune asymétrie directionnelle n'a été identifiée. L'asymétrie fluctuante relative non corrigée (donnant le pourcentage moyen d'asymétrie sur tout l'échantillon) a alors été directement calculée grâce à l'indice n°2 de l'étude de Palmer et Strobeck (1986), grâce à la formule

$$\sum[(A_i) / (R_i + L_i) / 2] / N$$

Avec A_i = l'asymétrie pour une variable donnée et un individu donné, R_i = dimension du côté droit, L_i = dimension du côté gauche, N = nombre d'individus dans l'échantillon.

L'asymétrie fluctuante absolue non corrigée (donnant la moyenne des valeurs absolues des fluctuations sur tout l'échantillon) a ensuite été directement calculée grâce à l'indice n°1 de l'étude de Palmer et Strobeck (1986), grâce à la formule :

$$\sum(A_i) / N$$

Avec A_i = l'asymétrie pour une variable donnée et un individu donné et N = nombre d'individu dans l'échantillon.

E4 : intégration de l'erreur de mesure

La dernière étape de cette première phase a eu pour but d'intégrer l'erreur de mesure (EM) aux résultats bruts d'AF et d'AD précédemment obtenus grâce aux formules de Palmer et Strobeck (1986), résultats quantifiant l'AF et l'AD sans la « corriger » de l'EM. L'erreur de mesure a ici été estimée à partir des deux séries de données acquises pour réaliser les tests intra-observateurs à l'aide du test de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 2000). L'écart moyen entre les deux séries de mesures a été calculé en mm et en pourcentage de la variable, tout d'abord pour chacun des individus, puis pour l'échantillon complet. Pour la variable Il5 par exemple, l'erreur de mesure globale était de l'ordre de 0,06 mm soit 0,9 % de la variable (tableau 30).

Individu	II5 - 1 ^e série	II5 – 2 ^e série	Écart mm	Écart en %
S41	11,4	11	0,4	3,5
PJ213	7,3	7,6	-0,3	-4,1
PJ275	8,6	8,5	0,1	1,2
B58	10,3	10,1	0,2	1,9
S41	11,8	12,3	-0,5	-4,2
P213	7,3	7,7	-0,4	-5,5
P215	12,1	11,6	0,5	4,1
P233	10,8	10,7	0,1	0,9
P251	9	9	0	0,0
P275	10,2	10,9	-0,7	-6,9
Moyenne			 -0,06 	 -0,9

Tableau 30. Exemple du calcul de l'erreur de mesure pour la variable II5, diamètre vertical de la surface auriculaire de l'ilium

Ces écarts pour les erreurs moyennes sont à considérer en valeur relative à l'échelle de chacun des individus, mais en valeur absolue dans l'échantillon car la valeur négative n'a alors mathématiquement pas d'intérêt (il ne s'agit pas d'un écart D-G mais d'un écart $t_1 - t_2$). Ces erreurs de mesures ont ensuite été comparées aux résultats d'asymétries directionnelle et fluctuante non corrigées obtenus pour les variables retenues au cours des étapes E2 et E3. Les variables pour lesquelles l'erreur de mesure était identique ou supérieure à l'asymétrie non corrigée ont été écartées. Les variables pour lesquelles l'erreur de mesure était faible au regard de l'asymétrie non corrigée ont été conservées, et l'erreur de mesure a été soustraite à l'asymétrie non corrigée afin d'obtenir une estimation de l'asymétrie « résiduelle ».

La variable II5, par exemple, ne présente pas d'asymétrie directionnelle significative d'après le test de Wilcoxon pour données appariées ($p = 0,148$), mais se caractérise potentiellement par une asymétrie fluctuante de l'ordre de 1 mm, soit 10,6 %. On constate que les erreurs moyennes de mesure sur II5 sont de l'ordre de 0,06 mm soit 0,9 %, et peuvent, en comparaison, apparaître comme négligeables. L'estimation de l'asymétrie fluctuante résiduelle après correction ($AFC = 1 - 0,01$ et $AFC\% = 10,6 - 0,9$) est donc pour cette variable de l'ordre de 0,9 mm, soit 9,7 %. On peut ainsi en conclure que cette variable métrique fait partie des variables exprimant potentiellement une asymétrie fluctuante dans notre corpus. Pour celles-ci ont pu être envisagées l'application conjointe des protocoles de Palmer et Strobeck (1986) et Van Dongen (1999), avec comme prérequis la reprise de mesures bilatérales destinées à tester l'EM par le modèle REML (Dongen *et al.*, 1999).

II.3. Résultats de la première phase de l'axe 1 : sélection des variables exprimant potentiellement de l'asymétrie fluctuante et de l'asymétrie directionnelle

Sur les 106 variables considérées, 68 remplissaient les critères de répétabilité (coefficient de concordance supérieur ou égal à 0,95 selon le test de Lin (I-Kuei Lin, 1989)). Deux (Fe2 et Il6), ont été exclues car obtenues avec un outil de mesure différent et moins précis que les autres (non pas au pied à coulisse électronique, mais à l'aide d'un ruban de mesure). Parmi les variables restantes, trois (Sc7, Ex2 et Fe4) présentaient une corrélation significative à la taille, et n'ont donc pas été considérées dans la suite de l'étude (étape E1, figure 133). Deux variables présentant une asymétrie directionnelle (SC2 et UI7) n'ont pas été conservées après correction, car l'erreur de mesure était égale à cette asymétrie (étape E3, figure 133). Une variable, Fi1, présentant une asymétrie fluctuante non corrigée, n'a également pas été conservée après correction, puisque l'erreur de mesure (1,8 %) était supérieure à l'asymétrie non corrigée (évaluée à 0,5 %).

III.3.1. Variables pour lesquelles une asymétrie directionnelle peut être soupçonnée

Neuf variables se caractérisent par une asymétrie directionnelle résiduelle après correction de l'erreur de mesure (tableau 31).

Variable	Définition	Estimation de l'asymétrie directionnelle corrigée	
		en mm	en %
Cl8	Diamètre vertical au milieu de la clavicule	-0,1	-1,9
UI4	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse de l'ulna	-0,1	-1,4
Fe6	Diamètre de l'extrémité proximale du fémur	-0,2	-1,2
Hu8	Diamètre sagittal de l'extrémité distale de l'humérus	-0,1	-1,1
UI6	Diamètre transversal de l'extrémité proximale de l'ulna	0,0	-0,9
SC1	Hauteur de la scapula	-0,3	-0,7
Ra1	Longueur maximale de la diaphyse du radius	-0,1	-0,2
SC5	Longueur du bord axillaire de la scapula	0,2	0,7
Isc2	Diamètre sagittal maximal de l'ischium	0,1	0,7

Tableau 31. Résultats des analyses d'asymétries directionnelles significatives corrigées dans l'ordre croissant du pourcentage d'AD, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4

II.3.2. Variables pour lesquelles une asymétrie fluctuante peut être soupçonnée

Une asymétrie fluctuante résiduelle est potentiellement présente sur 52 variables métriques (tableau 32). D'après ces résultats, nous considérons que ces 52 variables sont les plus à même d'exprimer de l'AF et de l'AD. Il a donc été intéressant d'acquérir pour celles-ci une nouvelle série de données afin de pouvoir appliquer le modèle REML de Van Dongen et collaborateurs (1999), prérequis pour une estimation de l'AF et de l'AD « réelles ».

Variable	AF - variabilité		Variable	AF - variabilité	
	en mm	en %		en mm	en %
Ra11	0,1	-0,4	Ex1	0,5	2,2
SC3	0,3	-0,7	Fr1	1,2	2,3
Isc6	0,6	0,2	Ra10	0,04	2,5
Fe1	0,3	0,4	UI5	0,2	2,6
UI1	0,3	0,5	SC9	0,7	2,7
Hu1	0,4	0,5	Ti9	0,3	2,7
Ti1	0,5	0,7	Hu4	0,1	2,8
Hu5	0,05	0,8	Fe7	0,6	2,9
SC6	0,2	0,9	Hu3	0,2	3
Isc1	0,2	0,9	Zy1	0,8	3,1
Hu6	0,2	1,1	Fr2	1,6	3,3
II1	0,4	1,2	Fe8	0,3	3,4
II6	0,6	1,3	Pal1	0,6	3,5
SC4	0,4	1,3	Ti7	0,6	3,9
Isc3	0,2	1,3	Fe3	0,2	4
Ti4	0,1	1,5	Fi8	0,3	4
II3	0,5	1,6	Fi7	0,3	4,5
Fe5	0,2	1,6	UI10	0,3	4,5
SC8	0,1	1,7	UI3	0,1	4,6
Cl1	0,7	1,7	Cl3	0,4	5,1
II2	0,5	1,8	UI11	0,2	5,1
Pe1	0,7	1,9	Cl6	0,4	5,3
Pu1	0,3	2	II4	0,7	5,3
Hu7	0,3	2	Ra12	0,3	6
II8	0,2	2,1	Cl4	0,6	8,2
Ra6	0,2	2,1	II5	0,9	9,7

Tableau 32. Résultats généraux des analyses d'asymétries fluctuantes corrigées dans l'ordre croissant du pourcentage d'AF, pour les définitions des variables, se rapporter au protocole de mesures (Cf. annexe 4)

II.4. Axe 1, seconde partie : application des protocoles classiques d'estimation d'asymétrie fluctuante et d'asymétrie directionnelle sur les variables sélectionnées

Les formules de Palmer et Strobeck (1986) n'intègrent pas l'EM mais permettent de quantifier et de visualiser facilement les résultats, tandis que leur amélioration par celles de Van Dongen et collaborateurs (1999) intègre l'EM mais ne répond qu'à la question de la présence ou de l'absence d'AF ou d'AD grâce à un test de significativité. Dans la mesure où l'objectif de cette étude était à la fois de répondre à cette dernière question et d'identifier quelles variables présentent le plus d'AF ou d'AD, nous avons choisi d'associer les deux protocoles.

E0 : prérequis aux tests d'évaluation de l'asymétrie directionnelle et de l'asymétrie fluctuante, dépendance à l'ordre de grandeur de la mesure et normalité des données

La normalité de chacun des jeux de données a été testée par un test de normalité de Shapiro-Wilk, et l'éventuelle dépendance à l'ordre de grandeur de la mesure a été évaluée par un test de corrélation de Pearson entre l'amplitude des erreurs de mesure et la dimension des

individus (Palmer et Strobeck, 1986, 1992). Là encore, seules les variables dont le jeu de données respecte la normalité, et dont l'asymétrie n'est pas identifiée comme significativement corrélée à l'ordre de grandeur de la mesure, ont été conservées pour la suite des analyses.

E1 : identification de la présence / absence d'asymétrie fluctuante et d'asymétrie directionnelle (Van Dongen et collaborateurs, 1999)

L'identification d'une présence statistiquement significative d'AF ou d'AD passe en premier lieu par l'estimation du modèle de régression mixte par vraisemblance restreinte REML qui permet de tester un modèle paramétrique contraint contre un modèle paramétrique non contraint selon la formule suivante :

$$Y = X\beta + Zu + e$$

Avec β = vecteur inconnu de paramètres d'effets fixes avec un modèle matriciel connu X , u = vecteur inconnu d'effets aléatoires avec un modèle matriciel connu Z , et e un vecteur d'erreurs aléatoires inconnues. Les vecteurs u et e ne sont pas corrélés et ont une espérance nulle. Le vecteur e peut contenir des erreurs corrélées. $X\beta$ modélise donc la moyenne de y tandis que Zu contribue au modèle de variance. Les estimations de la variance par vraisemblance restreinte peuvent être obtenue par la moyenne de la vraisemblance maximale restreinte REML.

Le test statistique de significativité de la présence d'AD vérifie si la variance de l'effet fixe du côté diffère de 0, synthétisée comme suit :

$$\text{Modèle complet : } Y_{ijk} = \mu + \beta + I_i + S_{ij} + E_{ijk}$$

$$\text{Modèle réduit : } Y_{ijk} = \mu + \beta + I_i + E_{ijk}$$

Avec Y_{ijk} = observation sur l'individu i sur le côté j , réplication k , μ = interception fixe ("fixed intercept"), β = effet de côté fixe pour l'AD, I_i = "random intercept" ~ (iid) distribués de manière indépendante et identique, S_{ij} = effet de côté aléatoire ~ iid et E_{ijk} = erreur aléatoire ~ iid. La présence d'AD est considérée comme statistiquement significative si $p < 0,05$, p étant la p -valeur du test pour modèles emboîtés entre le modèle complet et le modèle réduit.

Le modèle de Van Dongen et collaborateurs (1999) peut se traduire par une représentation graphique pour modéliser l'AF pour chacune des variables. L'écart entre le côté gauche et le côté droit est présenté pour chaque individu par un trait en pointillés entre les deux moyennes des deux mesures répétées (figure 135). Cette représentation permet de visualiser directement la tendance pour chaque variable (ici plutôt une fluctuation aléatoire qu'une latéralisation préférentielle) et d'identifier les éventuels *outliers*.

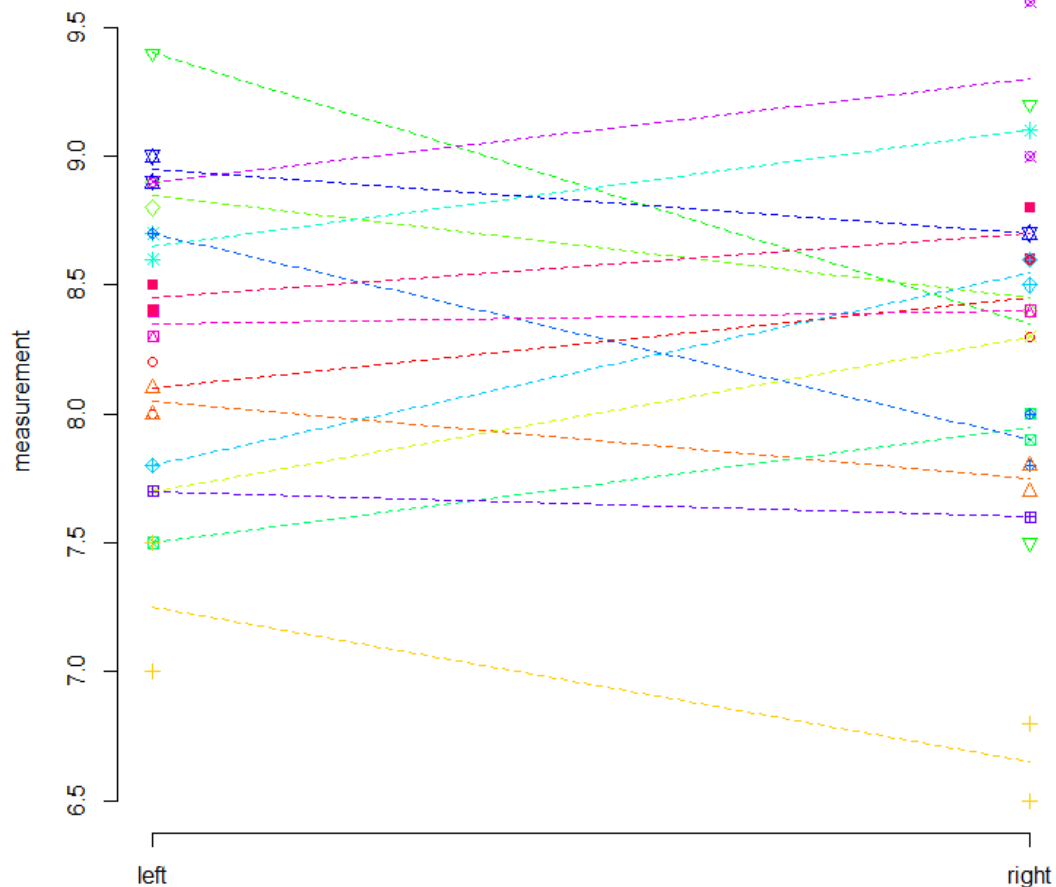


Figure 131. Exemple des asymétries fluctuantes sur la variable Cl6, diamètre vertical de l'extrémité médiale de la clavicule

E2 : estimation quantitative de l'asymétrie fluctuante et de l'asymétrie directionnelle (Palmer et Strobeck 1986)

La présence d'AD a été estimée quantitativement comme la moyenne des différences brutes ($D - G$) pour les variables identifiées comme significatives par l'étude des modèles linéaires mixtes lors de la phase précédente (*Cf. supra* annexe 13). Pour les variables non significatives au test d'AD, l'AF a été estimée avec les mêmes indices de Palmer et Strobeck (1986) utilisés dans la première phase du protocole (Axe 1, i, *Cf. supra*, chap. IX.), l'indice n°2 donnant le pourcentage moyen d'asymétrie sur tout l'échantillon, et l'indice n°1 donnant la moyenne des valeurs absolues des fluctuations sur tout l'échantillon.

II.5. Résultats et discussion de l'étape de l'axe 1 (ii), identification des variables exprimant de l'asymétrie fluctuante et de l'asymétrie directionnelle dans le corpus archéologique

L'ensemble des résultats détaillés est présenté en annexe (Cf. annexe 13).

II.5.1. Présence et quantification de l'asymétrie directionnelle dans le corpus archéologique

Sur les 61 variables sélectionnées lors de la première étape (Axe 1, i), 53 ont pu faire l'objet d'une nouvelle session de mesures destinées à réaliser l'estimation du modèle de régression mixte par estimation de vraisemblance restreinte REML, huit d'entre elles ne respectant pas les prérequis d'effectifs. Parmi les 53 testées, cinq ne respectaient pas les prérequis de non-dépendance à la taille ou de la normalité des données, et ne sont donc pas considérées pour la suite de l'étude. Cinq se sont révélées statistiquement significatives à la présence d'AD d'après le modèle de régression mixte par estimation de vraisemblance restreinte REML (tableau 33).

Variable	p-valeur, modèles linéaires mixtes	Quantification de l'AD (mm)
Fib7	0,021	0,2
Ra1	0,012	-0,16
Sc1	0,027	-0,34
UI4	$4,58 \times 10^{-4}$	-0,1
UI5	$9,16 \times 10^{-4}$	-0,12

Tableau 33. Variables exprimant une AD significative dans le corpus archéologique, pour les définitions des variables, se reporter aux définitions en annexe (Cf. annexe 4)

Ces asymétries directionnelles sont, comme attendu, de très faible ampleur (entre 0,1 et 0,3 mm en moyenne). Quatre traduisent des longueurs systématiquement plus grandes du côté gauche, et une (Fi7) plus grande du côté droit. Ces résultats vont plutôt à l'encontre des observations de Fishel (1929, cité par Fazekas et Kósa, 1978) qui identifie une dissymétrie générale en faveur du côté droit. Steele et Mays (1995) observent également une tendance au niveau de la diaphyse humérale, plus grande à gauche, qui n'est pas observée dans notre corpus. À l'exception de la longueur du radius, nos résultats vont cependant dans le sens de ceux de Van Dongen et collaborateurs (2010), qui n'identifient pas d'asymétrie directionnelle pour les longueurs diaphysaires. Par rapport aux travaux antérieurs, nos résultats montrent que des AD pourraient exister pour d'autres dimensions que les longueurs diaphysaires maximales habituellement étudiées dans la classe d'âge périnatale. Ces AD concerneraient la longueur maximale scapulaire ainsi que des diamètres du membre supérieur (figure 136), le diamètre antéro-postérieur maximal de la fibula étant la seule dimension représentée pour le squelette infra-crânien.

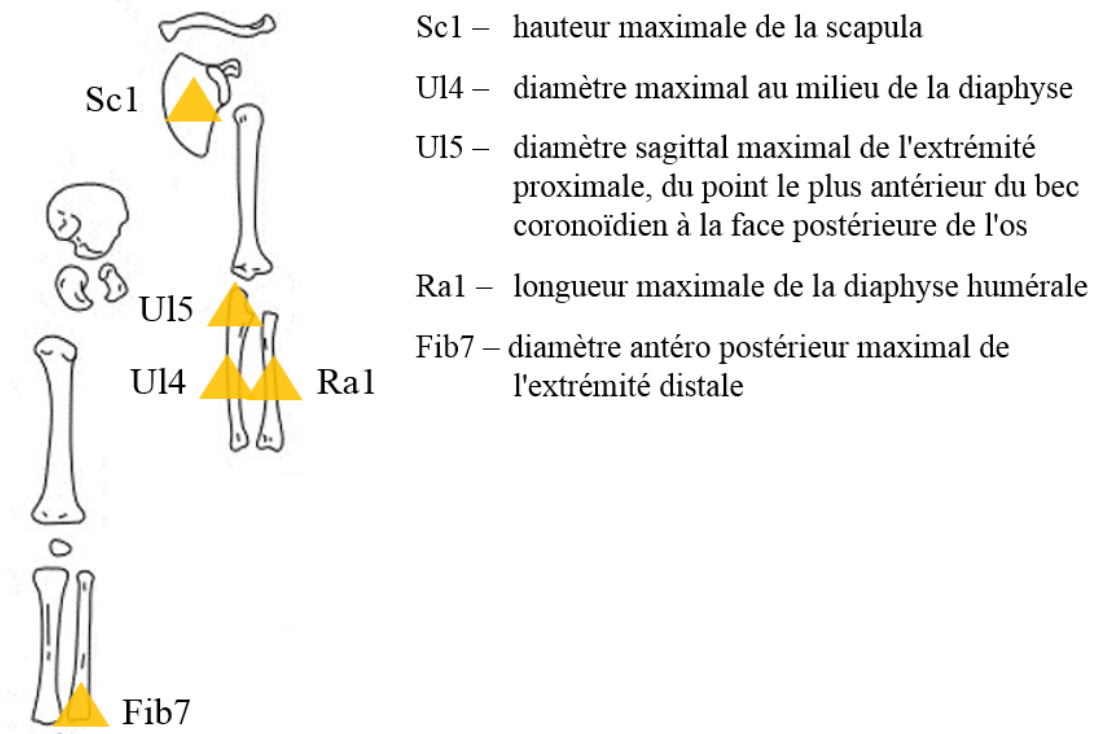


Figure 132. Variables exprimant de l'AD dans le corpus archéologique ; dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)

II.5.2. Présence et quantification de l'asymétrie fluctuante dans le corpus archéologique

Vingt-huit variables présentent une AF significative (tableau 34). Si deux variables présentent une AF relative inférieure à 1 %, toutes les autres varient entre 1,2 et 6,9 %. Si ces taux apparaissent comme très élevés au regard de ceux identifiés par les précédentes études (par exemple entre 0,8 et 1,3 % pour l'étude de Bots et collaborateurs 2014), ils représentent des écarts inférieurs à 0,5 mm en moyenne. Comme pour l'AD, la majorité des variables exprimant de l'AF (n = 18 / 28) se rapporte à la partie supérieure du corps, et en particulier au membre supérieur (n = 12). Les variables acquises sur les ceintures du membre supérieur (n = 6) et du membre inférieur (n = 7) expriment également de l'AF. Le membre inférieur est au contraire très peu représenté (uniquement par trois variables sur le tibia). Pour les os longs, il s'agit en particulier de dimensions relatives aux longueurs maximales (n = 7) ainsi qu'aux extrémités proximales (n = 6) et distales (n = 6).

D'après nos résultats, il serait donc possible d'identifier dans notre corpus archéologique des asymétries fluctuantes sur de nombreuses variables. Ces AF seraient, de même, particulièrement présentes sur les variables qui ne sont pas testées habituellement, à savoir les dimensions autres que les longueurs maximales diaphysaires.

Variable	Région anatomique	Type de variable	p-valeur, modèles linéaires mixtes	Quantification de l'AF	
				Relative (%)	Absolue (mm)
Hu1	Mem. Sup	Longueur max	$8,29 \times 10^{-9}$	0,65	0,42
Ti1	Mem. Inf	Longueur max	$3,20 \times 10^{-11}$	0,74	0,48
II1	Bassin	Longueur max	$7,41 \times 10^{-5}$	1,29	0,38
Hu5	Mem. Sup	Prox	$1,8 \times 10^{-4}$	1,63	0,20
CI1	Ceint scap	Longueur max	$4,27 \times 10^{-15}$	1,68	0,75
Sc3	Ceint scap	Largeur max	$1,28 \times 10^{-3}$	1,68	0,46
II2	Bassin	Longueur max	$6,87 \times 10^{-3}$	1,85	0,55
Ra11	Mem. Sup	Dist	$1,33 \times 10^{-3}$	1,87	0,16
Is2	Bassin	Largeur max	0,033	1,87	0,24
II3	Bassin	Longueur max	$4,70 \times 10^{-14}$	1,93	0,64
Hu6	Mem. Sup	Prox	$1,77 \times 10^{-3}$	2,12	0,24
Hu7	Mem. Sup	Dist	$2,22 \times 10^{-6}$	2,19	0,37
Pu1	Bassin	Longueur max	$2,01 \times 10^{-4}$	2,29	0,36
Sc6	Ceint scap	Partie	$7,17 \times 10^{-3}$	2,32	0,27
Hu3	Mem. Sup	Milieu	0,048	2,74	0,14
Ra10	Mem. Sup	Milieu	$5,06 \times 10^{-6}$	3,33	0,13
Ti7	Mem. Inf	Prox	$1,23 \times 10^{-6}$	3,33	0,47
II8	Bassin	Largeur max	$4,65 \times 10^{-3}$	3,35	0,36
Ra6	Mem. Sup	Prox	$4,85 \times 10^{-4}$	3,67	0,20
Hu8	Mem. Sup	Dist	0,004	3,80	0,23
Sc8	Ceint scap	Partie	$1,33 \times 10^{-7}$	3,83	0,24
Ti9	Mem. Inf	Dist	$5,55 \times 10^{-3}$	4,19	0,43
CI6	Ceint scap	Prox	$8,4 \times 10^{-4}$	4,78	0,39
UI10	Mem. Sup	Dist	$1,09 \times 10^{-5}$	4,84	0,31
II4	Bassin	Partie	0,029	4,90	0,55
CI3	Ceint scap	Dist	$1,80 \times 10^{-12}$	5,93	0,48
UI6	Mem. Sup	Prox	$4,42 \times 10^{-3}$	6,01	0,36
UI3	Mem. Sup	Milieu	0,030	6,94	0,22

Tableau 34. Variables exprimant une AF significative dans le corpus archéologique, classées par ordre croissant d'AF relative, ceint. scap : ceinture scapulaire, mem. sup : membre supérieur, Mem. Inf. : membre inférieur, Longueur max : longueur maximale, dist : région distale, prox : région proximale, milieu : milieu de la diaphyse, partie : dimension particulière de l'élément osseux, pour les définitions des variables, se rapporter aux définitions en annexe 3 et 4

III. Variabilité inter-populationnelle

Plusieurs études portant sur l'analyse des asymétries fluctuantes dans des échantillons de sujets en période fœtale utilisent des protocoles associant les AF exprimées par plusieurs variables métriques (Van Dongen *et al.*, 2010 ; Bots *et al.*, 2015). Dans la mesure où cette approche nécessite que les données soient accessibles pour tous les individus et pour toutes les variables, il est difficile de l'appliquer au corpus archéologique. Nous privilégions donc une autre approche mise en valeur par Palmer (1994) et Palmer et Strobeck (1986) consistant à tester la présence de différences populationnelles pour chacune des variables grâce à un test de Fisher comparant la variance de l'asymétrie entre les deux échantillons, test mené sur les valeurs

d'asymétries D-G et décrit par l'auteur comme "*the most powerful test for differences between two samples*" (Palmer, 1994, p 8). Les résultats des tests ne sont majoritairement pas en faveur de différences significatives entre les deux populations (tableau 35).

Variables	p-F test	n kerma	n médiéval	Variables	p-F test	n kerma	n médiéval
Cl1	0,244	14	5	Il8	0,329	26	13
Sc3	0,987	14	4	Ti1	0,294	20	18
Sc6	0,678	29	24	Ti7	0,730	11	5
Sc8	0,384	26	21	Cl3	0,429	13	10
Hu1	0,380	19	17	Cl6	0,137	21	13
Hu3*	0,043	23	28	Cl8	0,586	22	20
Hu5	0,96	11	12	Fi7	0,263	6	8
Hu6	0,439	10	14	Fi8	0,226	6	8
Hu7	0,342	18	17	Il4	0,005	24	16
Hu8	0,134	22	16	Is6	0,139	24	12
Ra6*	$8,227 \times 10^{-12}$	20	20	Ra1	0,961	18	15
Ra10*	0,009	17	22	Ti9	0,966	11	9
Ra11	0,059	11	10	Ul10	0,790	9	9
Is2	0,208	29	8	Ul11*	0,009	8	8
Pu1	0,471	20	11	Ul3*	0,029	22	23
Il1	0,597	19	5	Ul4	0,378	22	24
Il 2	0,443	19	3	Ul6	0,205	26	26
Il3	0,262	18	7	/	/	/	/

Tableau 35. Résultats des tests F réalisés sur les variables montrant des AF significatives, les variables pour lesquels les p-valeurs du test sont significatives sont indiquées par un astérisque. Pour les définitions des variables, se rapporter au protocole en annexe (Cf. annexes 3 et 4)

Seules six variables (Hu3, Ra6, Ra10, Il4, Ul11 et Ul3) se distinguent par une p-valeur significative, ce qui indique qu'elles pourraient potentiellement exprimer des différences inter-populationnelles (tableau 35). Elles font partie des variables pour lesquelles les effectifs entre les deux échantillons apparaissent comme équilibrés. Elles concernent dans leur grande majorité le membre supérieur ainsi qu'une dimension de la surface auriculaire. D'après ces résultats, les différences significatives en termes de niveaux d'AF entre l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval demeurent d'une manière générale très faibles.

Ces résultats peuvent correspondre à deux cas de figure. Soit il existe bien des différences de perturbations du développement entre les deux groupes, qui ne sont pas traduites par les indicateurs analysés ici, soit l'expression de ces perturbations est la même dans les deux échantillons. Cette deuxième option n'implique pas que les deux groupes aient été soumis aux mêmes facteurs, ni qu'ils aient réagi de la même manière, mais que les résultats de l'action du tandem antagoniste perturbation-amortissement apparaissent comme similaires. En pratique, il est en effet difficilement concevable que les groupes n'aient pu subir aucune perturbation du développement.

Si l'impact sur la santé des perturbateurs modernes du développement (*e.g.* intrants chimiques, pollution de l'air) est une thématique passée au premier plan durant ces dernières années du fait de la prise de conscience de leur nocivité à court et à long terme, cela ne signifie pas que les populations anciennes n'aient pas été exposées à des facteurs ayant également une influence importante. Parmi ces facteurs envisageables, l'un, l'exposition du fœtus et du nouveau-né à l'alcool, peut particulièrement être envisagé comme commun aux deux groupes. S'il n'existe pas, à notre connaissance, de données relatives à la consommation d'alcool dans les populations kermas, celle-ci est en revanche bien documentée dans les populations égyptiennes voisines. Si le vin est réservé à l'élite, la bière d'orge fait en revanche partie intégrante de l'alimentation des égyptiens de l'Antiquité, à tel point que l'expression « pain-bière » (*t – heneqe.t*) fait référence à la ration individuelle quotidienne (Tallet, 2008). Dans la mesure où la consommation d'eau du Nil expose la population à de nombreux problèmes gastriques, comme le montrent les études paléomicrobiologiques menées sur les momies (Chastel, 2004), il est fortement envisageable que ces pratiques alimentaires soient partagées par le peuple kerma, femmes enceintes comprises. La situation est semblable pour les populations médiévales et modernes, pour lesquelles la bière et le vin sont des « substituts nécessaires de l'eau » consommés par tous (Boulc'h, 1997, p. 304). La région de Provins est elle-même particulièrement renommée pour ses vignobles dès le XII^e siècle (Wilmart, 2014). La prise de conscience des effets de l'alcool pendant la grossesse représente un phénomène extrêmement récent n'ayant pris de l'ampleur durant la seconde moitié du XX^e siècle. Jusqu'alors, la consommation maternelle est acceptée, voire encouragée (figure 137).



Figure 133. Publicité encourageant la consommation de bière pendant l'allaitement, 1910, Journal Ouest France

Même si le degré alcoolique des boissons des populations du passé est inférieur au degré des boissons actuelles, il semble que l'impact sur le fœtus d'une consommation journalière tout

au long de la grossesse doit être spécifiquement pris en compte au regard des études actuelles. L'apparition d'anomalies graves du développement suite à l'absorption massive de cet agent tératogène au cours de la gestation est bien documentée. Les anomalies squelettiques (Cf. *supra*, chap. III, I.2.1.) comprennent des fentes palatines, des problèmes d'alignement dentaires, des dysmorphies des hanches et des mains, ou encore des synostoses radio-ulnaires (Pytkowicz Streissgut *et al.*, 1985). Les recherches récentes indiquent cependant que même une exposition réduite à l'alcool a un impact sur le développement du fœtus : *“even very low daily consumption, or episodic drunkenness during pregnancy, could lead to serious fetal complications”* (Thellier *et al.*, 2018, p. 315). Ces effets dépendent de la quantité absorbée, de la durée d'exposition et de la sensibilité individuelle, sans qu'un seuil minimum en deçà duquel l'exposition serait inoffensive n'ait pu être établi (Thellier *et al.*, 2018). Il semble donc que l'impact de la consommation d'alcool généralisée doive à l'avenir être particulièrement pris en considération dans les discussions relatives aux asymétries fluctuantes dans les populations du passé, et ce au même titre que les autres facteurs perturbateurs comme les mauvaises conditions sanitaires ou la malnutrition. En l'état actuel de nos observations, cette hypothèse, soulevée par les sources historiques, d'une exposition des sujets à l'alcool n'est confirmée par aucun critère osseux dans notre échantillon.

Nous considérons en conclusion que les asymétries mises en évidence (qu'elles soient fluctuantes ou directionnelles), correspondent aux écarts D-G attendus dans ce type de corpus, soit une asymétrie « normale » pour des sujets décédés en période périnatale issus de populations anciennes.

Synthèse

L'étude des asymétries, qu'elles soient **directionnelles** (un côté systématiquement plus grand que l'autre) ou **fluctuantes** (un côté aléatoirement plus grand que l'autre) dans le corpus archéologique a deux objectifs. Le premier est la **documentation de la variabilité intra-individuelle**, c'est-à-dire l'existence d'une potentielle asymétrie entre les côtés gauche et droit chez un même individu. Il s'agit de répondre à la question de la présence ou de l'absence d'asymétries directionnelles ou fluctuantes dans un échantillon de sujets décédés en période périnatale.

Nos résultats mettent en évidence une **très faible asymétrie directionnelle**, majoritairement limitée à des largeurs du membre supérieur et, à l'exception du radius, absente

des longueurs maximales des os longs. Ils vont dans le sens des résultats de l'étude de Van Dongen et collaborateurs (2010), qui n'identifient pas d'asymétrie directionnelle pour les longueurs diaphysaires. Nos observations appuient ainsi l'hypothèse selon laquelle il n'y aurait pas de latéralisation préférentielle du squelette (traduisant potentiellement le fait qu'un individu soit gaucher ou droitier) au stade périnatal.

Vingt-huit variables sont par ailleurs identifiées comme exprimant une **asymétrie fluctuante significative**. D'un point de vue méthodologique, ces résultats indiquent que la recherche et l'identification d'asymétries sur os sec est possible en pratique. Ils permettent également d'identifier de nombreuses variables-supports, ce qui ouvre des perspectives notamment comparatives pour l'étude biologique d'autres séries archéologiques. D'un point de vue biologique, plusieurs éléments nouveaux peuvent être mis en avant par rapport aux travaux antérieurs. Nos résultats indiquent que les asymétries des deux types ne se trouvent pas seulement sur les longueurs diaphysaires maximales des os longs, mais s'expriment, parfois même de manière plus prononcée, au niveau des autres dimensions. Ils montrent ensuite que ces asymétries sont particulièrement associées à des variables acquises sur le membre supérieur. Comparativement aux études antérieures axées sur certaines longueurs diaphysaires maximales, nos résultats montrent des amplitudes élevées (jusqu'à près de 7 %) d'asymétrie fluctuante sur les autres dimensions des éléments osseux, et en particulier sur celles du membre supérieur.

Le second axe de notre recherche s'est concentré sur l'interprétation de ces écarts aléatoires droite – gauche. En nous appuyant sur le lien de causalité communément admis entre les perturbations du développement et l'apparition d'asymétries fluctuantes, l'existence d'une différence de « quantité » d'asymétrie entre l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval a été discutée. Seules de rares variables se sont révélées significatives, ce qui tendrait à montrer qu'il n'y a pas de différences importantes de niveau d'asymétries fluctuantes entre les deux échantillons.

Ce très faible écart peut s'interpréter de plusieurs manières. S'il existe bien des différences de perturbations du développement entre les deux échantillons, il est possible, pour de multiples raisons, que ces variables n'aient pas constitué des indicateurs adaptés à leur mise en valeur. Au contraire, il est envisageable que ces résultats reflètent une réalité biologique et qu'il n'y ait pas de différence identifiable en termes de perturbations du développement entre les deux échantillons. Cela ne signifie toutefois pas que les sujets des deux groupes n'aient pas été exposés à ce type de facteurs de variabilité. Concernant la nature des perturbations pouvant

entrer en jeu dans les deux populations (et dans les populations anciennes en général), il semble notamment que l'exposition à l'alcool (composant identifié comme hautement teratogène même à très faible dose) doive être particulièrement prise en considération. L'impact de ce facteur (bien que suspecté d'après les sources historiques) ne pouvant en l'état actuel de notre recherche pas être confirmé par des indicateurs ostéologiques, nous considérons que les asymétries fluctuantes mises en évidence reflètent l'asymétrie « normale » dans un corpus de sujets décédés en période périnatale dans des populations anciennes. En l'état actuel de nos analyses, nous privilégions donc cette dernière hypothèse, selon laquelle les asymétries identifiées reflètent la variabilité intra-individuelle attendue dans ce type de corpus.

Partie IV.

Résultats et discussions : variabilité non métrique

Chapitre X.

Variations anatomiques non métriques (VANM)

L'étude du corpus archéologique ainsi que du corpus virtuel permet de documenter les variations anatomiques non métriques (VANM) observables sur la classe d'âge périnatale en distinguant les « pérennes » (VANMP, observables chez les adultes) des VANM que nous proposons d'appeler « transitoires » (VANMT) qui dépendent du stade de maturation de la région anatomique (*Cf. supra*, chap. VI, II.1.3.).

Ces VANMT se formant et disparaissant au fur et à mesure de la croissance et de la maturation squelettiques, elles ne sont observables que pendant une période donnée de la croissance de l'individu. Parmi ces variations transitoires, certaines sont classiquement documentées dans la littérature scientifique, et d'autres sont proposées dans la présente étude sur la base de nos observations.

La cotation de l'ensemble de ces VANM reste, comme pour les adultes, particulièrement conditionnée par la représentation différentielle des régions anatomiques concernées. La *pars lateralis* de l'occipital, souvent conservée dans notre échantillon, permet par exemple davantage d'observations que la voûte crânienne, souvent fragmentée. L'étude de ces critères a trois objectifs :

- (i) Documenter les VANMP et VANMT soit classiquement observées, soit proposées dans la présente étude (*Cf. supra*, chap. VI, II.1.3.).
- (ii) Obtenir des fréquences de ces caractères dans l'ensemble du corpus et étudier leur latéralité dans le cas où elles s'expriment de manière bilatérale,
- (iii) Analyser les fréquences d'apparition de ces critères en fonction des échantillons et des sous-classes d'âge, afin de déterminer si certaines VANMP ou VANMT étaient significativement plus représentées dans un groupe en particulier.

I. Variations anatomiques non métriques du corpus archéologique

Les résultats sont présentés par région anatomique :

- (i) Fréquences générales à gauche et à droite dans le corpus complet.
- (ii) Latéralité dans le cas de caractères bilatéraux.
- (iii) Fréquences par série.
- (iv) Fréquences par sous-classes d'âge.

Vingt sept caractères sont cotés dans le corpus archéologique, neuf étant considérés comme transitoires, dix huit comme pérennes (tableau 36). Parmi les VANMT, sept ont été proposées dans la présente étude. Les VANMT ou P bilatérales ont été cotées à gauche et à droite sur chacun des individus.

VANM		Caractère
Transitoires	Documentées chez l'adulte	Processus de Kerckring
		Canal condyalaire incomplet (<i>pars lateralis</i>)
		Sinuosité postérieure de la <i>pars lateralis</i>
		Sinuosité antérieure de la <i>pars lateralis</i>
	Proposées	Epine distale de la <i>pars lateralis</i>
		Epine latérale de la <i>pars lateralis</i>
		Pont latéral de la <i>pars lateralis</i>
		Foramen du germe des incisives (<i>Cf. infra</i> , chap. XII)
		Exostose des corps vertébraux
		Condyle mandibulaire bipartite
		Foramen supra-orbitaire
		Incisure supra-orbitaire
		Incisure supra-trochléaire
		Canal hypoglosse bipartite
Pérennes	Documentées chez l'adulte	Absence du canal condyalaire (<i>pars lateralis</i>)
		Nombre de foramens zygomatiko-faciaux
		Zygomatique bipartite
		Os suturaire
		Facette articulaire bipartite de l'atlas
		Réduction du gril costal
		Côtes surnuméraires lombaires
		Côtes surnuméraires cervicales (<i>Cf. infra</i> , chap. XIV.)
		Anomalies de formes du gril costal (côtes bifides)
		Morphologie carrée des côtes
		Foramens supra-scapulaires
		<i>Epispinus notch</i>
		Constriction de la scapula
		Processus supra-condyalaire

Tableau 36. VANM cotées dans le corpus archéologique, pour les détails des cotations et les illustrations, se reporter à l'annexe 9

Sauf mention contraire, la significativité des différences de distribution entre les groupes (entre les trois séries, entre le groupe kerma et le groupe médiéval, puis entre les sous-classes

d'âge) est testée lorsque c'est possible à l'aide d'un test exact de Fisher pour données non appariées. Le protocole de cotation est présenté en annexe (Cf. annexe 9).

Quand c'était réalisable, les fréquences obtenues dans notre corpus pour les caractères identifiables dans les classes d'âges plus élevées des sujets grands immatures ou des adultes (VANM pérennes) ont été comparées à celles obtenues dans le corpus d'individus adultes et immatures plus âgés de Thomas (2011) ainsi que celles obtenues dans le corpus et l'étude bibliographique de Verna (2014), travaux comptant parmi les synthèses françaises les plus récentes et les plus complètes sur le sujet. Il n'existe pas, à notre connaissance, de données de comparaison avec des populations plus proches.

I.1. Bloc crânio-facial

I.1.1. Occipital

Les parties squameuse et basilaire de l'occipital ont fait l'objet de 9 observations sur l'occipital (partie squameuse et *pars lateralis*).

I.1.1.1. *Processus de Kerckring*

Le processus de Kerckring est une projection osseuse localisée sur la marge inférieure de la partie squameuse de l'occipital (figure 138), sur le bord postérieur du *foramen magnum* (Weinberg *et al.*, 2005). Ce caractère est décrit pour la première fois par l'anatomiste Kerckring au début du XVIII^e siècle (Weinberg *et al.*, 2005). Dans d'autres études, il est cependant nommé « os de Kerckring », car identifié comme un os indépendant (figure 138) fusionnant avec l'os supra-occipital entre 2 mois et 1 an post-partum.

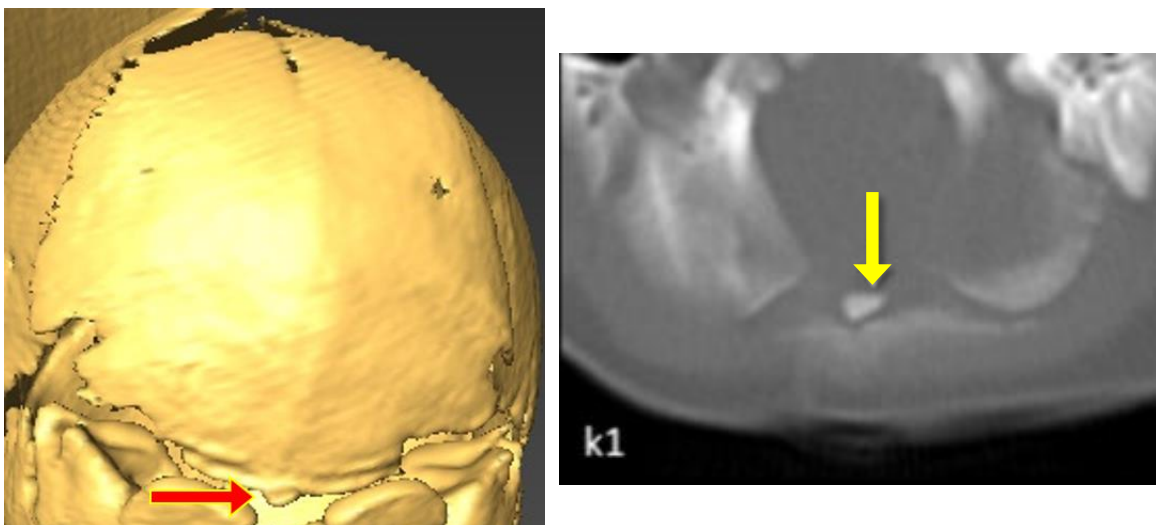


Figure 134. À gauche, processus de Kerckring, individu M124, à droite : Os de Kerckring, enfant de 1 an, d'après Charsoula et al, 2005, p.7)

Cette fusion est alors présentée comme la première synchondrose disparaissant au cours de la croissance du chondrocrâne (Charsoula *et al.*, 2011). Pour des raisons explicitées ci-après, nous avons conservé l'appellation de « processus de Kerckring ».

- **Fréquences générales**

La région anatomique n'est suffisamment conservée que pour 30 des 116 individus (tableau 37). Malgré cette préservation limitée, le processus de Kerckring est identifié chez plus d'un quart des individus observables ($n = 8$).

Région anatomique	VANM	n_{VANM}	Total observable	Fréquence
Partie squameuse	Processus de Kerckring	8	30	27

Tableau 37. Fréquence du processus de Kerckring observable sur l'occipital dans le corpus archéologique complet, n_{VANM} : effectifs

- **Fréquences du caractère par échantillon**

Le processus de Kerckring s'exprime plus fréquemment dans la série de Provins ($n = 7$), qui est aussi la mieux représentée dans l'effectif total ($n = 19 / 30$ individus observables, tableau 38).

Caractère	Saï	Provins	Blandy	Total
Processus de Kerckring	1	7	0	8
n caractère	8	19	3	30
n individus observables				

Tableau 38. Fréquence du processus de Kerckring dans les différentes séries du corpus archéologique, n : effectifs

La différence de distribution de ce caractère entre les séries n'est pas significative selon le test exact de Fisher ($p = 0,37$). L'existence de différences de fréquences du processus de Kerckring entre des échantillons appartenant d'une part à une population africaine, d'autre part à des populations caucasiennes, est soulevée par Kósa (1995, 2000), selon qui le processus est moins fréquent dans les populations africaines. Nos observations pourraient, dans une certaine mesure, aller dans le sens de ces observations (tableau 38). Ces résultats sont toutefois contredits par ceux de Weinberg (2005), qui identifie le processus de Kerckring au sein de la classe d'âge périnatale plus fréquemment dans un échantillon de sujets africains que caucasiens, même si la différence de distribution n'est pas significative ($\chi^2 = 0,942$ pour les sujets féminins et $\chi^2 = 0,450$ pour les sujets masculins). Le processus de Kerckring est relevé dans toutes les sous-classes d'âge, en particulier celles des plus jeunes, et malgré les effectifs plus réduits pour ces dernières (tableau 39). Le caractère est significativement plus présent dans les deux sous-classes des grands prématurés et des prématurés légers ($p = 0,014$).

Caractère	GP	PL	PS	N	total
Processus de Kerckring *					
n	3	2	2	1	8
n observables	5	2	11	12	30
%	60	100	18	8	27

Tableau 39. Fréquences du processus de Kerckring dans les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons, n : effectifs ; % : fréquence dans la sous-classe

L'appellation de « processus de Kerckring » est privilégiée dans la présente étude, dans la mesure où l'analyse des corpus archéologique et virtuel ne permet pas de mettre en évidence la présence de cet élément sous forme d'os indépendant. Dans le corpus archéologique, il est soit non identifié, soit présent sous la forme d'une protrusion osseuse sans démarcation identifiable à une synchondrose (similaire à ce qui est observé dans la collection virtuelle de Marseille, figure 138). Dans le corpus virtuel il est soit absent, soit présent là-encore sous forme de protrusion osseuse solidaire avec la voûte. Ces observations concordent à première vue avec les études anthropologiques d'après lesquelles l'élément de Kerckring serait bien une projection (*e.g.* Weinberg *et al.*, 2005) et non un élément osseux indépendant comme présenté dans les études médicales (Charsoula *et al.*, 2011). Il est cependant envisageable qu'une partie des discordances entre les résultats des études réalisées sur os sec, sur CT et sur radiologies provienne de biais méthodologiques. Dans notre corpus archéologique, il est possible que des éléments de Kerckring présents mais indépendants ne soient pas représentés ou identifiables du fait des altérations taphonomiques, et parce que l'élément est de très faibles dimensions. Le caractère serait dès lors coté de manière erronée comme absent.

De la même manière, les éléments de Kerckring cotés comme présents dans le corpus archéologique pourraient correspondre à des os à l'origine indépendants, mais déjà soudés au stade périnatal. Cette hypothèse demeure tout de même discordante avec certains résultats (Charsoula *et al.*, 2011) qui évoquent une fusion entre 2 mois et 1 an post-partum, ainsi qu'avec nos observations d'après lesquelles le processus est observé chez les individus les plus jeunes du corpus. De même sur notre corpus virtuel, il est possible que le seuillage utilisé pour les reconstructions 3D ne permette pas d'observer des éléments de Kerckring de très faibles dimensions, ni même d'observer la ligne de fusion entre l'élément indépendant et l'écaïlle occipitale. Nous n'observons toutefois pas d'élément indépendant distinctement non-solidarisé de la partie squameuse sur le corpus virtuel.

I.1.1.2. Caractères de la *pars lateralis*

- **Fréquences générales**

La facette condyloire bipartite n'est jamais observée dans notre échantillon (tableau 40). Le caractère est toutefois rarement représenté dans les populations de sujets immatures plus âgés et adultes. Thomas (2011) lui attribue dans son échantillon d'individus adultes une fréquence de 1 / 35 (soit 3 %), et dans son échantillon d'individus immatures une fréquence de 0 / 9.

	Caractères	n _{VANM}	Total observable	Fréquence
Pérennes	Facette condyloire bipartite G	0	79	0
	Facette condyloire bipartite D	0	79	0
	Canal hypoglosse bipartite G	2	77	3
	Canal hypoglosse bipartite D	0	79	0
Transitoires	Sinuosité postérieure G	5	56	9
	Sinuosité postérieure D	6	57	11
	Invagination antérieure G	29	77	38
	Invagination antérieure D	32	75	43
	Épine distale de la branche jugulaire G	33	68	49
	Épine distale de la branche jugulaire D	33	68	49
	Épine latérale de la branche jugulaire G	10	75	13
	Épine latérale de la branche jugulaire D	14	76	18
	Pont latéral de la branche jugulaire G	6	75	8
	Pont latéral de la branche jugulaire D	8	76	11
	Canal condyloire incomplet G	5	77	6
	Canal condyloire incomplet D	2	79	3
	Absence du canal condyloire G	7	77	9
	Absence du canal condyloire D	4	79	5

Tableau 40. VANM de la *pars lateralis*, détails des fréquences, G : gauche, D : droit ; n : effectifs

La sinuosité postérieure de la *pars lateralis* est présente dans 9 à 11 % des cas de notre corpus archéologique, avec des fréquences à gauche et à droite de 5 / 56 et de 6 / 57. Ce caractère est moins présent que la sinuosité antérieure de la *pars lateralis*, identifiée dans 38 à 43 % des cas (29 / 77 du côté gauche et 32 / 75 du côté droit). L'épine distale de la branche jugulaire de la *pars lateralis* est présente chez la moitié des individus sur lesquels ce caractère est observable (fréquence de 33 / 68 à gauche et à droite). La présence d'une épine latérale n'est en revanche constatée que dans 13 à 18 % des cas (fréquences à gauche et à droite de 10 / 75 et 14 / 76). Nous notons que le pont latéral est présent dans 8 à 11 % de l'échantillon, soit des fréquences de 6 / 75 et 8 / 76. Le canal condyloire est incomplet (lorsque la perforation n'est pas apparente simultanément sur la face endocrânienne et la face exocrânienne de la *pars lateralis*) dans seulement 3 à 6 % des cas (fréquences de 5 / 77 et 2 / 79). Le canal est absent dans 5 à 9 % des cas (fréquences de 7 / 77 et 4 / 79). Le canal hypoglosse bipartite présente des fréquences très faibles (entre 0 et 3 %), puisqu'il n'est représenté dans notre corpus que pour 2 individus sur

77 pour le côté gauche. Ces fréquences sont cependant plus élevées dans les populations plus âgées. Thomas (2011) constate en effet sa présence chez 29 % des sujets adultes (fréquence de 11 / 38) et 40 % des sujets immatures (fréquence de 8 / 20) de son corpus.

- **Latéralité**

Trois caractères de l'occipital (tableau 41), les sinuosités postérieures et antérieures ainsi que l'épine distale de la branche jugulaire sur la *pars lateralis* - s'expriment de manière préférentiellement bilatérale (dans respectivement 57, 63 et 73 % des cas).

Caractères	N	bilat.		Unilat.					
						Unilat. G		Unilat. D	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Sinuosité postérieure	7	4	57	3	43	1	14	2	29
Sinuosité antérieure	35	22	63	13	37	5	14	8	23
Épine dist. branche jugulaire	34	25	73	9	26	4	12	5	15
Transitoires Épine lat. branche jugulaire	17	5	29	12	71	4	24	8	47
Pont latéral	10	2	20	8	80	3	30	5	50
Canal condyloire incomplet	7	0	0	7	100	5	71	2	29
Absence du canal condyloire	9	2	22	7	78	5	56	2	22
Pérennes Canal hypoglosse bipartite	1	0	50	1	50	1	50	0	0

Tableau 41. Fréquences des caractères observables sur la *pars lateralis* dans le corpus archéologique, N : individus observables des deux côtés et porteurs du caractère au moins d'un côté, n : effectif ; % : fréquence dans l'échantillon ; bilat. : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière bilatérale, unilat. : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière unilatérale

Trois VANMT - l'épine latérale de la branche jugulaire, le pont latéral de la branche jugulaire et l'absence du canal condyloire - s'expriment de manière préférentiellement unilatérale (dans 71, 80 et 78 % des cas). Deux caractères, le canal condyloire incomplet et le canal hypoglosse bipartite, ne s'expriment que de manière unilatérale (n = 7 / 7 et n = 1 / 1). Ces fréquences doivent nécessairement être interprétées au regard de la faible représentation du caractère canal hypoglosse bipartite (qui est observé dans tout l'échantillon sur 2 individus, dont l'un n'est pas observable sur un côté et ne peut donc pas être pris en compte). Cette localisation préférentielle à gauche est plus franche pour le canal condyloire incomplet, qui est observé sur 7 individus.

La sinuosité postérieure de la *pars lateralis* est rarement observée (entre 0 et 22 % des cas observables, n = 5 / 56 et 6 / 58, tableau 42). Même si les résultats sont à interpréter au regard des faibles effectifs, le caractère a plutôt tendance à s'exprimer dans les séries de Provins et Blandy-les-Tours (tableau 42). La différence est significative pour le côté gauche (p = 0,024) mais pas pour le côté droit (0,358). La significativité des différences de distribution est également testée entre la série kerma d'une part, et les séries médiévales d'autre part.

Les différences entre les deux groupes sont, là-encore, significatives pour la sinuosité postérieure de la pars *lateralis* à gauche ($p = 0,014$), mais pas à droite ($p = 0,387$). La sinuosité antérieure de la pars *lateralis* s'exprime quant à elle plus fréquemment que la sinuosité postérieure, et cela dans les trois échantillons (tableau 42).

Caractères	Saï	Provins	Blandy	Total	
Sinuosité post. G *	n	0	4	5	
	n observables	31	18	7	56
	%	0	22	14	9
Sinuosité post. D	n	2	3	1	6
	n observables	33	18	7	58
	%	6	17	14	/
Sinuosité ant. G	n	11	13	5	29
	n observables	39	25	14	/
	%	28	52	36	/
Sinuosité ant. D	n	14	12	6	32
	n observables	40	24	12	/
	%	35	50	50	/

Tableau 42. Fréquences des sinuosités postérieures et antérieures de la pars *lateralis* dans les différentes séries, les différences de distributions statistiquement significatives sont signalées par un astérisque. n : effectifs ; % : fréquence dans la série ou dans l'échantillon total ; post : postérieur, ant : antérieur, G : gauche, D : droit

Elle est présente, par exemple, sur 50 % des éléments osseux observables à droite dans les séries de Blandy et Provins (tableau 42). Les différences de distribution entre les trois séries ne sont pas significatives ($pG = 0,168$) et $pD = 0,439$), de même que les différences entre le groupe kerma et le groupe médiéval ($pG = 0,159$ et $pD = 0,246$). L'épine distale de la pars *lateralis* est un caractère fréquent dans les trois séries (entre 33 et 61 % des vestiges osseux observables, tableau 43). Il est davantage représenté dans la série kerma par rapport aux deux séries médiévales, mais la différence de distribution entre les trois séries n'est pas significative ($pG = 0,625$ et $pD = 0,108$). La différence de distribution entre le groupe kerma d'une part, et le groupe médiéval d'autre part, est toutefois significative à droite ($p = 0,032$) sans l'être à gauche ($p = 0,342$). L'épine latérale de la branche jugulaire de la pars *lateralis* s'exprime de manière moins fréquente que l'épine distale (sur 8 à 24 % des séries, tableau 43). La série de Saï reste, là-encore, la série où le caractère s'exprime le plus (18 et 24 % contre 8 à 13 % des éléments osseux observables de Provins et Blandy). Les différences ne sont significatives ni entre les trois séries ($pG = 0,587$ et $pD = 0,374$), ni entre le groupe kerma et le groupe médiéval ($pG = 0,311$ et $pD = 0,152$).

Caractères		Saï	Provins	Blandy	Total	
Transitoires	Épine dist. branche jugulaire G	n	20	9	4	33
		n obs.	37	22	9	68
		%	54	41	44	49
	Épine dist. branche jugulaire D	n	22	7	4	33
		n obs.	36	21	11	68
		%	61	33	36	49
	Épine lat. branche jugulaire D	n	7	2	1	10
		n obs.	39	24	13	75
		%	18	8	8	1
Épine lat. branche jugulaire D	n	10	3	1	14	
	n obs.	41	23	13	76	
	%	24	13	8	18	
Pont lat. G	n	3	0	3	6	
	n obs.	39	24	13	75	
	%	8	0	23	8	
Pont lat. D	n	4	4	0	8	
	n obs.	41	23	13	76	
	%	10	17	0	11	

Tableau 43. Fréquences des épines distales, latérales et du pont latéral de la pars lateralis dans les différentes séries, n : effectifs ; % : fréquence dans la série ou dans l'échantillon total ; G : gauche, D : droit ; dist : distal, lat : latéral, n. obs : effectifs observables

Le caractère du pont latéral de la *pars lateralis* est moins fréquent ($n = 0$ à 4), mais les séries de Blandy et Provins sont mieux représentées (17 et 23 % des séries, contre 8 et 10 %, tableau 43). La différence de distribution est significative du côté gauche ($p = 0,036$) mais pas du côté droit ($p = 0,304$). Le caractère est toutefois présent des deux côtés dans la série kerma, et unilatéralement pour les séries médiévales. Il n'est représenté qu'à gauche dans la série de Blandy, et qu'à droite dans la série de Provins. Les différences entre le groupe kerma et le groupe médiéval ne sont pas significatives ($p = 1$ dans les deux cas). Le canal condyloire incomplet fait partie des caractères faiblement représentés ($n = 0$ à 8 selon les séries, tableau 44). Il est absent dans la série de Blandy, présent de manière bilatérale dans la série de Provins, et présent uniquement à gauche dans la série de Saï. Ces différences de distribution entre les trois séries ne sont pas significatives ($p_G = 0,579$ et $p_D = 0,116$), de même que celles entre le groupe kerma et le groupe médiéval ($p_G = 0,166$ et $p_D = 0,223$). L'absence du canal condyloire s'exprime de manière différente (tableau 44). Le caractère est cette fois présent de manière bilatérale dans la série de Saï, uniquement du côté gauche à Provins, et uniquement du côté droit à Blandy. La différence de distribution entre les trois séries n'est pas significative ($p_G = 0,446$ et $p_D = 0,39$), tout comme celle entre le groupe kerma et le groupe médiéval ($p_G = 0,431$ et $p_D = 0,617$). Le canal hypoglosse bipartite n'est représenté que deux fois, sur un individu de Saï et un individu de Provins (tableau 44). Sa distribution n'est significative ni entre les trois séries, ni entre les groupes soudanais et français ($p = 1$ dans tous les cas).

		Caractères	Saï	Provins	Blandy	Total
Transitoires	Canal condyloire incomplet G	n	4	1	0	5
		n obs.	39	24	15	77
		%	10	4	0	7
	Canal condyloire incomplet D	n	0	2	0	2
		n obs.	42	24	14	79
		%	0	8	0	3
	Absence du canal condyloire G	n	5	2	0	7
		n obs.	39	24	15	77
		%	13	8	0	9
	Absence du canal condyloire D	n	3	0	1	4
		n obs.	42	24	14	79
		%	7	0	7	5
Pérennes	Canal hypoglosse bipartite	n	1	1	0	2
		n obs.	39	26	13	77
		%	3	4	0	3
	Canal hypoglosse bipartite	n	0	0	0	0
		n obs.	41	26	13	79
		%	0	0	0	0

Tableau 44. Fréquences des caractères relatifs au canal condyloire et qu'au canal hypoglosse dans les différentes séries, n : effectifs ; % : fréquence dans la série ou dans l'échantillon total ; G : gauche, D : droit, n. obs : effectifs observables

- **Fréquences des caractères en fonction des sous-classes d'âge**

Les sinuosités postérieures de la *pars lateralis* sont davantage représentées parmi les sous-classes d'âge les plus jeunes (tableau 45). Cette différence est significative pour le côté gauche ($p = 0,039$) mais pas pour le côté droit ($p = 0,39$). Il n'y a pas de différence significative de distribution entre sous-classes pour la sinuosité antérieure de la *pars lateralis* ($pG = 0,399$ et $pD = 0,727$).

		Caractères	GP	PL	PS	N	Total
Transitoire	Sinuosité postérieure <i>pars lateralis</i>	n	3	1	1	0	5
		n obs.	13	3	24	16	41
		%	23	33	4	0	12,2
	Sinuosité postérieure <i>pars lateralis</i> *	n	2	1	1	2	6
		n obs.	12	5	25	15	57
		%	17	20	4	13	10,5
	Sinuosité antérieure <i>pars lateralis</i>	n	7	3	13	6	29
		n obs.	13	6	36	22	77
		%	54	50	36	27	37,7
	Sinuosité antérieure <i>pars lateralis</i>	n	5	4	15	8	32
		n obs.	12	6	25	15	58
		%	42	67	60	53	55,2

Tableau 45. Fréquences des sinuosités de la *pars lateralis* dans les différentes sous-classes d'âge, les écarts de distribution statistiquement significatifs sont signalés par un astérisque, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectif, n obs. : effectif observé, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, n. obs : effectifs observables

Des différences de distribution entre les sous-classes d'âge sont observées pour les épines distales de la branche jugulaire, qui sont davantage représentées parmi les sujets les plus âgés (tableau 46).

		Caractères	GP	PL	PS	N	Total
Transitoires	Épine distale branche jugulaire G	n	3	2	15	13	33
		n obs.	13	3	34	20	70
		%	23	67	44	65	47
	Épine distale branche jugulaire D	n	2	1	15	15	33
		n obs.	11	3	32	22	68
		%	18	33	47	68	49
	Épine latérale branche jugulaire D *	n	1	2	5	2	10
		n obs.	13	5	37	20	75
		%	8	40	14	10	13
	Épine latérale branche jugulaire D	n	1	1	7	5	14
		n obs.	12	4	36	24	76
		%	8	25	19	21	18
	Pont latéral G	n	2	0	3	1	6
		n obs.	13	5	37	20	75
		%	15	0	8	5	8
	Pont latéral D *	n	2	0	3	3	8
		n obs.	12	40	36	24	112
		%	17	0	8	8	7

Tableau 46. Fréquences des épines et du pont latéral de la pars lateralis dans les différentes sous-classes d'âge, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droit ; n. obs : effectifs observables

Cette différence n'est pas significative pour le côté gauche ($p = 0,092$) mais significative pour le côté droit ($p = 0,039$). Il n'y a pas de différence significative de distribution pour l'épine latérale de la branche jugulaire ($pG = 0,346$ et $pD = 0,763$). Le pont latéral est moins fréquent dans l'ensemble de l'échantillon, et davantage présent dans la sous-classe d'âge des grands prématurés, même si la différence est significative du côté droit ($p = 0,04$), alors qu'elle ne l'est pas du côté gauche ($p = 0,757$). Les caractères du canal condyalaire incomplet ou absent sont représentés dans toutes les sous-classes d'âges (tableau 47), à l'exception des prématurés légers, probablement pour des raisons de représentation et de conservation des vestiges osseux. Les différences de distribution entre les sous-classes d'âge ne sont pas significatives (canal condyalaire incomplet $pG = 0,888$, $pD = 1$; canal condyalaire absent $pG = 0,524$ et $pD = 0,731$), et la présence de ces caractères ne semble donc pas liée à l'âge à l'échelle de notre corpus. Le canal hypoglosse bipartite est faiblement représenté ($n = 2$ dans l'ensemble du corpus, tableau 47), et ses différences de distribution entre les sous-classes d'âge ne sont pas statistiquement significatives ($pG = 0,529$).

		Caractères	GP	PL	PS	N	Total
Transitoires	Canal condyalaire Incomplet G	n	1	0	2	2	5
		n obs.	13	5	37	22	77
		%	8	0	5	9	7
	Canal condyalaire Incomplet D	n	0	0	1	1	2
		n obs.	12	5	38	24	79
		%	0	0	3	4	3
	Absence du canal Condyalaire G	n	2	0	2	3	7
		n obs.	13	5	37	22	77
		%	15	0	5	14	9
	Absence du canal Condyalaire D	n	0	0	2	2	4
		n obs.	12	5	38	24	79
		%	0	0	5	0	5
Pérennes	Canal hypoglosse Bipartite G	n	1	0	1	0	2
		n obs.	14	5	34	24	77
		%	7	0	3	0	3
	Canal hypoglosse Bipartite D	n	0	0	0	0	0
		n obs.	13	5	36	25	79
		%	0	0	0	0	0

Tableau 47. Fréquences des caractères relatifs au canal condyalaire et au canal hypoglosse de la pars lateralis dans les différentes sous-classes d'âge ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droit, n. obs : effectifs observables

I.1.2. Pariétal

Os suturaire

- **Fréquences générales**

Un total de 4 os surnuméraires crâniens est identifié parmi les restes osseux de voûte crânienne des 116 individus. Ces os surnuméraires appartiennent à 3 individus de notre échantillon, l'individu P288 en porte 2. Dans la mesure où l'identification de caractère dépend majoritairement de l'état de conservation de la voûte crânienne (parfois très peu représentée ou extrêmement fragmentée), il est difficile d'estimer objectivement la fréquence de ce caractère dans le corpus archéologique. Aucune écaille temporale bipartite n'est par ailleurs observée dans notre corpus. Dans l'échantillon de Thomas (2011), ce caractère est identifié sur 2 % des sujets (1 / 52) parmi les individus adultes et n'est pas observé parmi les 10 individus immatures.

- **Fréquences du caractère par échantillon**

		Saï	Provins	Blandy
Os suturaire	Sujets porteurs	n = 1 (S73)	n = 1 (PJ288)	n = 1 (B58)
	Nombre d'os suturaires par individu	1	2	1

Tableau 48. Os suturaires observés dans les différents échantillons

Un individu par série est porteur d'os suturaires, et seul l'individu de Provins en présente deux (tableau 48).

- **Fréquences du caractère en fonction des sous-classes d'âge**

Les os suturaires ne sont représentés que chez les individus des sous-classes d'âges supérieures (sur 2 nourrissons et 1 sujet périnatal strict).

I.1.2. Héli-frontal

- **Fréquences générales**

Le foramen supra-orbitaire (figure 139) constitue un caractère fréquent dans notre échantillon, puisqu'il est observé dans 37 à 46 % des cas (fréquences de 10 / 27 et 13 / 28, tableau 49).

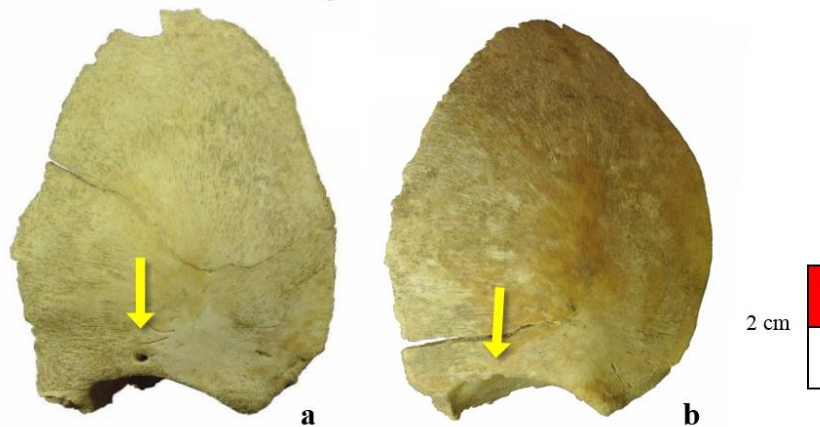


Figure 135. a : foramen supra-orbitaire, héli-frontal gauche, P292 ; b : incisure supra-orbitaire héli-frontal gauche, P248, vues antérieures

Dans le corpus de Thomas (2011), il est présent chez 23 % des adultes ($n = 13 / 56$) et 13 % des sujets immatures ($n = 2 / 15$). L'incisure supra-orbitaire (figure 139, tableau 49) est présente chez 8 à 12 % des individus de notre corpus, contre 14% des adultes ($n = 8 / 57$) et 0 % des sujets immatures ($n = 0 / 15$) d'après Thomas (2011).

	Caractères	n	n observable	%
Pérennes	Foramen supra-orbitaire G	10	27	37
	Foramen supra-orbitaire D	13	28	46
	Incisure supra-orbitaire G	4	24	17
	Incisure supra-orbitaire D	2	24	8
	Incisure supra-trochléaire G	2	24	8
	Incisure supra-trochléaire D	4	22	18

Tableau 49. Fréquences des caractères relatifs à la région supra-orbitaire dans le corpus ; n : effectif, G : gauche, D : droite, % : fréquence dans l'échantillon

L'incisure supra-trochléaire, identifiée chez 8 à 18 % de notre corpus (tableau 49), est présente chez 80 % des adultes (n = 39 / 49) et 47 % des individus immatures (n = 7 / 15) dans le corpus de Thomas (2011). Ces différences de fréquence entre notre corpus et celui de Thomas (2011) pourraient résulter d'un biais de cotation des caractères, ces derniers pouvant potentiellement s'exprimer de manière plus discrète sur l'os immature. L'incisure supra-trochléaire pourrait en effet présenter des fréquences inférieures dans notre échantillon par rapport au corpus adulte en raison d'un faible développement de cette structure au stade périnatal. Une incisure « discrète » peut en effet être cotée comme absente. Des tests inter-observateurs dans des études ultérieures seront nécessaires pour préciser l'importance de ce biais.

- **Latéralité**

Parmi les individus dont les deux côtés de la région supra-orbitaire sont observables, le foramen supra-orbitaire s'exprime de manière presque autant bilatérale qu'unilatérale (55 et 45 %), avec pour l'expression unilatérale une très légère prédominance du côté droit (tableau 50).

Caractère	N	n bilat.	n unilat.		
			n	unilat. G	unilat. D
				n	n
Foramen supra-orbitaire	11	6	5	2	3
Incisure supra-orbitaire	1	0	1	1	0
Incisure supra-trochléaire	3	1	2	0	2

Tableau 50. Latéralité des caractères de la région supra-orbitaire. N : effectif d'individus porteurs du caractère et observables des deux côtés ; n : effectifs, bilat : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière bilatérale, unilat. : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière unilatérale

Parmi les six individus porteurs de l'incisure supra-trochléaire, un seul est assez bien conservé pour être observé des deux côtés (tableau 50). De même, le caractère de l'incisure supra-trochléaire n'est présent que sur cinq individus, parmi lesquels deux n'ont pas les deux côtés conservés. Le caractère s'exprime bilatéralement (n = 1 / 3 individus) et unilatéralement (chez deux des trois individus, tableau 50).

- **Fréquences des caractères par échantillon**

Le caractère du foramen supra-orbitaire est représenté dans les trois échantillons (tableau 51), aucune différence significative de distribution entre eux n'étant identifiée (pG = 0,187 et pD = 0,87). Le caractère est exprimé dans un tiers des cas observables, à l'exception d'une légère sous-représentation pour le côté gauche des sujets de la série de Provins (tableau

51). L'incisure supra-orbitaire et l'incisure supra-trochléaire s'expriment de manière moins fréquente que le foramen supra-orbitaire (entre 0 et 25 % des sous-échantillons observables, tableau 51).

	Caractère	Saï	Provins	Blandy	
		n			
Pérennes	Foramen supra-orbitaire G	n	4	2	4
		n obs.	18	12	7
		%	33	14	36
	Foramen supra-orbitaire D	n	5	6	2
		n obs.	9	15	4
		%	36	29	33
	Incisure supra-orbitaire G	n	0	2	2
		n obs.	7	13	6
		%	0	13	25
	Incisure supra-orbitaire D	n	1	1	0
		n obs.	8	13	3
		%	11	7	0
Incisure supra-trochléaire G	n	1	1	0	
	n obs.	7	13	4	
	%	13	7	0	
Incisure supra-trochléaire D	n	0	3	1	
	n obs.	7	14	3	
	%	0	18	25	

Tableau 51. Fréquences des caractères relatifs à la région supra-orbitaire dans les différentes séries, G : gauche, D : droite ; n : effectifs, % : fréquence des individus observables de chaque échantillon porteurs du caractère, n. obs : effectifs observables

Ces effectifs faibles peuvent être responsables des écarts de fréquences entre les séries, aucune différence de distribution n'étant significative entre les trois séries ($p_{\text{foramen supra-orbitaire G}} = 0,222$, $p_{\text{foramen supra-orbitaire D}} = 1$, $p_{\text{incisure supra-trochléaire G}} = 1$ et $p_{\text{incisure supra-trochléaire D}} = 0,4$).

- **Fréquences des caractères en fonction des sous-classes d'âge**

Les foramens et incisures supra-orbitaires sont très peu représentés parmi les sous-classes d'âges des plus jeunes ($n = 1$), ce qui peut plutôt être mis en relation avec la conservation limitée des régions anatomiques concernées chez ces individus (tableau 52). Il est donc difficile de déterminer si ces caractères se développent progressivement dans la classe d'âge, et s'ils s'expriment plus particulièrement chez les individus les plus âgés du corpus.

Caractère	GP	PL	PS	N	total	
Foramen supra-orbitaire G	n	1	1	6	2	10
	n obs.	2	2	12	4	20
	%	10	10	60	20	50
Foramen supra-orbitaire D	n	0	0	10	3	13
	n obs.	3	3	14	8	28
	%	0	0	77	23	46
Incisure supra orbitaire G	n	0	0	3	1	4
	n obs.	3	1	14	8	26
	%	0	0	75	25	15
Incisure supra orbitaire D	n	0	0	2	0	2
	n obs.	3	3	10	8	24
	%	0	0	100	0	8
Incisure supra-trochléaire	n	0	0	2	0	2
	n obs.	2	1	14	7	24
	%	0	0	100	0	8
Incisure supra-trochléaire	n	1	0	3	0	4
	n obs.	3	3	11	7	24
	%	25	0	75	0	17

Tableau 52. Fréquences des caractères relatifs à la région supra-orbitaire dans les différentes sous-classes d'âge ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon, n. obs : effectifs observables

I.1.3. Hémi-mandibule

La région anatomique du condyle mandibulaire n'est suffisamment préservée que dans un faible nombre de cas (12 à gauche et 22 à droite, tableau 53). Le condyle mandibulaire bipartite n'est jamais observé dans notre corpus archéologique (tableau 53, comme c'est le cas également dans le corpus de Thomas (2011), ou aucun des 55 adultes et aucun des 14 sujets immatures ne présente ce caractère.

Région anatomique	Caractère	n	n observable	%
Hémi-mandibule G	Condyle mandibulaire bipartite	0	12	0
Hémi-mandibule D	Condyle mandibulaire bipartite	0	22	0

Tableau 53. Résultats des observations du condyle mandibulaire bipartite ; G : gauche, D : droit, n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon

I.1.4. Os zygomatique

Aucun os zygomatique bipartite n'est identifié dans notre échantillon. Ce caractère n'est, de même, jamais observé dans l'échantillon de Thomas (2011), où les observations ont été réalisées sur 43 adultes et 13 individus immatures. Le nombre de foramens zygomatofaciaux (VANMP) est relevé dans notre corpus archéologique, ne sont comptabilisés que les foramens faisant communiquer la face orbitaire et la face antérieure de l'os.

- **Fréquences générales**

Dans notre échantillon, les individus sont porteurs d'un seul foramen zygomatique, dans 40 % des cas environ (tableau 54).

Caractère	G		D	
	n	%	n	%
Absence	3 / 40	8	4 / 43	9
1	15 / 40	38	17 / 43	40
2	17 / 40	43	17 / 43	40
➤ 2	5 / 40	13	5 / 43	14
				2

Tableau 54. Expression du foramen zygomatique dans le corpus, G : nombre de foramens zygomatofaciaux observés du côté gauche ; D : nombre de foramens zygomatique observés du côté droit, n : effectif, % : dans le corpus

Un effectif plus réduit d'individus en présente davantage, tandis que certains (7 % des cas) n'en ont pas encore. Un foramen unique est considéré comme normal chez l'adulte, et une absence de foramen ou des foramens multiples sont alors considérés comme des VANM (Buikstra et Ubelaker, 1994). La région se caractérise cependant par une grande variabilité vasculo-nerveuse, responsable de l'absence ou de la multiplicité des canaux. D'après nos résultats, cette variabilité importante se retrouve donc chez l'individu décédé en période périnatale.

- **Latéralité**

Dans 80 % des cas, les sujets sont porteurs de 1 à 2 foramens zygomatofaciaux (tableau 55). Les cas de foramens multiples (c'est-à-dire supérieurs à 2) restent faibles (n = 2, soit 8 % des effectifs observables bilatéralement). Nous constatons que dans les deux tiers des cas, un individu est porteur du même nombre de foramens zygomatofaciaux à gauche et à droite (n = 16). L'écart entre les nombres de foramens à gauche et à droite n'est que rarement supérieur à 1. Il n'y a qu'un seul cas de grande dissymétrie (1 foramen à gauche et plus de 3 foramens à droite, tableau 55).

Modalités d'expression	N	%	Cas de symétrie	Cas de dissymétrie
1 à gauche et 1 à droite	7	26	n = 16 63 %	/
2 à gauche et 2 à droite	7	26		
plus de 2 à gauche et plus de 2 à droite	3	11		
1 à gauche et 0 à droite	1	4	/	n = 10 38 %
1 à gauche et 2 à droite	3	11		
2 à gauche et 1 à droite	3	11		
1 à gauche et plus de 2 à droite	1	4		
3 à gauche et 2 à droite	1	4		
2 à gauche et 3 à droite	1	4		
total observables à gauche et à droite	25		/	

Tableau 55. Modalités d'expressions bilatérales des foramens zygomatiko-faciaux ; N : effectifs d'individus sur lesquels la modalité d'expression est observée ; % : fréquence dans l'échantillon observable

● Fréquences des caractères par échantillon

Les cas de foramens zygomatiques qui peuvent être observés bilatéralement sont majoritairement issus de l'échantillon de Saï (n = 18 contre n = 7 pour Provins et n = 1 pour la série de Blandy, tableau 56). Cet écart de distribution pourrait expliquer que l'expression de ce caractère dans l'échantillon de Saï soit plus variable que dans les autres séries. Dans l'échantillon de Provins le nombre de foramens reste plutôt réduit (entre 1 et 2), et l'expression du caractère est plutôt identique entre le côté gauche et le côté droit (tableau 56).

Modalités d'expression	n Saï	n Provins	n Blandy	n total
1 à gauche et 1 à droite	4	2	1	7
2 à gauche et 2 à droite	3	4	0	7
plus de 2 à gauche et à droite	2	0	0	2
1 à gauche et 0 à droite	1	0	0	1
1 à gauche et 2 à droite	3	0	0	3
2 à gauche et 1 à droite	2	1	0	3
1 à gauche et plus de 2 à droite	1	0	0	1
plus de 2 à gauche et 2 à droite	1	0	0	1
2 à gauche 3 à droite	1	0	0	1
Total	18	7	1	26

Tableau 56. Expression des foramens zygomatique dans les différents échantillons, n : effectifs

I.1.5. VANM dentaires

En raison de son caractère inédit, le foramen identifié sur les germes des incisives supérieure fait l'objet d'un chapitre à part (*Cf. infra*, chap. XII).

I.2. Squelette infra-crânien

Le nombre d'observations des VANM sur le squelette infra-crânien était inférieur à celui des observations sur le bloc crânio-facial. La cotation a concerné le squelette axial (hémis arcs vertébraux et côtes), la scapula (*epispinus notch* et constriction scapulaire), ainsi que l'humérus (processus supra-condyloire).

I.2.1. Rachis

La facette articulaire bipartite de l'atlas n'est pas représentée dans notre corpus, contrairement au foramen transverse des hémis arcs vertébraux bipartite ou foramen transverse accessoire (Saunders, 1978), identifié sur le rachis de 15 individus de notre corpus (tableau 57). Ce trait est limité à la partie basse du rachis cervical, entre C4 et C6. Un individu présente ce caractère sur plusieurs rangs d'hémis arcs vertébraux (tableau 57) représentation osseuse limitée toutefois la cotation de ce caractère, à la fois sur chaque individu et dans le corpus complet.

Individu	Foramen transverse bipartite
S15	Présent (rang non identifié)
S25.1	C6D
S39	présent (rang non identifié)
S41	C5G
S63	C6G
S67	C6
S70	présent (rang non identifié)
S73	C5D
PE2	C5D
PJ10	C4G, C5G, C5D, C6D et C6G
PJ215	C6 D et C6G
PJ233	C6D
PJ281	C6D et G
PJ292	C5G
PJ294	C6D

Tableau 57. Identification du pont du foramen transverse dans le corpus

Nous constatons que le caractère est présent dans la série de Saï et dans la série de Provins, la conservation de ces régions anatomiques dans la série de Blandy ne permettant pas de faire ces observations. Le caractère est relevé dans 0 à 24 % des échantillons d'adultes (Thomas, 2011). Le foramen bipartite est identifié dans notre échantillon du rang C4 au rang C6, ce qui est cohérent avec les observations sur les adultes, pour lesquels le caractère est relevé entre C3 et C6 (Saunders, 1978).

Un dernier caractère a été identifié sur le rachis : un individu (PJ292) présente une exostose arrondie de 2 millimètres sur les surfaces supérieure et inférieure des corps vertébraux conservés (figure 140 et tableau 58).

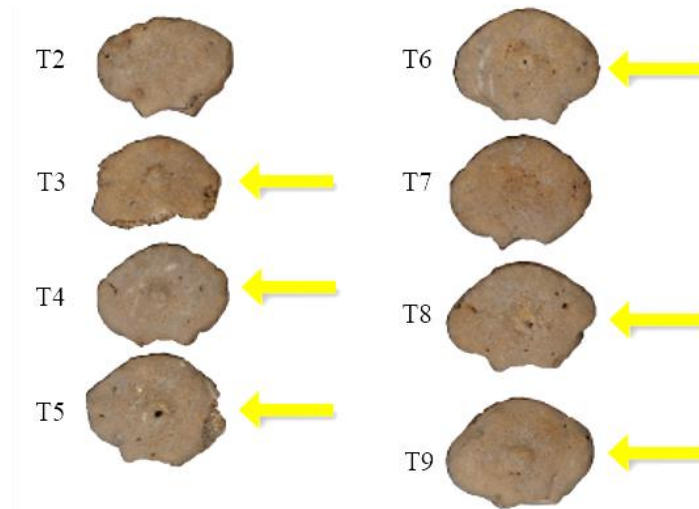


Figure 136. Exostoses et foramens sur plusieurs corps thoraciques de P292

Le caractère ne touche que les corps des vertèbres thoraciques de l'individu P292 (tableau 58). Dans certains cas, il est associé ou remplacé par un foramen. Ce caractère n'a été identifié que sur ce seul sujet de Provins, même si la représentation du rachis à l'échelle du corpus limite les observations de fréquence.

Rang	VC	VT	VL	VS
1	abs	foramen	0	0
2	0	exostose légère	0	0
3	0	exostose	0	abs
4	0	exostose	0	abs
5	0	exostose des deux côtés et foramen	0	abs
6	0	exostose	/	/
7	0	exostose	/	/
8	/	exostose et foramen	/	/
9	/	exostose d'un côté et foramen de l'autre	/	/
10	/	0	/	/
11	/	foramen	/	/
12	/	abs	/	/

Tableau 58. Détail des exostoses du corps vertébral de l'individu P292, VC : vertèbres cervicales, VT : vertèbres thoraciques, VL : vertèbres lombaires, VS : vertèbres sacrées, 0 : absence d'exostose, abs : absence du corps vertébral

I.2.2. Gril costal

Un individu (PJ215) est identifié comme porteur d'une côte surnuméraire lombaire unilatérale du côté droit. La fréquence de ce caractère dans les populations adultes est plutôt faible, dans la mesure où elle varie entre 1,2 et 6 % (Verna *et al.*, 2013a ; Verna, 2014). Tous les grils costaux n'étant pas conservés, nous ne sommes pas en mesure de calculer les fréquences de ce caractère dans le corpus archéologique. Elles sont en revanche calculées pour

le corpus virtuel (*Cf infra*, chap. X, II.2.2). La côte surnuméraire cervicale, identifiée chez de nombreux individus de l'échantillon de Saï, fait quant-à-elle l'objet d'un chapitre à part entière en raison de sa potentielle association avec des anomalies graves du développement (*Cf. infra*, chap. XIV.) La présence d'un caractère identifié et défini par Duda et collaborateurs (1995), la morphologie « carrée » de l'extrémité proximale des côtes, est suspectée chez deux individus. Ce caractère est toutefois difficile à coter, puisque l'extrémité de la côte présente alors un élément osseux de très petites dimensions, qui n'a pas été retrouvé dans notre corpus.

I.2.3. Ceinture du membre supérieur

Scapula

Trois caractères ont été observés sur la scapula : le foramen de la fosse supra-épineuse, l'*epispinus notch* et la constriction de la scapula (*Cf. annexe 9*).

- **Fréquences générales**

Le foramen de la fosse supra-épineuse (figure 141) s'exprime selon différentes variantes : il peut être unique, double ou triple (tableau 59).

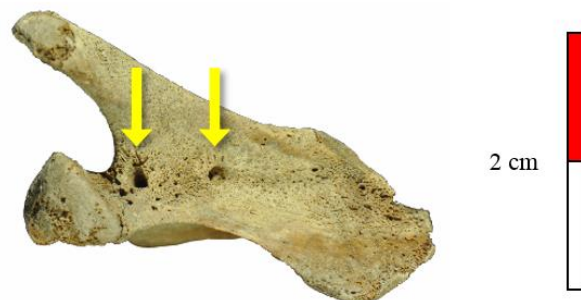


Figure 137. Foramen double de la fosse supra-orbitaire, P220, vue supérieure

Dans la majorité des cas (40 à 50 % des scapulas observables), le foramen s'exprime sous sa forme unique ou double (tableau 59). Les cas de foramen triples sont plus rares, entre 5 et 12 % des scapulas (tableau 59).

Caractère	G		D	
	n	%	n	%
Foramen absent	0	0	0	0
Foramen unique	30	50	29	48
Foramen double	27	45	24	40
Foramen triple	3	5	7	12
Total observable	60	100	60	100

Tableau 59. Expression du foramen de la fosse supra-épineuse dans le corpus, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon

- **Latéralité**

Le nombre de foramen à gauche et à droite est coté pour les individus observables des deux côtés (tableau 60). Dans la grande majorité des cas (près de 80 %) la symétrie est respectée entre le nombre de foramen de la fosse supra-épineuse gauche et celui de la fosse supra-épineuse droite (tableau 60). Le critère s'exprime alors avec 2 foramens de chaque côté (41 % des cas), puis de manière moins récurrente avec 1 foramen de chaque côté (32 % des cas). Les cas de dissymétrie sont moins fréquents à l'échelle du corpus (près de 20 %), mais plus variés.

Modalités d'expression			Latéralité	
G	D	n	symétrie	dissymétrie
1	1	15	n = 35 80 %	/
2	2	18		
3	3	2		
1	2	1	/	n = 9 20 %
1	3	2		
2	1	4		
2	3	1		
3	1	1		
Total		43	/	/

Tableau 60. Expression bilatérale des foramens de la fosse supra-épineuse, n = effectifs, G : gauche, D : droite

- **Fréquences des caractères par série**

La distribution du caractère en fonction des séries montre que les formes bilatérales sont là-encore majoritaires (entre 43 et 86 %). Le trait se caractérise par une variabilité légèrement plus grande dans la série de Blandy (tableau 61).

Modalités d'expression		Saï		Provins		Blandy		Symétrie	Dissymétrie
G	D	n	%	n	%	n	%		
1	1	9	43	5	31	0	0	n = 18 86 %	
2	2	9	43	6	38	3	43		
3	3	0	0	2	13	0	0		
0	1	1	5	0	0	0	0		
1	2	0	0	0	0	1	14		n = 3 14 %
1	3	1	5	1	6	0	0		
2	1	1	5	1	6	2	29		
2	3	0	0	0	0	1	14		
3	1	0	0	1	6	0	0		
Total		21	100	16	100	7	100	/	/

Tableau 61. Expression des foramens de la fosse supra-épineuse dans les différentes séries, n : individus porteurs du caractère selon la modalité d'expression définie ; % : fréquence de la modalité dans chaque échantillon

- **Fréquences générales**

Les deux autres caractères observés sur la scapula sont l'*epispinus notch* (Hrdlička, 1942a), encoche localisée dans la région médio-supérieure de l'os, ainsi que la constriction de la scapula (figure 142 ; tableau 62). La constriction n'est pas classée en tant que caractère spécifique dans la littérature scientifique, mais cette forme particulière est identifiée parmi les variantes possible de l'angle inférieur de l'os par Hrdlička (Hrdlička, 1942b).



Figure 138. a : epispinus notch, scapula droite, S63 ; b : constriction scapulaire, scapula gauche, S12-2, vues postérieures

L'*epispinus notch* a été noté sur 14 à 15 % du corpus archéologique observable (n = 4 / 29 et 5 / 33), tandis que la constriction est identifiée dans 6 % de celui-ci (tableau 62).

VANM	Caractère	n	n observables	%
Pérennes	<i>Epispinus notch G</i>	4	29	14
	<i>Epispinus notch D</i>	5	33	15
	Constriction de la scapula G	3	53	6
	Constriction de la scapula D	3	50	6

Tableau 62. Fréquence de l'epispinus notch et de la constriction scapulaire, n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite

- **Latéralité**

Le critère est toujours observé de manière bilatérale chez les individus porteurs de l'*epispinus notch* ou de la constriction de la scapula observables des deux côtés.

- **Fréquences des caractères par série**

Caractère	Saï			Provins			Blandy		
	n	n obs.	%	n	n obs.	%	n	n obs.	%
<i>Epispinus notch G</i>	3	17	18	1	11	9	0	1	0
<i>Epispinus notch D</i>	2	21	10	2	9	22	1	2	50
Constriction de la scapula G	3	27	11	0	20	0	0	20	0
Constriction de la scapula D	3	25	12	0	18	0	0	8	0

Tableau 63. Fréquences de l'epispinus notch et de la constriction scapulaire dans les différentes séries, n : effectif, n obs. : effectif observable, % : fréquence du caractère dans chaque série

L'*epispinus notch* est un caractère observé dans les trois échantillons (tableau 63), sans que les différences de distribution du caractère ne soient significatives entre les trois séries (pG = 1 et pD = 0,187), ni entre les groupes kerma et le groupe médiéval (pG = 0,622 et pD = 0,31). La constriction de la scapula est observée uniquement dans la collection de Saï (tableau 63). Ces différences ne sont statistiquement significatives ni entre les trois séries (pG = 0,109 et pD = 0,269), ni entre le groupe kerma et le groupe médiéval (pG = 0,061 et pD = 0,11), même si l'on est proche de la significativité dans ce dernier cas.

- **Fréquences des caractères en fonction des sous-classes d'âge**

L'*epispinus notch* est observé dans toutes les sous-classes d'âge sauf dans celle des nourrissons, malgré la bonne représentation de la région anatomique dans ce sous-échantillon (tableau 64).

Caractère		GP	PL	PS	N	Total
<i>Epispinus notch</i> G	n	1	0	3	0	4
	n obs.	5	0	13	11	29
	%	25	0	75	0	/
<i>Epispinus notch</i> D	n	2	1	2	0	5
	n obs.	4	3	17	9	24
	%	40	20	40	0	/
Constriction de la scapula G	n	0	0	0	3	3
	n obs.	7	2	27	17	53
	%	0	0	0	100	/
Constriction de la scapula D	n	0	0	0	3	3
	n obs.	4	4	25	17	50
	%	0	0	0	100	/

Tableau 64. Fréquences de l'*epispinus notch* dans les différentes sous-classes d'âge ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons, n : effectif, n obs. : effectif observé, % : fréquence dans la sous-classe d'âge

La distribution du caractère en fonction des sous-classes d'âges n'est cependant pas significative statistiquement (pG = 0,266 et pD = 0,077), même si l'on s'approche, là-encore, du seuil de significativité pour le côté droit. La constriction de la scapula n'est présente que dans la sous-classe des nourrissons (tableau 64) et cette distribution n'est pas significative (pG = 0,112 et pD = 0,153).

I.2.4. Membres supérieurs et inférieurs

Processus supra-condyloire

- **Fréquences générales**

VANM	Caractère	n	n observable	%
Pérenne	Processus supra-condyloire G	1	63	1,6
	Processus supra-condyloire D	0	62	0

Tableau 65. Fréquences du processus supra-condyloire dans le corpus archéologique, n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon

Le processus supra-condyloire, proéminence osseuse située sur la surface antéro-médiale du tiers distal de l'humérus (Verna, 2014), n'est, à notre connaissance, pas identifié dans la classe d'âge périnatale. Une structure qui pourrait correspondre à ce caractère en cours de formation a été identifiée sur l'humérus gauche de l'individu PJ289 (âge estimé à 42 s.a.), seul individu porteur de ce caractère dans notre échantillon (tableau 65 et figure 143). L'hypothèse d'un néoplasme de type ostéochondrome (une tumeur de moelle et de trabécules osseuses couverte d'une couche de cartilage) a été écartée en l'état actuel de notre recherche, notamment du fait de la localisation de la structure correspondant particulièrement au processus supra-condyloire.

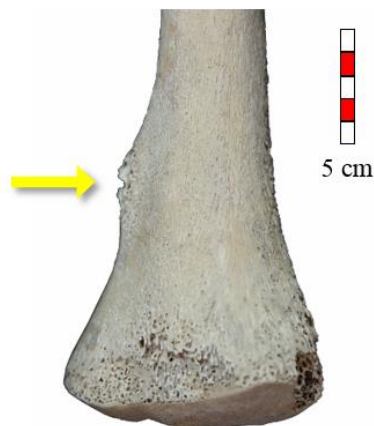


Figure 139. Processus supra-condyloire, humérus gauche, détail, vue antéro-latérale, P289

Ce faible pourcentage (moins de 2 % du corpus), correspond aux fréquences relevées dans les populations adultes. Ce caractère est présent chez 5 % (n = 3 / 60) du corpus adulte de Thomas (2011), et chez 0 % des individus immatures (n = 0 / 20). Verna (2014) cite ce caractère sous le nom d'apophyse sus-épitrochléenne et lui attribue des fréquences variant entre 0,26 et 2,8 %, toutes populations confondues.

- **Forme « en papillon » ou incisure distale de la surface épiphysaire**

L'incisure de la surface épiphysaire distale de l'humérus (ou forme « en papillon ») est observée chez un individu (S71), et l'incisure de la surface épiphysaire distale du fémur est observée chez un seul individu (S35). Ce caractère est toutefois difficile à coter en raison de l'érosion fréquente de ces surfaces et de l'expression très subtile de ce trait.



Figure 140. Incisure distale ou forme « en papillon » de la surface épiphysaire, fémur gauche, vue postérieure, S35

I.3. Synthèse

D'après nos résultats, les VANM observées dans le corpus archéologique ont des fréquences très variables. Nous considérons que les caractères « très fréquents » et « fréquents » sont présents respectivement sur 25 à 50 %, et moins de 25 % du corpus (tableau 66). D'autres VANM s'expriment une seule fois à l'échelle du corpus archéologique, et sont considérées comme rares. Plusieurs caractères pris en compte dans le protocole n'ont jamais été observés dans les séries. Les variations observées sur la *pars lateralis* comptent parmi les caractères fréquents, voire très fréquents (tableau 66). Les fréquences les plus hautes concernent les épines distales et latérales de la branche jugulaire, ainsi que les sinuosités du bord de cet élément osseux (entre 10 et 50 % des cas environ). Les caractères concernant le canal condyloire (absent ou incomplet) sont moins fréquents (moins de 10 % des cas). Seul le caractère du canal hypoglosse bipartite appartient aux VANM rares (tableau 66). Les caractères en rapport avec les foramens et incisures du massif facial comptent eux-aussi parmi les plus fréquents (entre 10 et 50 % des cas environ), comme c'est le cas pour les adultes. Certains comme le processus

supra-condyloire, la côte surnuméraire lombaire et l'exostose des corps vertébraux, ne sont identifiés qu'à une ou deux reprises dans notre échantillon et appartiennent donc aux VANM rares (tableau 66). Les caractères absents dans notre corpus correspondent à des VANM considérées comme rares dans les corpus adultes, par exemple la facette condyloire bipartite représentée à hauteur de 3 % dans l'échantillon adulte de Thomas (2011).

Fréquence	Caractère	n G / M	n D
25 à 50 % du corpus observable	Epine distale branche jugulaire	49	49
	Sinuosité antérieure <i>pars lateralis</i>	38	43
	Trou supra-orbitaire G	37	46
	Processus de Kerckring	27	/
< 25 % du corpus	Incisure supra orbitaire G	17	8
	<i>Epispinus notch</i>	14	15
	Epine latérale branche jugulaire	13	18
	Sinuosité postérieure <i>pars lateralis</i>	9	11
	Absence du canal condyloire G	9	5
	Pont latéral	8	11
	Incisure supra-trochléaire	8	18
	Canal condyloire incomplet G	6	3
	Constriction de la scapula	6	6
	Os suturaires	3	/
	Foramens zygomatiko-faciaux surnuméraires	<i>Cf. tableau 54</i>	/
	Foramen transverse bipartite des cervicales	15	/
	Foramen de la fosse supra-épineuse	<i>Cf. tableau 59</i>	/
	Côtes extrémité prox dédoublée	2	/
Rare	Canal hypoglosse bipartite	3	0
	Côte surnuméraire lombaire	1	/
	Incisure de la surface épiphysaire distale de l'humérus	1	/
	Incisure de la surface épiphysaire distale du fémur, surface « en papillon »	1	/
	Exostose sur le corps	1	/
	Absente	Facette articulaire supérieure bipartite de l'atlas	0
Condyle mandibulaire bipartite		0	0
Facette condyloire bipartite		0	0
Ecaille du pariétal bipartite		0	/
Ecaille du temporal bipartite		0	/
Os zygomatique bipartite		0	/

Tableau 66. Fréquences relatives des VANM dans le corpus archéologique ; n G : effectif à gauche ou effectif médian, n D : effectif à droite

Aucun caractère n'est associé significativement et de manière bilatérale à une série ou à un groupe populationnel, ce qui rend les résultats des tests difficilement interprétables. Nous constatons néanmoins que, même si le seuil de significativité n'est pas atteint, le caractère de la constriction de la scapula n'est présent que dans la série kerma.

II. Variations anatomiques non métriques du corpus virtuel

L'application du protocole de cotation des VANM sur le corpus virtuel nécessite une adaptation par rapport à la résolution des images scanner et la précision des reconstruction 3D (Cf. *supra*, chap. VII, II). La majorité des critères observables sur os sec n'est en effet pas identifiable au regard actuel des isosurfaces. L'étude des VANM du corpus virtuel concerne donc sept caractères (tableau 67), outre les côtes surnuméraires cervicales traitées dans un chapitre indépendant (Cf. *infra*, chap. XIV.)

VANM	Caractère
Transitoire	Processus de Kerckring
	Zygomatique bipartite
	Os suturaire
Pérenne	Anomalies de nombre du gril costal (11 côtes ou côtes surnuméraires lombaires)
	Anomalies de formes du gril costal (côtes bifides)
	<i>Epispinus notch</i>
	Constriction de la scapula

Tableau 67. VANM observées dans le corpus virtuel

Par rapport à l'étude des VANM sur le corpus archéologique, les analyses ont ici pour avantage de pouvoir être réalisées en incluant des informations comme l'âge réel (en s.a. ou en semaines post-partum) des individus, ou leur sexe. Lorsque c'est possible, les fréquences obtenues dans le corpus virtuel sont comparées à celles du corpus archéologique.

II.1. Bloc crânio-facial

II.1.1. Processus de Kerckring

Le processus de Kerckring (figure 145) est observé dans 38 % du corpus virtuel observable, contre 27 % dans le corpus archéologique (tableau 68). La différence de distribution entre les deux corpus n'est pas significative ($p = 0,286$) d'après le test de Student.

VANM	Caractère	n	%
Transitoire	Présence du pr. de Kerckring	41	38
	Absence de pr. de Kerckring	66	62

Tableau 68. Fréquences du processus de Kerckring dans le corpus virtuel, pr. : processus ; n : effectifs d'individus concernés ; % : fréquence dans le corpus

La distribution du caractère en fonction des sous-classes d'âges (tableau 69) ne montre pas non plus de différences statistiquement significatives en fonction de l'âge ($p = 0,581$), ce qui n'est pas le cas dans le corpus archéologique où le caractère est significativement plus présent parmi les individus les plus jeunes (Cf. *supra*, chap. X, I.1.1.1.).

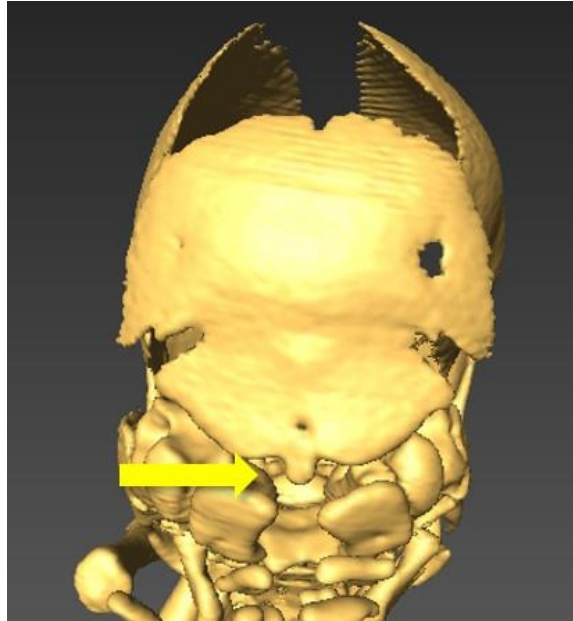


Figure 141. *Processus de Kerckring, individu M190*

La comparaison avec la distribution observée dans le corpus archéologique reste toutefois difficile en raison des différences d'effectifs et des disparités de répartition des individus entre les classes d'âge (seuls 7 individus appartenant aux sous-classes d'âge des grands prématurés et des prématurés légers peuvent faire l'objet d'observations au niveau de cette région anatomique dans le corpus archéologique).

Caractère	Sous-classes d'âge (s.a.)					
	26 / 27	28 / 30	31 / 33	34 / 36	37 / 39	40 / 42
Présence du pr. de Kerckring	7	8	9	9	4	3
Absence du pr. de Kerckring	8	11	13	13	16	4

Tableau 69. *Fréquences du processus de Kerckring dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel*

II.1.2. Zygomatique bipartite

Le zygomatique bipartite n'est jamais observé parmi les individus du corpus virtuel (nG = 0 / 262 sujets observables et nD = 0 / 261 sujets observables).

II.1.3. Os suturaires

La présence d'os suturaires crâniens (figure 146) a été observée sur un seul individu parmi les 109 sujets dont la région anatomique de la voûte crânienne est observable avec précision, soit 0,9 % du corpus virtuel. Le sujet est âgé de 34 s.a. et avait fait l'objet d'une IMG en raison d'anomalies graves du développement. Il n'était pas porteur de côtes surnuméraires cervicales, dont la présence aurait pu être suspectée en raison de son état de santé (*Cf. infra, chap. XIV*).

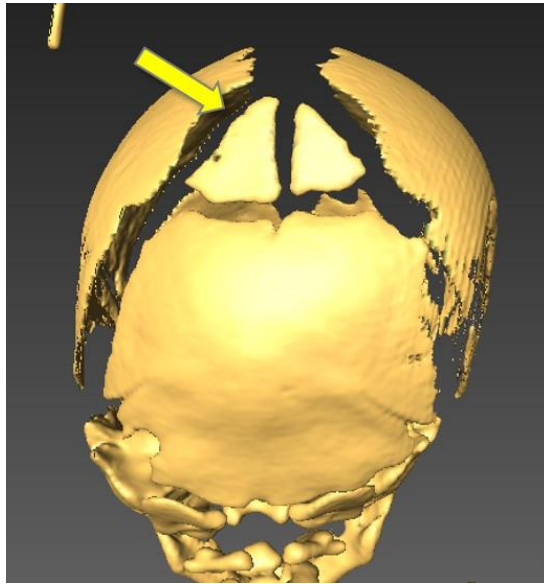


Figure 142. Os suturaires des pariétaux, individu M206

II.2. Gril costal

II.2.1. Réduction du gril costal, « côte manquante »

L'observation du gril costal de 320 individus a mis en évidence que 10 % d'entre eux présentaient une réduction du gril costal (figure 147 et tableau 70) avec 11 côtes au lieu de 12.

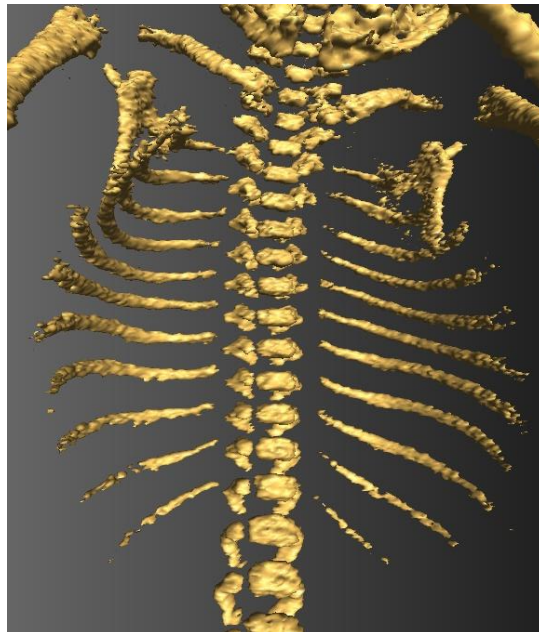


Figure 143. Absence de la 12^e côte, individu M274

VANM	Caractère	G		D	
		n	%	n	%
Pérennes	n de sujets porteurs de 11 côtes	33	10	32	10
	n de sujets porteurs de 12 côtes	287	90	290	90

Tableau 70. Fréquences de la réduction du gril costal dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon observable

Parmi les 309 individus dont le gril costal était observable des deux côtés, 27 présentaient 11 côtes au lieu de 12. Tous les individus exprimaient ce caractère de manière bilatérale (tableau 71).

Caractère	Bilat.		Unilat.			
			Total		Unilat. G	Unilat. D
	n	%	n	%	n	n
n sujets porteurs de 11 côtes	27	9	0	0	0	0
n sujets porteurs de 12 côtes	282	91	0	0	0	0

Tableau 71. Latéralité de la réduction du gril costal dans le corpus virtuel

D'après le test exact de Fisher pour données non-appariées, il n'existe pas d'écarts de distribution significatifs ($p_G = 0,455$ et $p_D = 0,263$) entre les sujets qui présentaient ou non une réduction du gril costal, qu'ils soient décédés ou pas dans la période périnatale (tableau 72).

Statut de vitalité	G		D	
	n	%	n	%
Sujets décédés avec réduction du gril costal	11	3	10	3
Sujets vivants avec réduction du gril costal	22	7	22	7
Sujets décédés sans réduction du gril costal	119	37	121	38
Sujets vivants sans réduction du gril costal	167	52	168	52

Tableau 72. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal en fonction de leur statut de vitalité avant l'âge de 2 mois post-partum, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, les individus présentant une réduction du gril costal ne feraient pas préférentiellement partie du groupe des sujets décédés. Il n'existe pas plus d'écarts significatifs d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 0,143$ et $p_D = 0,281$) entre les sujets féminins ou masculins présentant ou non une réduction du gril costal (tableau 73).

Sexe	G		D	
	n	%	n	%
Sujets féminins avec réduction du gril costal	15	6	13	5
Sujets masculins avec réduction du gril costal	11	4	11	4
Sujets féminins sans réduction du gril costal	92	37	94	38
Sujets masculins sans réduction du gril costal	130	52	131	53

Tableau 73. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal en fonction du sexe ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

Dans notre corpus virtuel, le caractère ne s'exprime donc pas préférentiellement chez l'un ou l'autre des sexes. Nous n'avons pas enregistré d'écarts significatifs d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 0,271$ et $p_D = 0,193$) entre les sujets porteurs d'anomalies ou les sujets non porteurs d'anomalies, qu'ils présentent ou non une réduction du gril costal (tableau 74).

Présence ou absence d'anomalies majeures du développement	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs d'anomalies majeures avec réduction du gril costal	14	4	13	4
Sujets sans anomalies majeures et avec réduction du gril costal	19	6	19	6
Sujets sans réduction du gril costal et porteurs d'anomalies majeures	151	48	153	48
Sujets sans anomalies majeures et sans réduction du gril costal	132	42	133	42

Tableau 74. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal parmi les sujets porteurs ou non d'anomalies du développement ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, il n'y aurait donc pas dans le corpus virtuel d'expression préférentielle de la réduction du gril costal parmi les sujets porteurs d'anomalies du développement. Ces résultats confirment ceux de Bots et collaborateurs (2011) qui n'ont pas identifié d'association entre ces deux types d'anomalies, ce qui tendrait à montrer que ces transformations basses du gril costal n'ont pas les mêmes implications en termes de morbidité que les transformations hautes (Cf. *infra*, chap. XIV). Il n'existait pas d'écarts significatifs d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 0,821$ et $p_D = 0,83$) entre les sujets porteurs ou non de côte cervicale, qu'ils présentent ou non une réduction du gril costal (tableau 75). D'après ces résultats, les côtes cervicales ne s'exprimeraient pas dans le corpus de manière préférentielle dans les cas de réduction du gril costal.

Présence ou absence de côte surnuméraire cervicale	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs de côte cervicale avec réduction du gril costal	6	2	8	3
Sujets avec réduction du gril costal sans côte cervicale	24	8	24	8
Sujets sans réduction du gril costal avec côte cervicale	65	21	65	21
Sujets sans réduction du gril costal sans côte cervicale	208	69	208	68

Tableau 75. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal parmi les sujets porteurs ou non d'une côte cervicale du côté étudié ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

II.2.2. Côtes lombaires ou 13^{èmes} côtes

Les côtes surnuméraires lombaires (figure 148) sont identifiées sur 1 à 2 % du corpus virtuel (tableau 76).

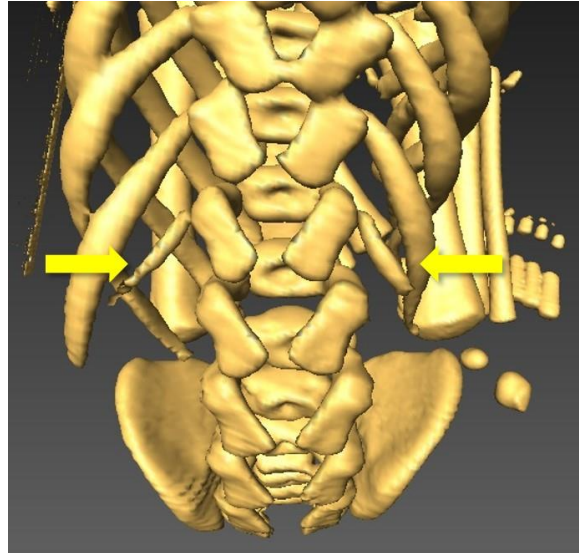


Figure 144. Exemple de côtes lombaires, individu M64

La fréquence de ce caractère dans les populations adultes varie entre 1,2 et 6 % (Verna *et al.*, 2013a ; Verna, 2014), ce qui concorde avec les fréquences observées dans le corpus virtuel.

Caractère	G		D		
	n	%	n	%	
Pérennes	Présence de côtes lombaires	5	2	3	1
	Absence de côtes lombaires	319	98	321	99

Tableau 76. Fréquences des côtes surnuméraires lombaires dans le corpus virtuel ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

Les différences de distribution du caractère en fonction des sous-classes d'âge (tableau 77) ne sont pas significatives d'après le test de Student pour données non appariées ($p_G = 0,436$ et $p_D = 0,889$). D'après ces résultats, il n'existerait pas dans notre corpus d'expression privilégiée de cette côte surnuméraire en fonction de l'âge.

Caractère	Sous-classes d'âge (s.a.)						
	26 / 27	28 / 30	31 / 33	34 / 36	37 / 39	40 / 42	
G	Présent	1	1	2	0	1	0
	Absent	25	85	86	78	31	8
D	Présent	0	1	2	0	0	0
	Absent	26	85	86	78	32	8

Tableau 77. Fréquences des côtes surnuméraires lombaires dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel ; G : côté gauche, D : côté droit, s.a. : semaines d'aménorrhée

- **Latéralité**

Les côtes surnuméraires lombaires ont été identifiées dans 2 % du corpus virtuel. Le caractère s'exprime de manière bilatérale dans la moitié des cas, et de manière unilatérale pour l'autre moitié (tableau 78).

Caractère	Bilat.		Unilat.			
	n	%	Total		Unilat. G	Unilat. D
			n	%	n	n
Côtes lombaires présentes	3	1	2	1	2	0
Absence de côtes lombaires	319	98	/	/	/	/

Tableau 78. Latéralité des côtes surnuméraires lombaires dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après le test exact de Fisher pour données non-appariées, il n'existe pas d'écarts significatifs ($pG = 0,402$ et $pD = 1$) entre les sujets décédés ou non en période périnatale et les sujets porteurs ou non d'une côte surnuméraire lombaire (tableau 79).

Modalités	G		D	
	n	%	n	%
Sujets décédés porteurs de côte lombaire	3	1	1	0
Sujets vivants porteurs de côte lombaire	2	1	2	1
Sujets décédés non porteurs de côte lombaire	129	40	131	41
Sujets vivants non porteur de côte lombaire	189	59	189	59

Tableau 79. Distribution des sujets porteurs ou non de côte lombaire décédés ou non en période périnatale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, les sujets porteurs de côtes surnuméraires lombaires ne sont donc pas plus susceptibles que les autres de faire partie du groupe des sujets décédés ou vivants. Il n'y a pas d'écarts significatifs de distribution d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($pG = 0,639$ et $pD = 1$) entre les sujets porteurs ou non d'une côte surnuméraire lombaire, qu'ils soient de sexe féminin ou masculin (tableau 80).

Modalités	G		D	
	n	%	n	%
Sujets féminins porteurs de côtes lombaires	1	0	1	0
Sujets masculins porteur de côtes lombaires	3	1	1	0
Sujets féminins sans côtes lombaires	105	42	105	42
Sujets masculins sans côtes lombaires	141	57	143	57

Tableau 80. Distribution des sujets porteurs ou non d'au moins une côte lombaire en fonction des sexes, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, le caractère ne semble donc pas s'exprimer préférentiellement pour l'un des deux sexes dans notre corpus. Il n'existe pas d'écarts significatifs d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($pG = 1$ et $pD = 0,609$) entre les sujets porteurs ou non d'une côte surnuméraire lombaire, qu'ils présentent ou non des problèmes pathologiques (tableau 81).

Présence ou absence d'anomalies du développement	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs de côte lombaire et d'anomalies majeures	3	1	1	0
Sujets porteurs de côte lombaire sans anomalies majeures	2	1	2	1
Sujets sans côtes lombaire porteurs d'anomalies majeures	164	52	166	52
Sujets sans côtes lombaire sans anomalies majeures	152	48	152	48

Tableau 81. Distribution des sujets porteurs ou non d'une côte surnuméraire lombaire, porteurs ou non d'anomalies du développement, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, le caractère ne s'exprime donc pas préférentiellement chez les sujets porteurs d'anomalies graves du développement. Ces résultats rejoignent là-encore ceux de de Bots et collaborateurs (2011) qui n'ont pas identifié d'association entre les côtes surnuméraires lombaires et les anomalies du développement, ce qui tendrait à montrer que cette variation n'a pas les mêmes implications en termes de morbidité que la côte cervicale (Cf. *infra*, chap. XIV). Il n'y a pas d'écarts significatifs d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 0,592$ et $p_D = 1$) entre les sujets porteurs ou non d'une côte surnuméraire lombaire, qu'ils soient porteurs ou non d'une côte surnuméraire cervicale (tableau 82). D'après ces résultats, les sujets porteurs de côtes surnuméraires lombaires dans notre corpus ne sont donc pas plus susceptibles que les autres d'être porteurs de côtes surnuméraires cervicales.

Présence ou absence d'au moins une côte cervicale	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs de côte lombaire et de côte cervicale	0	0	0	0
Sujets porteurs de côte lombaire sans côte cervicale	5	2	0	0
Sujets porteurs de côte cervicale sans côte lombaire	70	23	0	0
Sujets sans côte cervicale et sans côte lombaire	232	77	1	0

Tableau 82. Distribution des sujets porteurs ou non d'au moins une côte surnuméraire lombaire, et porteurs ou non d'au moins une côte surnuméraire cervicale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

II.2.3. Côtes bifides

Les côtes bifides (figure 149) ne sont observées que sur 0,3 à 0,6 % de notre corpus virtuel (tableau 83).

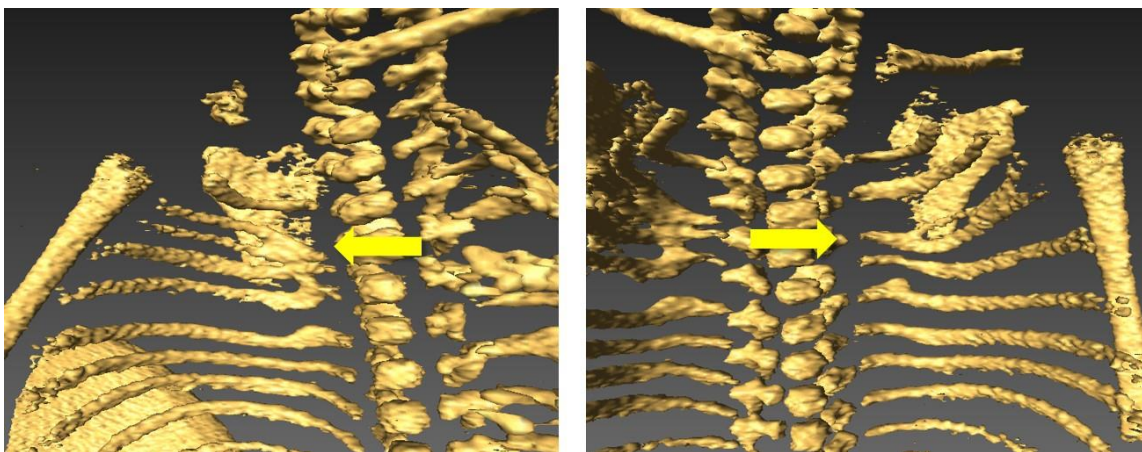


Figure 145. Côtes bifides de l'individu M260, gril costal droit et gril costal gauche

Elles sont documentées chez 1,2 à 6 % du corpus adulte actuellement (Verna *et al.*, 2013b ; Verna, 2014).

VANM	Caractère	G		D	
		n	%	n	%
Pérennes	Présence de côtes bifides	2	0,6	1	0,3
	Absence de côtes bifides	321	99,4	322	99,7
	Total observable	323	/	323	/

Tableau 83. Fréquences des côtes bifides dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

Les différences de distribution du caractère entre les sous-classes d'âge (tableau 84) ne sont pas significatives (pG = 0,712 et pD = 0,719).

Côté	Caractère	Sous-classes d'âge (s.a.)					
		26 / 27	28 / 30	31 / 33	34 / 36	37 / 39	40 / 42
G	Présent	0	1	0	1	0	0
	Absent	26	84	89	76	32	8
D	Présent	0	1	0	0	0	0
	Absent	26	84	89	77	32	8

Tableau 84. Fréquences des côtes bifides en fonction des sous-classes d'âge dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

Les côtes bifides ne sont présentes que chez deux individus du corpus virtuel, s'exprimant chez l'un de manière bilatérale (M260), chez l'autre (M1095) de manière unilatérale (tableau 85). Les deux sujets font partie des individus vivants à l'issue des 48 s.a., malgré le fait qu'ils soient porteurs d'anomalies majeures du développement.

Caractère	Bilat.		Unilat.			
			Total		Unilat. G	Unilat. D
	n	%	n	%	n	n
Présence de côte bifide	1	0,3	1	0,3	1	0
Absence de côte bifide	321	99,4	/	/	/	/

Tableau 85. Latéralité des côtes bifides dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

M206 présente des déformations du rachis, une *spina bifida* et une hydrocéphalie, et une côte surnuméraire cervicale au niveau de la 7^e vertèbre cervicale du côté droit. L'autre individu, M1095, présente un syndrome polymalformatif (hémi-vertèbres, déformation rachidienne) mais pas de côtes cervicales. Même s'il est difficile de conclure en raison de sa faible fréquence dans le corpus, il semble que le caractère puisse être associé à un mauvais état de santé.

II.3. Ceinture du membre supérieur

II.3.1. Epispinus notch

L'*epispinus notch* (figure 150) est un caractère identifié chez 8 à 9 % du corpus virtuel (tableau 86), une fréquence inférieure à celles relevées dans notre corpus archéologique (entre 14 et 15 %).

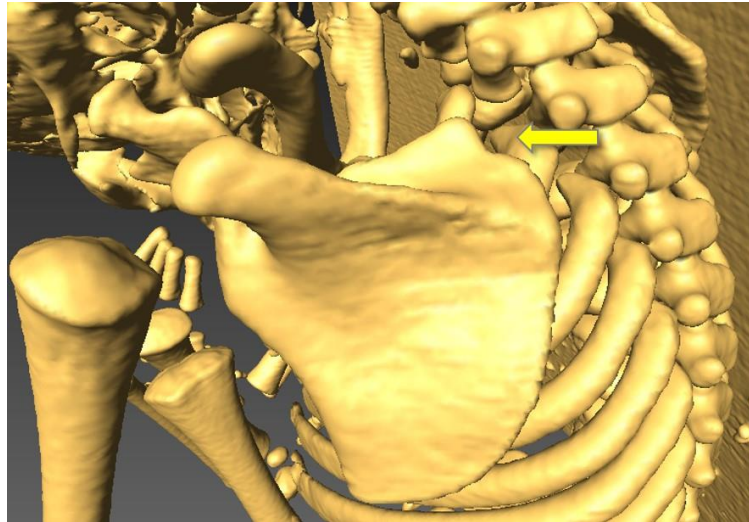


Figure 146. Epispinus notch sur scapula gauche, M 200

Les différences de distribution de ce caractère entre les séries virtuelles de Marseille et les séries archéologiques de Saï, Provins et Blandy sont testées et ne sont pas statistiquement significatives ($pG = 0,551$ et $pD = 0,104$).

	Caractère	G		D	
		n	%	n	%
Pérenne	Présence d' <i>epispinus notch</i>	9	9	8	8
	Absence d' <i>epispinus notch</i>	91	91	90	92

Tableau 86. Fréquences de l'*epispinus notch* dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

Les différences de distribution du caractère entre l'échantillon actuel, l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval ne sont de même, pas significatives ($pG = 0,445$ et $pD = 0,154$). Aucune différence significative de distribution n'est également identifiée entre les classes d'âge (tableau 87) pour le corpus virtuel ($pG = 0,886$ et $pD = 0,754$).

Côté	Caractère	sous-classes d'âge (s.a.)					
		26 / 27	28 / 30	31 / 33	34 / 36	37 / 39	40 / 42
G	Présent	2	1	2	2	1	1
	Absent	10	13	17	19	19	6
D	Présent	2	1	1	2	1	0
	Absent	9	13	18	17	20	8

Tableau 87. Fréquences de l'*epispinus notch* dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

Parmi les 9 % de sujets porteurs d'*epispinus notch*, le caractère s'exprime de manière bilatérale dans 8% des cas (tableau 88).

Caractère	Bilat.		Unilat.			
			Total		Unilat. G	Unilat. D
	n	%	n	%	n	n
Présence d'<i>epispinus notch</i>	8	8	1	1	1	0
Absence d'<i>epispinus notch</i>	88	91	/	/	/	/

Tableau 88. Latéralité de l'*epispinus notch* dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

Il n'existe pas d'écarts significatifs de distribution d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées (pG = 1 et pD = 1) entre les sujets porteurs ou non d'un *epispinus notch*, qu'ils soient décédés ou non en période périnatale (tableau 89).

Statut de vitalité	G		D	
	n	%	n	%
Sujets décédés porteurs d'<i>epispinus notch</i>	9	9	8	8
Sujets vivants porteurs d'<i>epispinus notch</i>	0	0	0	0
Sujets décédés sans <i>epispinus notch</i>	82	82	81	83
Sujets vivants sans <i>epispinus notch</i>	9	9	9	9

Tableau 89. Distribution des sujets porteurs ou non d'un *epispinus notch* en fonction de leur état de vitalité, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

Les sujets porteurs de ce caractère dans notre corpus n'apparaissent donc pas comme plus susceptibles que les sujets non porteurs de faire partie du groupe des individus décédés en période périnatale. Il n'existe pas d'écarts significatifs de distribution d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées (pG = 0,639 et pD = 1) entre les sujets porteurs ou non d'un *epispinus notch*, qu'ils soient de sexe féminin ou masculin (tableau 90). D'après ces résultats, l'*epispinus notch* ne s'exprimerait donc pas de manière préférentielle chez l'un ou l'autre des sexes.

Sexe	G		D	
	n	%	n	%
Sujets féminins porteurs d'<i>epispinus notch</i>	1	0	1	0
Sujets masculins porteurs d'<i>epispinus notch</i>	3	1	1	0
Sujets féminins sans <i>epispinus notch</i>	105	42	105	42
Sujets masculins sans <i>epispinus notch</i>	141	56	143	57

Tableau 90. Distribution des sujets porteurs d'*epispinus notch* en fonction du sexe, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

Il n'existe pas d'écarts significatifs de distribution d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées (pG = 1 et pD = 1) entre les sujets porteurs ou non d'un *epispinus notch* et les sujets présentant ou non des anomalies majeures du développement (tableau 91).

Présence d'anomalies majeures du développement	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs d' <i>epispinus notch</i> et d'anomalies majeures	9	9	8	8
Sujets porteurs d' <i>epispinus notch</i> sans anomalies majeures	0	0	0	0
Sujets sans <i>epispinus notch</i> avec anomalies majeures	85	88	84	88
Sujets sans <i>epispinus notch</i> sans anomalies majeures	3	3	3	3

Tableau 91. Distribution des sujets porteurs ou non d'*epispinus notch* en fonction de la présence d'anomalies majeures du développement, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

D'après ces résultats, le caractère ne s'exprimerait donc pas dans le corpus virtuel de manière préférentielle chez les individus porteurs d'anomalies majeures du développement. Il n'y a pas d'écarts significatifs d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées (pG = 1 et pD = 0,511) entre les sujets porteurs ou non d'un *epispinus notch* et les sujets porteurs ou non de côte surnuméraire cervicale (tableau 92). D'après ces résultats, l'*epispinus notch* ne s'exprimerait donc pas préférentiellement chez les sujets porteurs de côte surnuméraire cervicale dans notre corpus.

Présence d'une côte surnuméraire cervicale	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs d' <i>epispinus notch</i> et de côte cervicale	4	4	6	6
Sujets porteurs d' <i>epispinus notch</i> sans côte cervicale	5	5	4	4
Sujets sans <i>epispinus notch</i> avec côte cervicale	42	42	41	41
Sujets sans <i>epispinus notch</i> sans côte cervicale	48	48	48	48

Tableau 92. Distribution des sujets porteurs d'*epispinus notch* et de côte surnuméraire cervicale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

II.3.2. Constriction de la scapula

Le caractère de la constriction de la scapula (figure 151) est observé sur 1 à 2 % des individus du corpus (tableau 93).

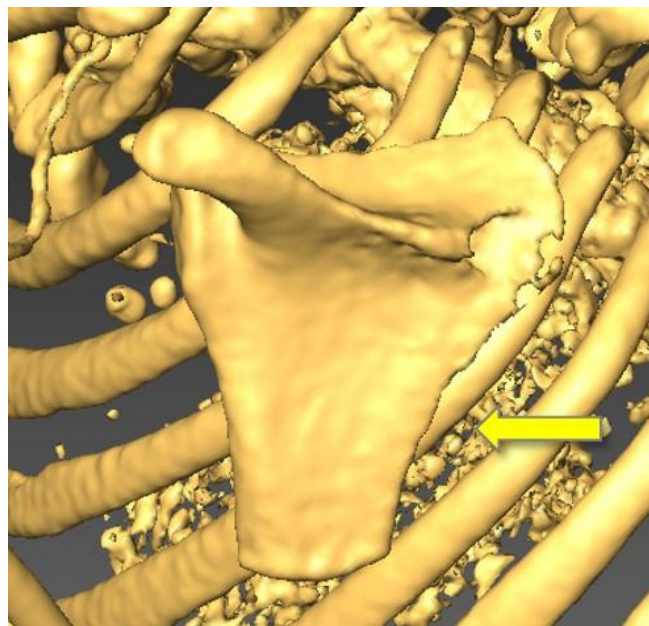


Figure 147. Constriction scapulaire du côté gauche, individu M818

Cette fréquence est inférieure à la fréquence maximale observée dans le corpus archéologique (12 %), où le caractère n'est présent que dans la série de Saï (*Cf. supra*, chap X, I.2.3.). La significativité des différences de distribution du caractère entre chacun des échantillons (Marseille, Saï, Blandy et Provins) est été testée et les résultats se sont révélés statistiquement significatifs à gauche ($pG = 0,02$) et proche de la significativité à droite ($pD = 0,061$).

VANM	Caractère	G		D	
		n	%	n	%
Pérenne	Présence de constriction scapulaire	2	1	4	2
	Absence de constriction scapulaire	214	99	211	98

Tableau 93. Fréquences de la constriction scapulaire dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

La différence est toujours significative pour la comparaison entre les distributions de l'échantillon actuel relativement à l'échantillon kerma et à l'échantillon médiéval ($pG = 0,017$ et $pD = 0,039$). Elle ne l'est pas en revanche pour la comparaison du corpus archéologiques par rapport au corpus virtuel ($pG = 0,088$ et $pD = 0,371$). La comparaison avec l'échantillon de Marseille pourrait être en faveur de l'hypothèse selon laquelle ce caractère serait effectivement particulièrement associé à l'échantillon de Saï, et que l'écart de fréquence avec les échantillons médiévaux ne serait pas uniquement dû à un biais de conservation. La distribution du caractère en fonction des sous-classes d'âge (tableau 94) n'est en revanche pas significative ($pG = 0,719$ et $pD = 0,328$), comme c'est le cas pour le corpus archéologique.

Côté	Caractère	Sous-classes d'âge (s.a.)					
		26 / 27	28 / 30	31 / 33	34 / 36	37 / 39	40 / 42
G	Présence	0	0	0	1	0	0
	Absence	20	45	59	50	27	8
D	Présence	0	0	0	2	1	0
	Absence	20	45	59	47	27	8

Tableau 94. Fréquences de la constriction scapulaire dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, il n'existerait donc pas d'expression préférentielle du caractère en fonction de l'âge. Parmi les 2 % de sujets porteurs d'une constriction de la scapula et observables des deux côtés (tableau 95), 1 % présentent le caractère de manière bilatérale, et moins de 1 % de manière unilatérale.

Caractère	Bilat.	Unilat.				
		Total		Unilat. G	Unilat. D	
	n	%	n	%	n	n
Présence de la constriction	2	1	1	0	0	1
Absence de constriction	210	99	/	/	/	/

Tableau 95. Latéralité de la constriction scapulaire dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral

Aucun écart significatif n'a été identifié d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 0,211$ et $p_D = 1$) entre les sujets porteurs ou non d'une constriction scapulaire, qu'ils soient ou non décédés en période périnatale (tableau 96).

Statut de vitalité des sujets	G		D	
	n	%	n	%
Sujets décédés porteurs de constriction scapulaire	0	0	2	1
Sujets vivants porteurs de constriction scapulaire	2	1	2	1
Sujets décédés sans constriction scapulaire	116	54	115	54
Sujets vivants sans constriction scapulaire	97	45	95	44

Tableau 96. Distribution des sujets porteurs de constriction scapulaire en fonction de leur état de vitalité, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, la constriction scapulaire ne s'exprimerait donc pas préférentiellement parmi les sujets décédés en période périnatale dans le corpus virtuel. D'après le test exact de Fisher pour données non-appariées, il n'existe pas d'écarts significatifs de distribution ($p_G = 1$ et $p_D = 1$) entre les sujets porteurs ou non d'une constriction scapulaire, qu'ils soient de sexe féminin ou de sexe masculin (tableau 97).

Sexe	G		D	
	n	%	n	%
Sujets féminins porteurs de constriction scapulaire	1	1	2	1
Sujets masculins porteurs de constriction scapulaire	1	1	2	1
Sujets féminins sans constriction scapulaire	76	43	75	42
Sujets masculins sans constriction scapulaire	99	56	98	55

Tableau 97. Distribution des sujets porteurs de constriction scapulaire en fonction du sexe, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

Le caractère de la constriction scapulaire ne présenterait donc pas d'expression préférentielle chez un sexe ou l'autre dans le corpus virtuel. Il n'existe pas d'écart significatif de distribution d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 1$ et $p_D = 0,278$) entre les sujets porteurs ou non d'une constriction scapulaire, qu'ils présentent ou non des anomalies majeures de développement (tableau 98).

Anomalies majeures de développement	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs de constriction scapulaire et d'anomalies majeures	1	100	3	1
Sujets porteurs de constriction scapulaire sans anomalie majeure	0	0	0	0
Sujets sans constriction scapulaire avec anomalies majeures	0	0	124	59
Sujets sans constriction scapulaire sans anomalie majeure	0	0	84	40

Tableau 98. Distribution des sujets porteurs ou non de constriction scapulaire en fonction de la présence d'anomalies majeures de développement, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

D'après ces résultats, la constriction scapulaire ne s'exprimerait donc pas préférentiellement chez les individus porteurs d'anomalies majeures du développement. Il n'existe pas d'écarts significatifs de distribution d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 0,544$ et $p_D = 0,553$) entre les sujets porteurs ou non d'une constriction

scapulaire, qu'ils présentent ou non une côte surnuméraire cervicale (tableau 99). Le caractère de la constriction scapulaire ne serait donc pas préférentiellement associé à la présence d'une côte surnuméraire cervicale.

Présence d'une côte cervicale	G		D	
	n	%	n	%
Sujets porteurs de constriction scapulaire et de côte cervicale	1	0	0	0
Sujets porteurs de constriction scapulaire sans côte cervicale	1	0	3	1
Sujets sans constriction scapulaire et avec côte cervicale	66	32	66	32
Sujets sans constriction scapulaire et sans côte cervicale	139	67	136	66

Tableau 99. Distribution des sujets porteurs de constriction scapulaire en fonction de la présence d'au moins une côte surnuméraire cervicale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

II.4. Synthèse : anomalies de nombre du gril costal

La fréquence de l'absence de 12^e côte est élevée (10 %) comparée aux fréquences obtenues sur des corpus adultes. Le caractère est par exemple présent dans 4,8 % du corpus adulte de Verna (2013b). Malgré les précautions prises pour éviter ce type de biais, et bien que nous n'ayons pas de données de comparaisons sur des corpus adultes, il ne peut pas être complètement exclu que certaines observations sur le corpus virtuel soient induites par une reconstruction 3D imprécise. On constate toutefois que ces fréquences élevées sont comparables à celles obtenues sur d'autres corpus de sujets immatures, où cette anomalie de nombre, associée à la présence d'une côte rudimentaire, s'exprime sur 0 à 21 % des corpus. Il est difficilement envisageable qu'il existe une réelle différence de fréquence au niveau de ce trait entre les individus immatures et les adultes, différence qui indiquerait une ossification de la 12^e côte après la période périnatale et après le reste du gril costal, correspondant à la baisse de 21 % à 4,8 % environ. Il est donc possible qu'un biais méthodologique affecte les études indiquant des fréquences élevées dans les corpus de tout-petits. Des études complémentaires portant uniquement sur des supports scanners avec un très haut niveau de précision, ou sur des autopsies non virtuelles, permettraient à l'avenir de vérifier si ces fréquences sont surestimées ou non. La côte surnuméraire lombaire est quant à elle relevée à hauteur de 1 à 2 % de notre corpus. Cette fréquence correspond aux fréquences observées dans les corpus adultes - 2,8 % dans celui de Verna (2013b) – et dans la majorité de celles des études de comparaison (tableau 100) à l'exception de celle de Galis et collaborateurs (2006) qui l'observe dans 7 à 10,5 % de certains de ses échantillons.

Corpus	N	% côte manquante ou rudimentaire	% côte lombaire	Source bibliographique
Fœtus en bonne santé	367	4,1	0,84	Hershkovitz (2008)
Avortements	199	12,6	1,5	Bots <i>et al</i> (2015)
Fœtus décédés sans anomalie	48	3,5	10,5	Galis <i>et al</i> (2006)
Fœtus décédés avec anomalie mineure unique	64	1,5	1,5	Galis <i>et al</i> (2006)
Fœtus décédés avec anomalies mineures multiples	44	4,5	7	Galis <i>et al</i> (2006)
Fœtus décédés avec anomalie majeure unique	56	0	0	Galis <i>et al</i> (2006)
Fœtus décédés avec anomalies majeures multiples	235	1	7,5	Galis <i>et al</i> (2006)
Mort-nés	715	9,2	0,7	Galis <i>et al</i> (2006)
Enfants de moins de 1 an décédés à la suite d'un myeloméningocoele	112	21,4	1,8	Naik <i>et al</i> (1978)
Patients de moins de 18 ans souffrant d'asthme et de maladies infectieuses	881	5,3	0,9	Merks <i>et al</i> (2005)
Patients de moins de 18 ans souffrant de tumeurs	906	6,6	0,9	Merks <i>et al</i> (2005)

Tableau 100. Fréquences de côtes manquantes et de côtes lombaires dans la littérature, N : effectifs du corpus, % : fréquences observées

Ces fréquences comparatives doivent être considérées avec précaution dans la mesure où elles confondent l'absence de côte et la présence de côtes rudimentaires. Elles sont, de plus, très variables en fonction des études et des âges des sujets étudiés.

Synthèse

L'étude des corpus archéologique et virtuel a permis de proposer une des **premières documentations de fréquences des variations anatomiques non métriques** observables sur la classe d'âge périnatale. Elle a mené à des comparaisons de données entre le corpus archéologique et le corpus virtuel, ainsi qu'avec les données publiées sur les corpus d'adultes. Pour le corpus virtuel, le croisement de ces fréquences avec les informations issues du dossier médical (et notamment l'âge réel, le sexe ou l'état de santé) constitue un véritable atout permettant d'explorer la question des corrélations entre les caractères anatomiques et ces variables, rarement disponibles en contexte archéologique.

Une partie des observations concernait des caractères qualifiés de « **transitoires** », des VANM qui ne sont présentes que chez l'individu à certains stades de la maturation squelettique. C'est le cas de certains traits habituellement observés dans la classe d'âge, comme par exemple le processus de Kerckring. Contrairement à ce qui a pu être mis en évidence dans la littérature scientifique, l'analyse des corpus archéologique et virtuel ne met pas en évidence la présence

de cet élément sous forme d'os indépendant. Cette différence par rapport à une partie de la littérature pourrait être discutée grâce à des études sur du matériel virtuel à la précision systématiquement optimale, afin de vérifier si cette expression est due à un biais relatif au support scanner.

On compte sept caractères transitoires observés sur la *pars lateralis* dans le corpus archéologique. Il s'agit de traits apparaissant dans la moitié des cas environ (sinuosité antérieure et épine distale de la branche jugulaire), avec des variantes moins fréquentes (sinuosité postérieure et épine latérale). Le fait que la majorité de ces traits s'exprime de manière bilatérale et le fait que certains soient significativement plus fréquents parmi les sujets les plus jeunes (sinuosité postérieure côté gauche, épine distale de la branche jugulaire du côté droit et pont latéral du côté droit) appuient l'hypothèse selon laquelle il s'agit de caractères « normaux » dans le cadre des processus de maturation. Des études sur des individus immatures plus âgés seraient nécessaires afin d'identifier s'ils s'expriment également plus tard dans la croissance, et s'ils seraient donc corrélés à l'âge à l'échelle de la petite enfance. La poursuite de comparaisons entre groupes permettrait également de voir s'il existerait une variabilité inter-populationnelle au niveau de ces traits, comme une maturation différentielle entre les groupes.

Parmi les variations relatives au circuit vasculaire dans le corpus archéologique, celles touchant le canal condyloire (incomplet ou absent) demeurent rares. Même si elles n'apparaissent pas corrélées à l'âge dans le corpus archéologique, le fait qu'elles ne soient pas répertoriées parmi les VANM des adultes incite à les conserver dans le groupe des VANM transitoires. Pour le squelette infra-crânien, l'exostose du corps vertébral identifiée chez un individu (P292) pourrait également faire partie des variations relatives au circuit vasculaire, puisque le trait est parfois associé à un foramen.

Les VANM présentes à la fois chez l'individu immature et l'individu adulte ont été définies comme « **pérennes** ». On compte parmi elles, dans les deux corpus, les variations associées au gril costal (côtes surnuméraires lombaires ou cervicales, réductions, côtes bifides). Comme dans les publications antérieures portant sur les sujets immatures, on observe dans le corpus virtuel un grand nombre de cas de réduction du gril costal. D'autres études sur des reconstructions 3D à haut niveau de précision seraient nécessaires pour déterminer si les fréquences élevées observées chez les tout-petits sont effectivement compatibles avec une baisse chez les adultes (indiquant par exemple l'ossification progressive d'un cartilage présent au stade périnatal), ou s'il s'agit uniquement d'un biais de reconstruction 3D.

Les côtes surnuméraires lombaires présentent au contraire dans le corpus virtuel des fréquences comparables à celles observées chez les adultes (1 à 2 %), ce qui pourrait aller dans le sens d'une absence d'ossification ultérieure des éléments costaux au cours de l'enfance, y compris par rapport à la réduction du gril costal. L'absence de corrélation à l'âge dans le corpus virtuel est également un élément en faveur de la pérennité des traits relatifs au gril costal. Aucune expression préférentielle de la côte surnuméraire lombaire n'est, de même, identifiée en fonction du sexe, du statut de vitalité ou de la présence d'anomalies graves du développement. Le caractère de la côte surnuméraire cervicale et le lien entre sa présence et les anomalies du développement fera l'objet d'un chapitre dédié.

Parmi les traits observables sur la scapula dans les deux corpus, l'*epispinus notch* et la constriction scapulaire s'expriment majoritairement de manière bilatérale. Ils ne présentent pas d'expression préférentielle en fonction de l'âge, du sexe, du statut de vitalité ou de la présence d'anomalies majeures du développement. Pour le corpus archéologique, la constriction de la scapula n'est observée que dans la collection de Saï. Même si les différences de distribution ne sont pas significatives, la poursuite des recherches en augmentant les échantillons avec des populations différentes permettrait de discuter de l'hypothèse d'une expression préférentielle dans certains groupes populationnels. Cette hypothèse pourrait par ailleurs être appuyée par le fait que cette morphologie de la scapula est identifiée par Hrdlička (1942b) sur des séries égyptienne antique et indienne, la première étant géographiquement proche de la série de Saï dans laquelle est observé le caractère.

Même si plusieurs VANM (et notamment celles de la *pars lateralis*) apparaissent comme liées aux processus normaux de la maturation squelettique, d'autres traits sont considérés classiquement comme des indicateurs du stade d'avancement de ces processus de maturation. Ils sont parfois utilisés en complément des méthodes d'estimation d'âge dentaire et osseux, en tant qu'estimateurs d'âge complémentaires. Notre étude du corpus archéologique ainsi que du corpus virtuel nous a permis d'observer les fréquences des traits les plus courants dans la littérature scientifique, ainsi que de discuter leur variabilité d'expression en lien avec les problématiques d'estimation de l'âge.

Chapitre XI.

Indicateurs de maturation

“[...] *maturity indicators — specific features of individual bones that are universal and occur regularly in a definite, irreversible order*”(Beunen *et al.*, 2006, p. 245).

La maturation est un processus décrivant l'évolution d'un tissu, d'un organe ou d'un système depuis son apparition jusqu'à son stade de développement ultime (Beunen *et al.*, 2006). Ce processus biologique est corrélé à l'âge chronologique (*Cf. supra*, chap. I, I.1.) et varie en fonction de différents facteurs comme le tissu considéré, la variabilité individuelle, les variations séculaires ou encore les pathologies (Beunen *et al.*, 2006). Les indicateurs de maturation constituent des marqueurs des différents stades de progression vers le stade mature. Ils sont universellement présents, indépendants de la croissance en taille, et apparaissent selon un ordre constant et défini. Ils devraient donc théoriquement être identifiables de manière constante tout au long du processus de maturation, ce qui est en réalité peu fréquent, en particulier dans le cadre de la maturation squelettique et de sa séquence d'ossification (Beunen *et al.*, 2006).

L'observation des indicateurs de maturation dans le corpus archéologique et dans le corpus virtuel a pour objectif de documenter la variabilité de leur expression en fonction de différentes variables. Pour le corpus archéologique, les analyses concernent leurs fréquences générales, leur latéralité, leur distribution en fonction des échantillons ainsi que leur distribution en fonction des sous-classes d'âges établies à partir des estimations d'âges diaphysaires. Pour le corpus virtuel, un seul indicateur de maturation (les points d'ossifications de l'épiphyse distale du fémur ainsi que de l'épiphyse proximale du tibia) est observé et analysé en fonction des sous-classes d'âges établies cette fois à partir des âges chronologiques des sujets.

I. Indicateurs de maturation squelettique, corpus archéologique

I.1. Bloc crânio-facial

I.1.1. Anneau tympanique

L'anneau tympanique (*Cf. supra*, chap. II, II.2.) présente théoriquement une fusion localisée de son segment postérieur à la partie squameuse du temporal à partir de la 35^e s.a. (Anson *et al.*, 1955 ; Cunningham *et al.*, 2016). Du fait des faibles dimensions de cette zone de fusion et de sa fréquente altération taphonomique, nous ne pouvons observer la fusion isolée du pétreux de ces deux éléments dans notre corpus archéologique. Celle entre l'anneau tympanique et la partie pétreuse du temporal (figure 152), décrite dans la littérature scientifique comme ayant lieu au cours de la période périnatale sans plus de précision, a en revanche pu être étudiée (Cunningham *et al.*, 2016).



Figure 148. Exemple de fusion complète de l'anneau tympanique et du pétreux, S41, temporal gauche, vue latérale

Nous avons distingué l'absence de fusion (anneau tympanique libre), de la fusion en cours (rebord semi fusionné ou ligne de fusion encore très fortement visible), de la fusion complète (anneau complètement soudé à la partie pétreuse du temporal). La cotation est effectuée à gauche et à droite chez les individus observables.

- **Fréquences générales**

Dans l'ensemble du corpus observable (tableau 101), les 2 éléments osseux sont en cours de fusion ou fusionnés dans la moitié des cas environ (43 % du côté droit et 51 % à gauche). La fusion complète reste cependant rare dans le corpus (entre 3 à 6 % des cas). Le stade de séparation complète des deux éléments, observé dans la moitié des cas, est légèrement plus fréquent du côté droit (57 %).

Stade de maturation	G				D			
	n		%		n		%	
Absence de fusion	20		50		28		57	
Fusion en cours	19	20	48	51	18	21	37	43
Fusion complète	1		3		3		6	
Total	40		/		49		/	

Tableau 101. Fusion de l'anneau tympanique et de la partie squameuse du temporal dans le corpus archéologique (trois échantillons confondus), n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

- **Latéralité**

Pour la majorité des 36 individus observables des deux côtés (86 % des sujets), le stade de maturation est identique à gauche et à droite (tableau 102). Seuls 5 individus présentent une dissymétrie avec une fusion en cours ou complète d'un côté, et absente de l'autre.

Latéralité	Stade de maturation	G		D	
		n	%	n	%
Symétrie	Fusion complète ou en cours à G et à D	14	39	31	86
	Absence de fusion des deux côtés	17	47		
Dissymétrie	Fusion d'un côté uniquement	4	11	5	14
	Absence de fusion d'un côté et fusion complète de l'autre	1	3		

Tableau 102. Latéralité de la fusion entre l'anneau tympanique et de la partie squameuse du temporal dans le corpus archéologique, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite

- **Distribution par échantillon**

La distribution des stades de maturation observés est homogène entre les échantillons et entre les côtés gauche et droit (tableau 103). Même si les résultats doivent être nuancés par rapport aux effectifs réduits dans les échantillons médiévaux, on constate une absence de fusion entre un tiers et la moitié des cas (tableau 103).

Côté	Stade	Saï		Provins		Blandy	
		n	%	n	%	n	%
G	Absence de fusion	12	55	5	42	3	38
	Fusion en cours	9	41	6	50	4	50
	Fusion complète	1	5	1	8	1	13
D	Absence de fusion	15	58	8	57	5	56
	Fusion en cours	10	38	5	36	3	33
	Fusion complète	1	4	1	7	1	11

Tableau 103. Fusion entre l'anneau tympanique et de la partie squameuse du temporal entre les différentes séries du corpus archéologique, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite

Dans la mesure où ces différences de distribution ne sont pas statistiquement significatives (pG = 0,771 et pD = 1), nous privilégions l'hypothèse que ces écarts de fréquences entre les échantillons seraient dus aux différences d'effectifs observables.

- **Distribution par sous-classes d'âge**

Aucune fusion de l'anneau tympanique au pétreux n'a été identifiée dans la sous-classe des grands-prématurés (tableau 104). Le stade de fusion des éléments osseux, même s'il a été identifié dans la sous-classe des prématurés légers, n'est devenu majoritaire que dans la sous-classe des nourrissons. Une variabilité importante est identifiée dans la sous-classe des sujets périnataux stricts avec la présence d'éléments osseux fusionnés, même si le stade de séparation était encore majoritaire (tableau 104).

Côté	Stade de maturation	GP		PL		PS		N	
		n	%	n	%	n	%	n	%
G	Absence de fusion	2	100	2	100	12	57	4	27
	Fusion en cours	0	0	0	0	10	48	4	27
	Fusion complète	0	0	0	0	0	0	3	20
D	Absence de fusion	4	100	3	75	16	57	5	38
	Fusion en cours	0	0	1	25	1	4	7	54
	Fusion complète	0	0	0	0	0	0	1	8

Tableau 104. Fusion entre l'anneau tympanique et la partie squameuse du temporal entre les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, G : gauche, D : droite

Cette diversité est encore présente dans la sous-classe des nourrissons, puisque cinq individus présentent encore un stade d'absence de fusion. Ces différences de distribution entre les sous-classes d'âge sont statistiquement significatives d'après le test de Student pour données non appariées pour le côté gauche ($p_G = 0,025$), mais pas pour le côté droit ($p_D = 0,164$), ce qui semble à mettre en rapport avec les faibles effectifs observables.

I.1.2. Fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal

La partie squamo-tympanique et la partie pétreuse du temporal (figure 153) fusionnent d'après la littérature scientifique entre la période périnatale et 6 mois post-partum (Cunningham *et al.*, 2016).

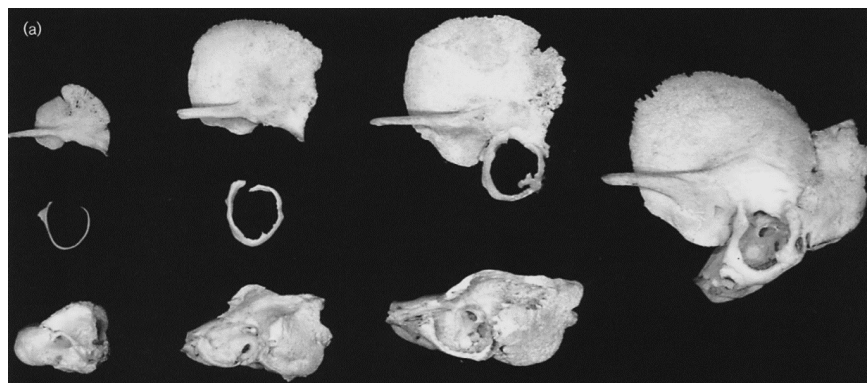


Figure 149. Développement de l'os temporal, de gauche vers la droite à 5 mois lunaires, 8 mois lunaires, à la naissance et vers 6 mois post-natal, d'après Scheuer et Black (2000, p. 78)

La fusion entre ces deux parties a été cotée dans le corpus archéologique selon deux stades, le stade d'absence de fusion (a) et le stade de fusion (b).

- **Fréquences générales**

La majorité des individus observables dans notre échantillon (entre 58 et 62 %) présente une absence de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal, mais de 40 % d'entre eux environ (nG = 13 et nD = 17) présentent déjà une fusion en cours (tableau 105).

Stade	G		D	
	n	%	n	%
a	21	62	23	58
b	13	38	17	43
total	34	/	40	/

Tableau 105. Stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans le corpus archéologique ; a : absence de fusion, b : fusion, n : effectif, % : fréquence dans le corpus observable, G : gauche, D : droite

- **Latéralité**

Tous les individus de notre corpus observables du côté gauche et du côté droit présentent des stades de fusion symétriques entre leur temporal gauche et leur temporal droit (tableau 106).

Stades G - D	n	%
a - a	17	61
a - b	0	0
b - a	0	0
b - b	11	39
total	28	/

Tableau 106. Symétrie et dissymétrie des stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans le corpus archéologique ; a : absence de fusion, b : fusion ; n : effectif, % : fréquence dans le corpus observable, G : gauche, D : droite

- **Distribution par échantillon**

Les individus de la série de l'île de Saï présentent une fusion entre l'écaïlle temporale et le pétreux dans 50 % des cas (tableau 107), tandis que les sujets des séries de Provins et Blandy présentent dans plus de cas une absence de fusion (entre 62 et 100 % des temporaux observables), et cela avec des effectifs du même ordre (entre n = 5 et n = 18 par série et par côté). Ces différences de distribution entre les échantillons sont proches de la significativité pour le côté gauche (pG = 0,07), mais pas pour le côté droit (pD = 0,558). Ces résultats sont préférentiellement mis en lien avec des distributions par âge inégales en fonction des échantillons.

Stade	Saï				Provins				Blandy			
	G		D		G		D		G		D	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
a	7	47	9	50	8	62	10	62	6	100	4	80
b	8	53	9	50	5	38	7	38	0	0	1	20
Total	15	/	18	/	13	/	17	/	6	/	5	/

Tableau 107. Stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans les différentes séries du corpus archéologique ; n : effectif, % : fréquence dans chacun des échantillons ; a : absence de fusion, b : fusion, G : gauche, D : droite

- **Distribution par sous-classe d'âge**

Les individus des sous-classes d'âges des grands prématurés et prématurés légers ne présentent pas dans le corpus archéologique de fusion de l'écaïlle temporale et du pétreux, à la différence des sous-classes d'âges des sujets périnataux stricts et des nourrissons (tableau 108).

Stade	GP				PL				PS				N			
	G		D		G		D		G		D		G		D	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
a	3	100	3	100	2	100	3	100	16	76	15	68	0	0	2	17
b	0	/	0	/	0	/	0	/	5	24	7	32	8	100	10	83
Total	3	/	3	/	2	/	3	/	21	/	22	/	8	/	12	/

Tableau 108. Stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique ; a : absence de fusion, b : fusion, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons, n : effectif, n obs. : effectif observé, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, G : gauche, D : droite

Entre un quart et un tiers des sujets périnataux stricts expriment une fusion des deux parties du temporal. Les fréquences des cas de fusion augmentent jusqu'à atteindre 83 à 100 % des individus de la sous-classe des nourrissons. Ces différences de distributions entre les sous-classes d'âge sont, comme attendu, hautement significatives d'après le test exact de Fisher pour données non-appariées ($p_G = 9,8 \times 10^{-5}$ et $p_D = 0,002$). D'après nos observations, l'intervalle décrit par Scheuer et Black (2016) pourrait donc être réduit, puisqu'il apparaît que la majorité de sujets présente une fusion avant 2 mois post-partum. Des études complémentaires incluant des sujets immatures plus âgés seraient nécessaires pour confirmer ces observations.

I.1.3. Fermeture du canal hypoglosse

Le canal hypoglosse (*Cf. supra*, chap. II, II.1.) est formé par l'articulation progressive de la branche jugulaire et de la branche condyloire de la *pars lateralis* (figure 154), fermeture issue de la formation d'une extension de la branche condyloire (Cunningham *et al.*, 2016). Même si cette fermeture survient entre 1 et 3 ans selon Scheuer et Black (2016), l'observation de canaux presque complètement formés dans notre corpus nous amène à prendre en compte cet indicateur de maturation. Le stade de formation du canal hypoglosse est observé pour le côté gauche et le côté droit de chaque *pars lateralis* observable, le stade (a) étant attribué en cas d'écart entre les branches, le stade (b) en cas de contact entre les deux.

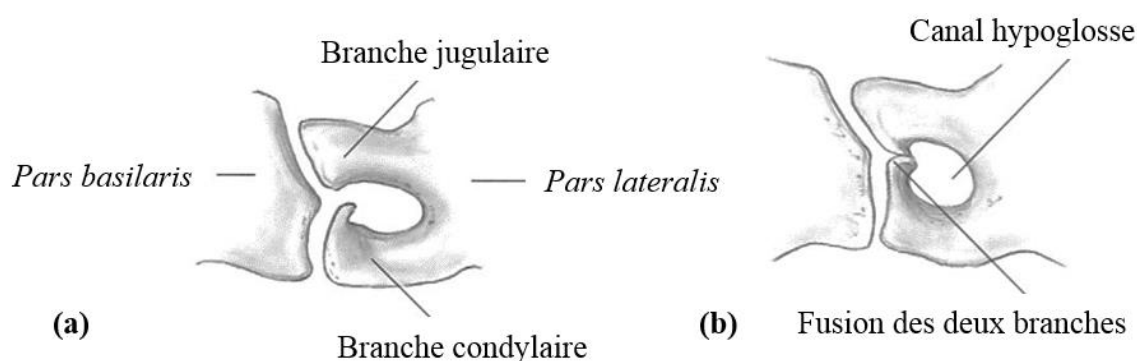


Figure 150. Stades de fermeture du canal hypoglosse, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 56)

- **Fréquences Générale**

Le canal hypoglosse dans le corpus archéologique était majoritairement non fermé, c'est-à-dire au stade (a) dans 95 % des cas. Le stade (b) n'a été observé que pour deux individus, S11 et S73, tous deux appartenant à la sous-classe d'âge des nourrissons (tableau 109).

Stade	G		D	
	n	%	n	%
a	35	95	35	95
b	2	5	2	5
Total observable	37	/	37	/

Tableau 109. Fermeture du canal hypoglosse dans le corpus archéologique ; a : absence de fermeture, b : fermeture, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite

- **Latéralité**

Dans 100 % des cas observables des deux côtés, les canaux hypoglosses du côté gauche et du côté droit sont au même stade de développement (tableau 110).

Stades G / D	n	%
a - a	30	94
b - b	2	6
a - b	0	0
b - a	0	0
n observable des deux côtés	32	/

Tableau 110. Symétrie et dissymétrie de l'expression du canal hypoglosse dans le corpus archéologique ; a : absence de fermeture, b : fermeture, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite

- **Distribution par échantillon**

Les seuls individus présentant un canal hypoglosse de stade b (tableau 111), S11 et S73, appartiennent à la série de Saï (n = 2).

Stade	Saï				Provins				Blandy			
	G		D		G		D		G		D	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
a	23	92	22	92	9	100	11	100	3	100	2	100
b	2	8	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0
total	25	/	24	/	9	/	11	/	3	/	2	/

Tableau 111. Modalités du canal hypoglosse dans les différentes séries du corpus archéologique ; a : absence de fermeture, b : fermeture, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite

- **Distribution par sous-classes d'âge**

Les deux seuls individus présentant un canal hypoglosse de stade b appartiennent à la sous-classe des nourrissons (tableau 112). Les écarts de distribution entre les classes d'âges ne sont pas statistiquement significatifs, (pG = 0,233 et pD = 0,472), certainement en raison des faibles effectifs observés dans les sous-classes d'âge, puisque le lien entre le stade de maturité et l'âge est biologiquement avéré.

Stade	GP				PL				PS				N			
	G		D		G		D		G		D		G		D	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
a	2	100	3	100	0	/	0	/	21	100	19	100	11	85	13	93
b	0	0	0	0	0	/	0	/	0	0	0	0	2	15	1	7
Total	2		3	/	0	/	0	/	21	/	19	/	13	/	14	/

Tableau 112. Modalités du canal hypoglosse dans les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; a : absence de fermeture, b : fermeture, G : gauche, D : droite

Le système de notation que nous avons pris en compte ne permet toutefois pas d'estimer précisément le stade de courbure du canal hypoglosse avant sa fermeture complète. Selon nos observations, quatre individus sont porteurs d'un canal hypoglosse de stade (a) très avancé, voire presque fermé. Il s'agit de deux nourrissons (B102 et P285) ainsi que de deux sujets périnataux stricts (P207 et P215). Il existerait donc une importante variabilité au niveau de la

formation du canal hypoglosse au sein d'une même classe d'âge, voire à l'échelle de la première enfance. Un système de cotation plus précis permettrait à l'avenir de mieux documenter cette diversité.

I.2. Squelette infra-crânien : points d'ossifications secondaires de Béclard et de Todd

Les points d'ossification de l'épiphyse distale du fémur (point de Béclard) et de l'épiphyse proximale du tibia (point de Todd, figure 155) sont classiquement utilisés comme indicateurs du terme (Paturet, 1951a). Leur dénombrement dans notre corpus a été réalisé par individu, la latéralisation étant difficile en l'absence de conservation stricte de leur position *in situ*. Leur cotation dans le corpus archéologique sont extrêmement dépendantes des atteintes taphonomiques, de la qualité de la fouille et du type de dépôt (les éléments sont plus facilement retrouvés dans le cas de squelettes en place sans distorsion). Ces points d'ossification ont été identifiés sur 8 individus du corpus archéologique (tableau 113), qui appartiennent tous aux sous-classes d'âges les plus hautes (sujets périnataux stricts et nourrissons).

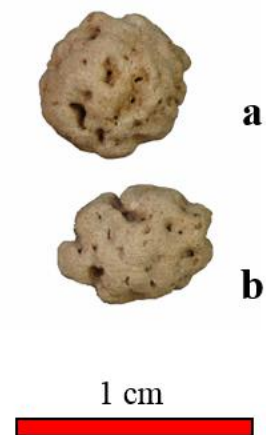


Figure 151. a : point de Béclard ; b : point de Todd

Si l'observation de ce critère dans le corpus archéologique n'apporte pas de réelle information sur la variabilité d'apparition de ces points d'ossification, des fréquences ont en revanche pu être calculées par rapport à l'âge réel dans le corpus virtuel.

Individu	Sous-classe d'âge	Nombre de points d'ossification
S11	Nourrisson	1
S26	Périnatal strict	2
S37	Nourrisson	1
S41	Nourrisson	3
S43	Nourrisson	1
P217	Nourrisson	2
P233	Nourrisson	2
B67	Périnatal strict	2

Tableau 113. Points d'ossification observés dans le corpus archéologique

II. Indicateurs de maturation squelettique dans le corpus virtuel : le point de Béclard et le point de Todd

La cotation de la présence des points d'ossification de Béclard et de Todd a pu être réalisée dans le corpus virtuel, pour lequel nous n'étions pas confrontée aux biais de représentation du corpus archéologique. Les points étaient bien identifiables sur les reconstructions 3D (figure 156).

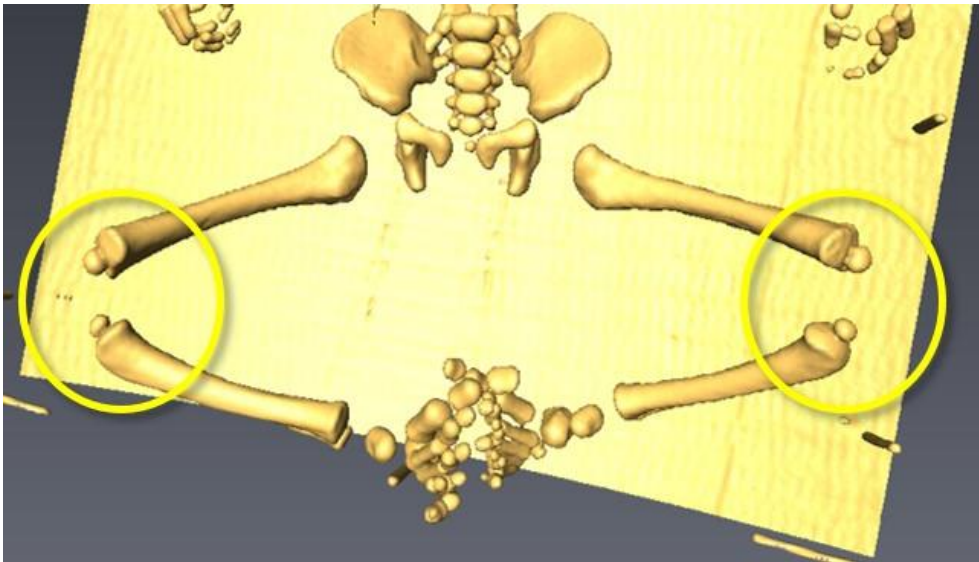


Figure 152. Exemple de points de Béclard et de Todd, individu M34

II.1. Fréquences générales

En ce qui concerne les sujets d'âge compris entre 24 et 34 s.a., la plupart (89 %) est dénuée de points d'ossification (tableau 114), mais 11 % d'entre eux en présentent déjà un (le point de Béclard).

Côté	Sous-classes (s.a.)	Nombre de points d'ossification						Total n
		0		1		2		
		n	%	n	%	n	%	n
G	24 / 34	160	89	19	11	0	0	179
	35 / 37	22	50	17	39	5	11	44
	38 / 42	6	24	14	56	5	20	25
	Total	188	/	50	/	10	/	248
D		0		1		2		
		n	%	n	%	n	%	n
	24 / 34	161	89	19	11	0	0	180
	35 / 37	20	47	18	42	5	12	43
	38 / 42	7	28	13	52	5	20	25
Total	50	/	50	/	10	/	248	

Tableau 114. Fréquences des points d'ossification dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel du côté gauche et du côté droit ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, G : gauche, D : droite

La moitié des sujets d'âge compris entre 35 et 37 s.a. n'en présente aucun, alors que 39 à 42 % en ont un, et 11 à 12 % en présentent deux. Entre 38 et 42 s.a., environ un quart des sujets n'ont pas encore de point d'ossification, 52 à 56 % en ont un, et entre 20 et 25 % présentent les deux points d'ossification. Ces différences de distribution du nombre de points d'ossification en fonction des sous-classes d'âge sont, comme attendu, hautement significatives ($p = 9,5. 10^{-16}$). Ces fréquences confirment toutefois la très grande variabilité inter-individuelle d'apparition de ces critères de maturation. **Les points de Béclard, tout comme les points de Todd, ne peuvent donc définitivement pas être utilisés comme marqueur du terme en contexte archéologique.**

II.2. Latéralité

Les cas de symétrie sont majoritaires (98,8 %, tableau 115), et les cas de dissymétrie ne présentent jamais un écart de plus d'un stade (du type 0-2).

Modalité	G - D	Individus		Total
		n	%	%
Symétrie	0-0	186	75	98,8
	1-1	49	19,8	
	1-2	10	4,0	
Dissymétrie	1-0	1	0,4	1,2
	0-1	2	0,8	
	0-2	0	0	
	2-0	0	0	
	1-2	0	0	
	2-1	0	0	
	Total observable	248	/	

Tableau 115. Symétrie et dissymétrie des points d'ossification dans le corpus virtuel ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droite

II.3. Corrélation avec les données médicales

L'accès aux données du dossier médical permet de tester la significativité des différences de distribution des points d'ossification en fonction des sous-classes d'âge et d'un facteur supplémentaire (ici le sexe, l'état de vitalité et la morbidité). L'existence de différences de croissance et de maturation osseuse en fonction des sexes est en effet documentée dans la littérature (Garn *et al.*, 1966 ; Mayhall, 1992 ; Cunningham *et al.*, 2016), et cela dès la période fœtale (Choi et Trotter, 1970 ; Pedersen, 1982). Durant la période post-natale, la maturation apparaît comme plus rapide chez les individus féminins que chez les individus masculins (Pyle et Hoerr, 1955 ; Brodeur *et al.*, 1981).

La question s'est donc posée de déterminer si la maturation des points d'ossification était différente entre les sujets féminins et masculins. De la même manière, l'hypothèse d'une maturation différente de ces points entre les sujets vivants et décédés, de même qu'entre les sujets porteurs d'anomalies majeures et sans anomalie majeure diagnostiquée, a pu être testée. L'analyse a été réalisée *via* des modèles log-linéaires (Christensen, 2006), grâce auxquels il est possible de tester l'influence d'un facteur (ici alternativement le sexe, la vitalité ou la morbidité) sur la liaison entre deux autres facteurs (ici la sous-classe d'âge et le nombre de points d'ossification). L'analyse comprend trois étapes :

- (i) Élaboration d'un modèle complet testant la dépendance entre les trois facteurs
- (ii) Élaboration d'un modèle réduit testant l'influence de l'un de ses facteurs sur la relation entre les deux autres
- (iii) Un test entre modèles emboîtés permettant de savoir si le modèle réduit décrivait aussi bien les données que le modèle complet.

La distribution des points d'ossification a été tout d'abord analysée en fonction des sous-classes d'âge et du sexe des individus (tableau 116).

Sexe	Côté	Sous-classes d'âge (s.a.)	Nombre de points d'ossification						Total
			0		1		2		
			n	%	n	%	n	%	
F	G	24 / 34	54	92	5	8	0	0	59
		35 / 37	6	38	6	38	4	25	16
		38 / 42	2	20	5	50	3	30	10
		Total individus	62	/	16	/	7	/	85
	D	24 / 34	55	92	5	8	0	0	60
		35 / 37	6	40	5	33	4	27	15
		38 / 42	2	20	5	50	3	30	10
		Total individus	63		15	/	7	/	85
M	G	24 / 34	73	89	9	11	0	0	82
		35 / 37	6	38	6	38	4	25	16
		38 / 42	3	25	7	58	2	17	12
		Total individus	82	/	22	/	6	/	110
	D	24 / 34	73	89	9	11	0	0	82
		35 / 37	6	40	5	33	4	27	15
		38 / 42	4	33	6	50	2	17	12
		Total individus	83	/	20	/	6	/	109

Tableau 116. Distribution des points d'ossification en fonction du sexe et des différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel, F : sujets féminins, M : sujets masculins, ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droite

Les résultats des tests de modèles log-linéaires ne sont pas significatifs ($pG = 0,937$ et $pD = 0,856$). Ces résultats tendent à aller à l'encontre de l'hypothèse d'une maturation différentielle des points d'ossification de Béclard et de Todd en fonction du sexe. La distribution des points d'ossification a ensuite été analysée en fonction des sous-classes d'âge et de l'état de vitalité des sujets (tableau 117).

Côté	Sous-classes	Nombre de points d'ossification						Total
		0		1		2		
		Décédé	Vivant	Décédé	Vivant	Décédé	Vivant	
G	24 / 34	86	61	26	15	5	3	117
	35 / 37	3	18	2	4	2	0	7
	38 / 42	1	12	0	4	0	0	1
	Total individus	90	91	28	23	7	3	125
D	24 / 34	87	60	25	16	5	3	117
	35 / 37	3	18	2	4	2	0	7
	38 / 42	1	12	0	4	0	0	1
	Total individus	91	90	27	24	7	3	125

Tableau 117. Distribution des points d'ossification en fonction des sous-classes d'âge et de l'état de vitalité ; G : gauche, D : droite

Les résultats des tests de modèles log-linéaires ne sont pas significatifs ($pG = 0,079$). D'après ces résultats, aucune maturation différentielle des points d'ossification de Béclard et de Todd n'est identifiée entre les sujets vivants et les sujets décédés en période périnatale. La distribution des points d'ossification est également analysée entre les sujets porteurs d'anomalies majeures du développement et les sujets pour lesquels aucune anomalie majeure n'a été identifiée (tableau 118).

Côté	Sous-classes	Nombre de points d'ossification						Total
		0		1		2		
		P.	A.	P.	A.	P.	A.	
G	24 / 34	95	52	29	12	5	3	129
	35 / 37	6	16	2	4	2	0	10
	38 / 42	2	11	0	4	0	0	2
	Total	103	79	31	20	7	3	141
D	24 / 34	96	51	28	13	5	3	129
	35 / 37	6	16	2	4	2	0	10
	38 / 42	0	0	0	0	0	0	0
	Total	102	67	30	17	7	3	139

Tableau 118. Distribution des points d'ossification en fonction des sous-classes d'âge et de l'état de morbidité, P. : présence d'anomalies majeures, A. : absence d'anomalies majeures

Les résultats des tests de modèles log-linéaires ne sont, là encore, pas significatifs ($pG = 0,72$). Aucune maturation différentielle des points d'ossification de Béclard et de Todd n'est donc identifiée dans le corpus virtuel entre les sujets porteurs d'anomalies majeures et les sujets sur lesquels aucune anomalie majeure n'a été diagnostiquée.

Synthèse

Les indicateurs de maturation marquent les différents stades de progression des processus de maturation osseuse. Ils apparaissent selon un ordre constant et défini, ce qui leur confère une utilité dans les questions d'estimation de l'âge pour les individus immatures. L'étude du corpus archéologique et du corpus virtuel permet de documenter la variabilité de ces marqueurs dans la classe d'âge des sujets en période périnatale, qu'ils soient décédés ou non.

La fusion de l'anneau tympanique au pétreux commence, d'après la littérature scientifique, à partir de la 35^e semaine d'aménorrhée, ce qui correspond à nos observations dans le corpus archéologique. Les sujets présentent majoritairement des éléments en cours de fusion, et la fusion complète est réservée aux sujets les plus âgés, appartenant à la sous-classe des nourrissons. Toujours d'après la littérature scientifique, la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal fusionnent quant à elles entre la naissance et 6 mois post-partum. D'après nos résultats, 40 % environ du corpus archéologique présentent déjà une fusion entre ces deux éléments. La fusion est par ailleurs observée chez 83 à 100 % de la sous-classe des nourrissons, ce qui pourrait permettre de discuter, voire réduire, l'intervalle proposé dans la littérature scientifique. L'étude de sujets immatures plus âgés pourrait confirmer que cette fusion intervient plutôt dans les deux à trois mois post-partum.

La fermeture du canal hypoglosse de la *pars lateralis* survient entre 1 et 3 ans selon Scheuer et Black (2016). L'observation d'une fermeture chez les sujets S11 et S73 (appartenant tous deux à la sous-classe des nourrissons), de même que la présence de stades avancés chez deux individus classés parmi les sujets « périnataux stricts » invite également à rediscuter cet intervalle, l'événement pouvant survenir bien avant 1 an.

La présence des points d'ossification secondaires des épiphyses distale du fémur (point de Béclard) et proximale du tibia (point de Todd) est observée dans le corpus virtuel. D'après nos résultats, ces indicateurs (dont le point de Béclard classiquement utilisé comme indicateur du terme) présentent une grande variabilité au sein de la classe d'âge des sujets en période périnatale. Parmi les sujets les plus jeunes (avant 34 semaines d'aménorrhée), 11 % présentent déjà un point d'ossification secondaire, tandis que 11 à 12 % des sujets entre 35 et 37 s.a. en ont deux. Entre 38 et 42 s.a., près d'un quart des sujets ont déjà les deux points d'ossification. Ces résultats confirment que, du fait de leur variabilité, ces indicateurs de maturation ne peuvent pas être utilisés comme des estimateurs précis de la période du terme. Aucune maturation

différentielle des points de Béclard et Todd n'est identifiée en fonction du sexe dans le corpus virtuel, ce qui ne va pas dans le sens des observations selon lesquelles les sujets féminins connaîtraient une maturation plus rapide que les sujets masculins. De même, aucune maturation différentielle n'est observée en fonction du statut de vitalité ou de la présence d'anomalies majeure du développement, ce qui suggère que ces indicateurs ne seraient apparemment pas influencés de manière significative par l'état sanitaire de l'individu.

Comme exposé précédemment, les questions relatives à la variabilité des VANM et indicateurs de maturation demeurent nombreuses. Même les marqueurs classiquement évoqués dans la littérature scientifique ne font pas l'objet de consensus quant à leur intervalle de présence, ce qui amène à discuter leur valeur en tant qu'estimateur d'âge. Pour les VANM, leurs fréquences restent peu approfondies et leur origine difficile à identifier. L'étude biologique permet toutefois de progresser sur ces points, voire même d'identifier de nouvelles variations non métriques non documentées jusqu'alors. C'est le cas pour une variation inédite, la perforation de la paroi linguale de l'incisive supérieure, dont l'étude dans le corpus archéologique fait l'objet du chapitre suivant.

Chapitre XII.

Variabilité non métrique inédite et ontogénèse : la perforation de la paroi linguale des germes des incisives supérieures

“Dental anomalies are caused by complex multifactorial interactions between genetic, epigenetic and environmental factors during the long process of dental development. This process is multilevel, multidimensional and progressive” (Brook, 2009, p. 4).

L'étude biologique du sujet néandertalien décédé en période périnatale du Moustier 2 a permis la découverte en 2006 par B. Maureille d'une variation dentaire totalement inédite s'exprimant macroscopiquement sous la forme d'une perforation de la paroi linguale des germes de trois des quatre incisives supérieures (communication au colloque de l'*European Society for the study of Human Evolution* en 2011). L'analyse comparative avec l'un des sujets kerma de la série de l'île de Saï a ensuite mené à l'identification d'un trait comparable sur au moins une des trois dents du sujet moderne, la quatrième n'étant pas conservée. La recherche et la documentation de ce trait ont été poursuivies dans notre étude du corpus archéologique.

Le développement des germes est soumis à de fortes pressions génétiques dans la lignée des Mammifères (Thesleff et Nieminen, 1996 ; Thesleff, 2006). L'existence d'une perforation de la totalité de l'épaisseur d'une des faces de la dent est un phénomène, en théorie, ontogéniquement et anatomiquement impossible. La présence de ce trait sur des structures dont le développement est très précoce au cours de la vie fœtale, de même que le fait qu'il soit partagé à la fois par un homme moderne et un néandertalien, apparaissent comme particulièrement étonnantes.

Plusieurs caractères dentaires, comme la forme en pelle des incisives ou le taurodontisme des molaires, sont déjà connus comme étant communs aux deux taxons (*e.g.* Maureille, 2007). L'identification d'un nouveau trait présent dès le stade fœtal amène toutefois de nouveaux éléments de discussion quant à l'étude de la variabilité humaine et des écarts biologiques entre les lignées. Ces particularités ont constitué le point de départ de notre étude exploratoire, laquelle a eu trois objectifs :

- (i) documenter la morphologie du caractère et valider le fait qu'il s'exprime de la même manière chez les individus concernés,
- (ii) documenter ses fréquences d'apparition dans le corpus archéologique,
- (iii) discuter son origine et proposer des hypothèses quant à son étiologie.

I. Matériel et méthodes

L'étude du caractère a été réalisée à partir du corpus archéologique (séries de Saï, Provins et Blandy) ainsi que grâce aux données acquises par B. Maureille sur le sujet néandertalien décédé en période périnatale du Moustier 2 (figure 157).

Ce dernier est issu du site de l'abri inférieur du Moustier (Dordogne, France), qui a fait l'objet de fouilles archéologiques par D. Peyrony entre 1912 et 1914 (Maureille, 2002), puis par B. Gravina en 2014 (Gravina *et al.*, 2016). En 1996, une étude des ossements isolés ainsi que des blocs extraits de la couche moustérienne lors de cette fouille a permis de redécouvrir les restes d'un néandertalien mort en période périnatale dont l'existence avait été signalée dans les notes de D. Peyrony, avant qu'ils soient mentionnés comme égarés (Heim, 1976 ; Maureille, 2002). Le squelette dégagé des blocs se caractérise pourtant par une représentation et une conservation remarquables (figure 157). La stature de l'individu a été estimée entre 50 et 52 cm, son âge diaphysaire, à partir du fémur, à environ 10,7 mois lunaires, soit 42,8 s.a. (Maureille, 2002). Ses germes dentaires sont tous conservés, à l'exception de trois molaires déciduales. Pour notre étude, nous avons eu accès à la documentation photographique ainsi qu'aux micro-scanners réalisés sur les incisives par le *Department of Human Evolution, Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology* (Leipzig, Allemagne)²³.

Dans notre corpus archéologique, les caractéristiques externes du caractère ont été recherchées macroscopiquement à l'œil nu et à la loupe binoculaire sur toutes les incisives conservées. Les dents porteuses de la perforation ont fait l'objet d'une documentation

²³ Acquisition des images *Max Planck Institute*, Skyscan 1172

photographique (logiciel *Helicon focus*²⁴) ainsi que d'un examen micro-scanner (micro-scanner *General Electrics V/Tome/x s*²⁵).

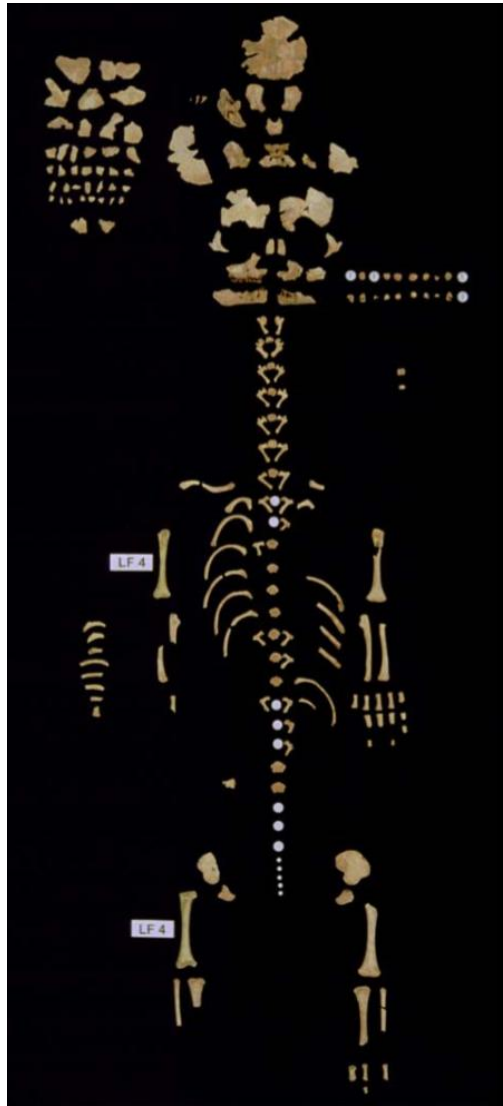


Figure 153. Squelette du sujet néandertalien du Moustier 2, photo B. Maureille

II. Résultats

II.1. Fréquences

II.1.1. Sujet néandertalien du Moustier 2

Trois des quatre incisives supérieures (incisive centrale droite, incisives latérales gauche et droite) du sujet néandertalien présentent des perforations de la paroi linguale identifiables macroscopiquement. Pour les trois dents, elle s'ouvre au niveau d'un relief.

²⁴ Acquisition des images M. Bessou, UMR 5199 PACEA

²⁵ Acquisition scanner R. Ledevin, UMR 5199 PACEA, UMS PLACAMAT : Plateforme Aquitaine de Caractérisation des MATériaux, UMS 3626

Sur la face équivalente au niveau de la chambre pulpaire, on observe également un relief de dentine et une ouverture. Deux germes en expriment une seule, mais l'incisive latérale droite présente deux foramens superposés sur la face linguale. Le trait est localisé approximativement au niveau de la moitié de la hauteur maximale de la couronne, nettement plus à proximité du bord distal, vers le quart latéral de la largeur du germe (figure 158).

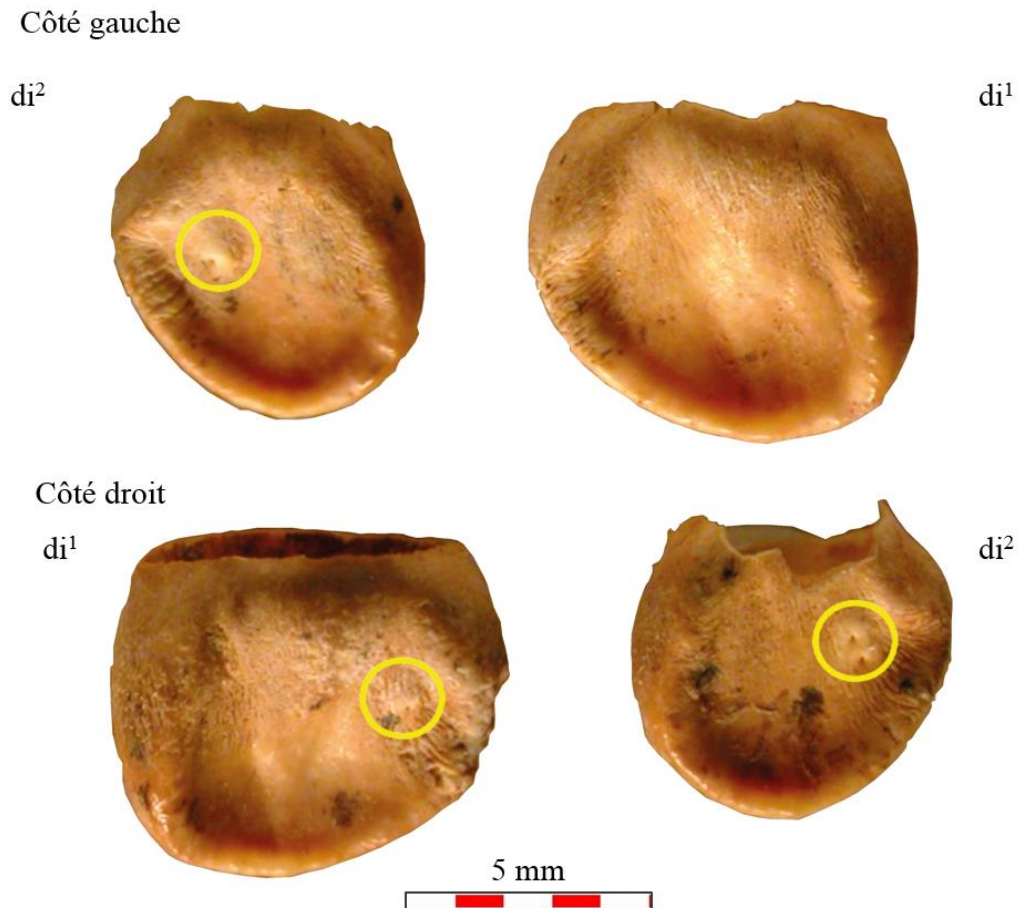


Figure 154. Germes des incisives du sujet néandertalien du Moustier 2, vue linguale, photos B. Maureille

II.1.2. Corpus archéologique

Le trait a été recherché macroscopiquement à l'œil nu et à la loupe binoculaire dans le corpus archéologique sur toutes les incisives conservées et nettoyées. Le trait a été identifié sur deux incisives centrales supérieures droites (individus S41 et S27) et une incisive centrale supérieure gauche (individu S66) dans l'ensemble du corpus archéologique (tableau 119). Cela correspond, dans le corpus observable, à une fréquence de moins de 6 % pour l'incisive centrale droite, et à une fréquence de 2,5 % pour l'incisive centrale gauche. Les germes porteurs de la perforation appartiennent chacun à un individu de la collection kerma de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï, le sujet S41 (âge central diaphysaire estimé à 42 s.a.), le sujet S27 (âge central

diaphysaire estimé à 46 s.a.), et le sujet S66 (âge central diaphysaire estimé à 43,5 s.a.). Le critère n'est pas observé dans les deux collections médiévales.

Germe	n observable	n trait	Détails						
			Sai		Provins		Blandy		
			total	n	total	n	total	n	
SUP	di2 D	32	0	17	0	9	0	6	0
	di1 D	34	2	18	2	11	0	5	0
	di1 G	40	1	19	1	13	0	8	0
	di2 G	34	0	17	0	11	0	6	0
INF	di2 D	36	0	17	0	11	0	8	0
	di1 D	35	0	14	0	12	0	9	0
	di1 G	36	0	16	0	13	0	7	0
	di2 G	36	0	19	0	10	0	7	0

Tableau 119. Détails des germes dentaires observés et des germes dentaires porteurs d'une perforation linguale, n : effectifs, d : dent déciduale, G : gauche, D : droit

À l'exception de fragments de molaires et de canines, seule l'incisive porteuse du trait est conservée pour le sujet S27. Pour le sujet S41 sont présentes les incisives centrales gauches supérieure et inférieure ainsi que les incisives latérales supérieures droites et inférieures droites et gauches. Pour le sujet S66 sont conservées également les incisives supérieures centrales et latérales droites, les incisives centrales et latérales inférieures gauche, les autres incisives supérieures et inférieures étant représentées mais mal conservées.

Le germe d'incisive de S66 étant mal conservé, sa perforation n'a dans un premier temps pas été identifiée lors de notre étude du matériel, ce qui explique qu'elle n'ait pas été incluse dans la documentation photographique et la documentation scanner. Les analyses suivantes se fondent donc sur les germes de S27 et S41, tous deux très bien conservés.

II.2. Analyse morphologique du trait

II.2.1. Étude macroscopique

Chez les deux individus kermas comme chez l'individu néandertalien, le trait se caractérise par un foramen de moins de 0,5 mm de diamètre orienté inféro-supérieurement, visible macroscopiquement au sommet d'un relief bien plus important de l'émail de la face linguale (figure 160).

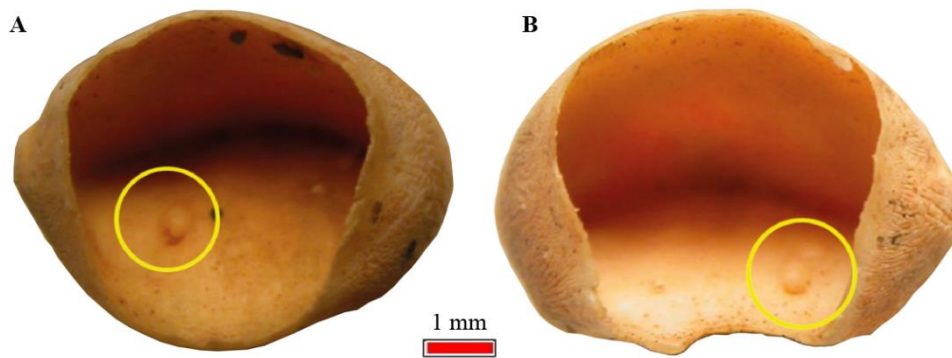


Figure 156. Germes du sujet néandertalien du Moustier 2, A : incisive supérieure latérale gauche, B : incisive supérieure latérale droite, vue interne, photos B. Maureille

La structure est chaque fois localisée approximativement au niveau de la moitié de la hauteur de la couronne, légèrement plus près du collet, et elle est excentrée vers le bord distal (figure 159).

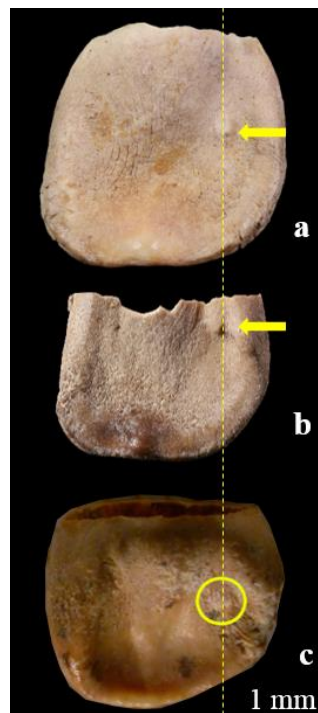


Figure 155. Localisation identique du trait par rapport à l'axe vertical des germes ; a : incisive centrale sup. droite, S27, b : incisive centrale sup. droite, S41, c : incisive centrale sup. droite, le Moustier 2.

Elle se situe longitudinalement au même niveau sur chacune des dents. Pour toutes les dents porteuses du trait, le foramen avec renflement de la face linguale correspond à un renflement et à un foramen au niveau de la face interne du germe (figure 161 et figure 162). Le foramen s'ouvre alors vers le collet, il semble avoir un diamètre voisin de celui de la face linguale. Il se situe à la base du relief (figure 162).

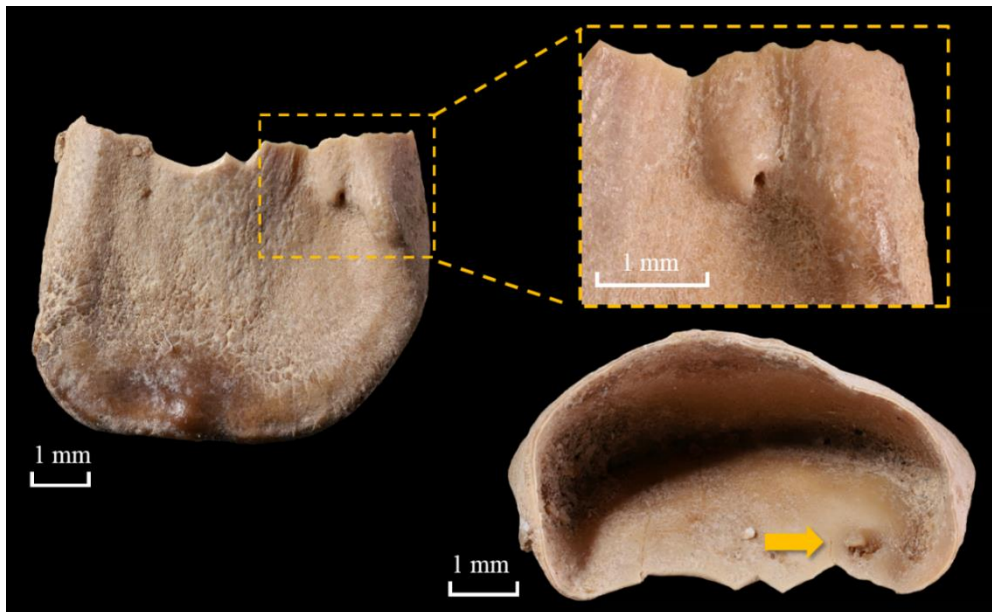


Figure 158. Incisive centrale supérieure droite de l'individu S41, à gauche vue générale en face linguale, à droite détail et vue interne, flèche jaune : renflement de l'émail, photos M. Bessou

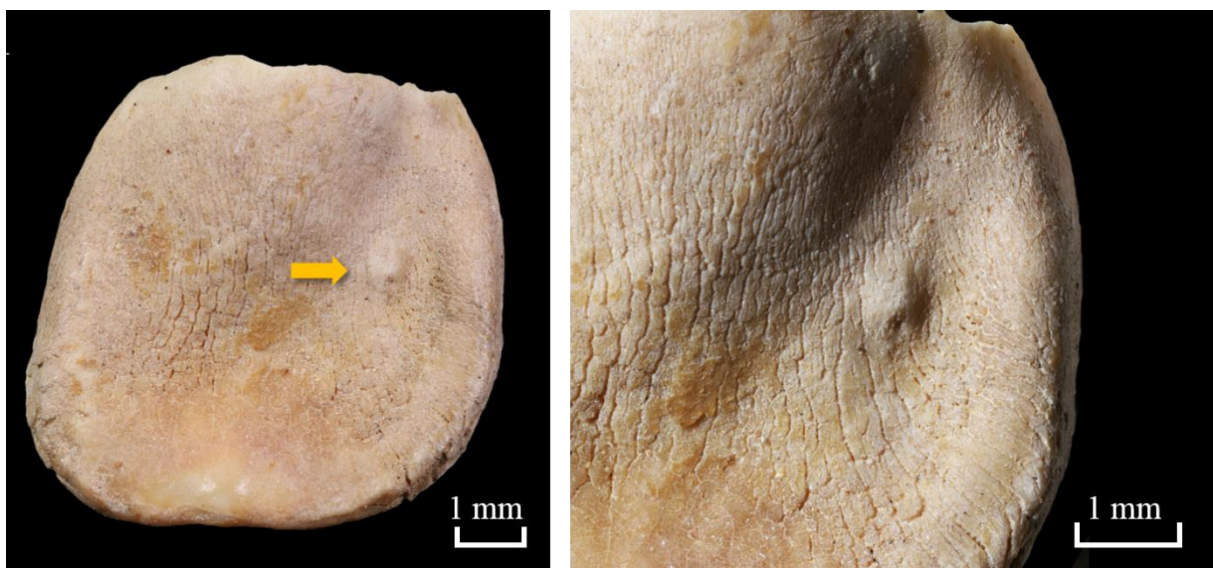


Figure 157. Incisive centrale supérieure droite de l'individu S27, vue générale en face linguale et détail de la perforation, photos M. Bessou

II.2.2. Analyses micro-scanner

Les examens micro-tomodensitométriques montrent que le renflement correspond à une petite cavité située à l'intérieur de la dentine et ouverte sur les faces linguale et pulpaire du germe, ce qui correspond aux perforations visibles à l'œil nu (figure 163). La ligne émail-dentine présente une déviation nette de son tracé au niveau de la micro-cavité, qu'elle semble « contourner » (figure 163 et figure 164). Les germes porteurs du trait présentent une seule

perforation par dent, à l'exception de l'incisive latérale supérieure droite du Moustier 2, qui expose deux perforations superposées de diamètres similaires (figure 165).



Figure 159. a : incisive latérale supérieure gauche de sujet néandertalien du Moustier, b : incisive centrale supérieure droite du sujet kerma S27, flèche jaune : ligne émail-dentine, vue linguale

D'après l'étude micro-scanner, cette structure observée chez le sujet néandertalien présente des caractéristiques identiques à celle décrite sur les incisives centrales, à l'exception du nombre d'ouvertures sur la face linguale (figure 165). L'ensemble des analyses permet d'écarter dès à présent l'hypothèse selon laquelle il pourrait s'agir d'une altération taphonomique. La première raison est que les examens micro-scanners montrent qu'elle comporte une cavité interne bien délimitée, et non pas simplement des atteintes de surface.

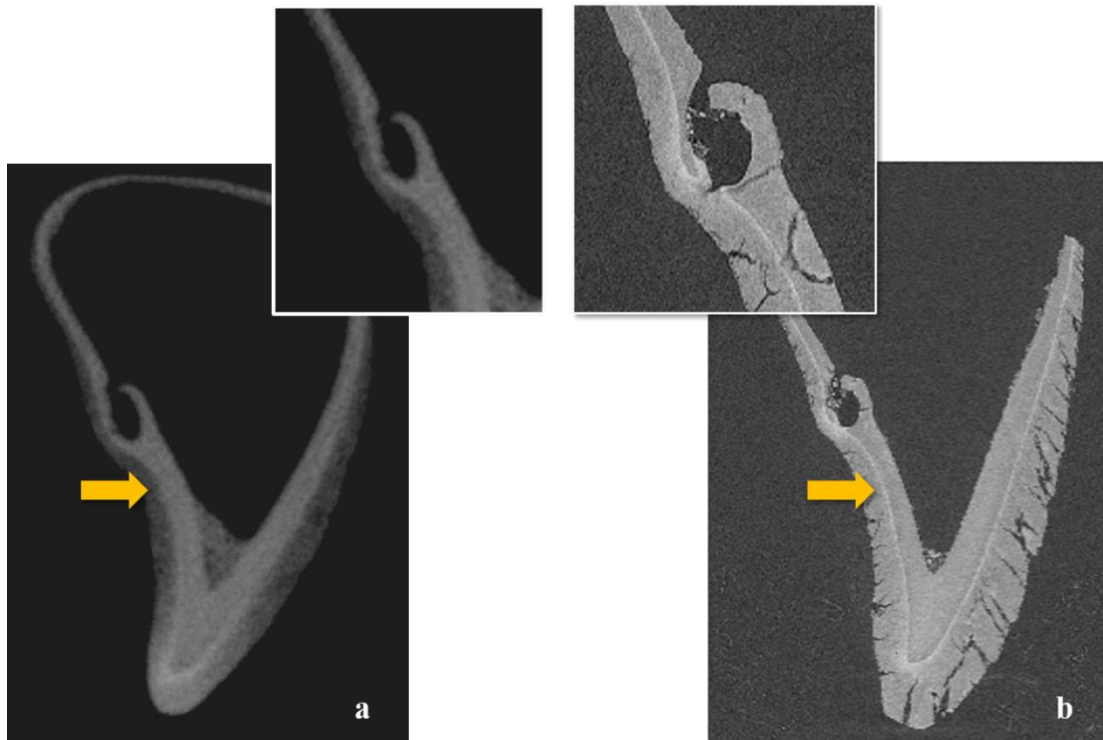


Figure 160. Coupes scanners, structures avec ouverture au niveau de la chambre pulpaire a : incisive centrale supérieure droite du sujet néandertalien du Moustier 2, b : incisive centrale supérieure droite du sujet S27 de la série de Saï, flèche jaune : ligne émail-dentine, vues en coupe mésiale, images R. Ledevin

Si l'on distingue bien, notamment sur le germe de S27 (figure 161), que l'émail est fendu à cause de ces altérations, il est impossible qu'une atteinte taphonomique ait pu fabriquer un relief surnuméraire du type de celui observé en face linguale et en face pulpaire. Il est également impossible qu'une altération taphonomique puisse être responsable de la déviation de la ligne émail-dentine. L'expression similaire du trait dans la même région de la couronne, sur plusieurs dents et plusieurs individus issus de contextes différents, empêche pour finir de prendre en considération cette possibilité.

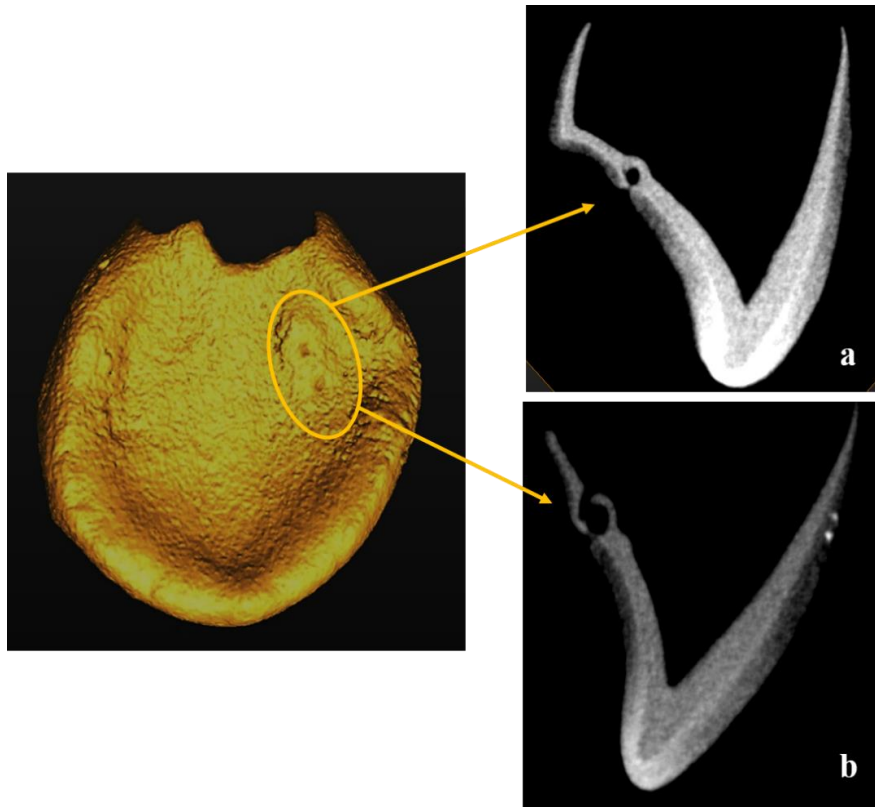


Figure 161. Le Moustier 2, incisive latérale supérieure droite, vue générale sur reconstruction en 3 dimensions et vues en coupe mésiale, a : ouverture de la structure supérieure sur la face linguale, b : ouverture de la structure inférieure sur la face linguale et la chambre pulpaire

III. Discussion

III.1. Chronologie et apparition du trait

III.1.1. Rappels d'odontogénie

L'ontogénie des germes dentaires dépend d'interactions complexes entre les facteurs génétiques, épigénétiques et environnementaux, l'ensemble ayant lieu de manière progressive et multiscalaire (à l'échelle moléculaire, cellulaire et phénotypique). L'initiation des dents (la localisation et le nombre de germes), leur morphogénèse (type de dent, dimensions) et leur différenciation (formation des différents tissus) sont toutes issues d'une série d'interactions réciproques entre l'ectoderme et le mésenchyme (Brook, 2009).

L'ensemble de ces processus aboutissant à la formation de la dent est un continuum à l'intérieur duquel quatre stades de développement (figure 166) sont généralement distingués (Ten Cate, 1996 ; Schwartz et Dean, 2000 ; Piette et Goldberg, 2001 ; Nanci, 2017) :

- (i) L'initiation, stade du bourgeon (figure 166 A)
- (ii) La prolifération, stade de la cupule (figure 166 B)
- (iii) La différenciation, stade de la cloche (figure 166 C)
- (iv) L'apposition, stade de la couronne (figure 166 D)

Les dents commencent leur formation dans le mésenchyme, la jonction entre l'ectoderme (qui donnera l'émail) et le mésoderme (qui donneront la pulpe et le ciment) (Swindler, 2002). Autour de 28 jours *in utero* apparaissent, par prolifération des cellules ectodermiques, deux lames épithéliales en forme de « U » dans les régions supérieure et inférieure de la cavité orale primitive (Cunningham *et al.*, 2016). Ces lames épithéliales primaires ou épithélium oraux, dérivées de l'ectoderme, s'épaississent et se divisent en une lame mésenchymateuse et une lame d'épithélium épidermique. La lame mésenchymateuse se creuse pour former une crête interne, ébauche du vestibule. Les cellules épithéliales prolifèrent ensuite en 20 endroits pour former la lame dentaire, qui elle-même va donner sur le versant labial les bourgeons dentaires des cellules organisées de manière compacte constituant l'ébauche des dents déciduales. Trente-deux autres bourgeons se formeront sur le versant lingual pour donner les ébauches des dents définitives (Schwartz et Dean, 2000 ; Piette et Goldberg, 2001 ; Cunningham *et al.*, 2016).

Le germe dentaire apparaît (figure 166), divisé en trois régions : le bourgeon ou organe de l'émail (issu de l'ectoderme), la papille dentaire (constituée de cellules mésenchymateuse et ectomésenchymateuse en position interne) ainsi que le follicule dentaire (Piette et Goldberg, 2001). Le bourgeon et la papille dentaire sont séparés par une membrane (Schwartz et Dean, 2000). Le bourgeon s'enfonce dans le mésenchyme et forme une lame dentaire prenant la forme d'une cupule (ou capuchon) puis d'une cloche, qui se différencie en trois tissus, l'épithélium adamantin externe (EAE) en face supéro-externe, l'épithélium adamantin interne (EAI) en face inféro-interne, et le réticulum étoilé, ou pulpe de l'émail (Piette et Goldberg, 2001). L'EAI et l'EAE sont continus l'un par rapport à l'autre et entourent tout l'organe de l'émail. Là où apparaissent les cuspidés (et donc le premier dépôt de dentine), les activités de l'EAI cessent localement (Schwartz et Dean, 2000).

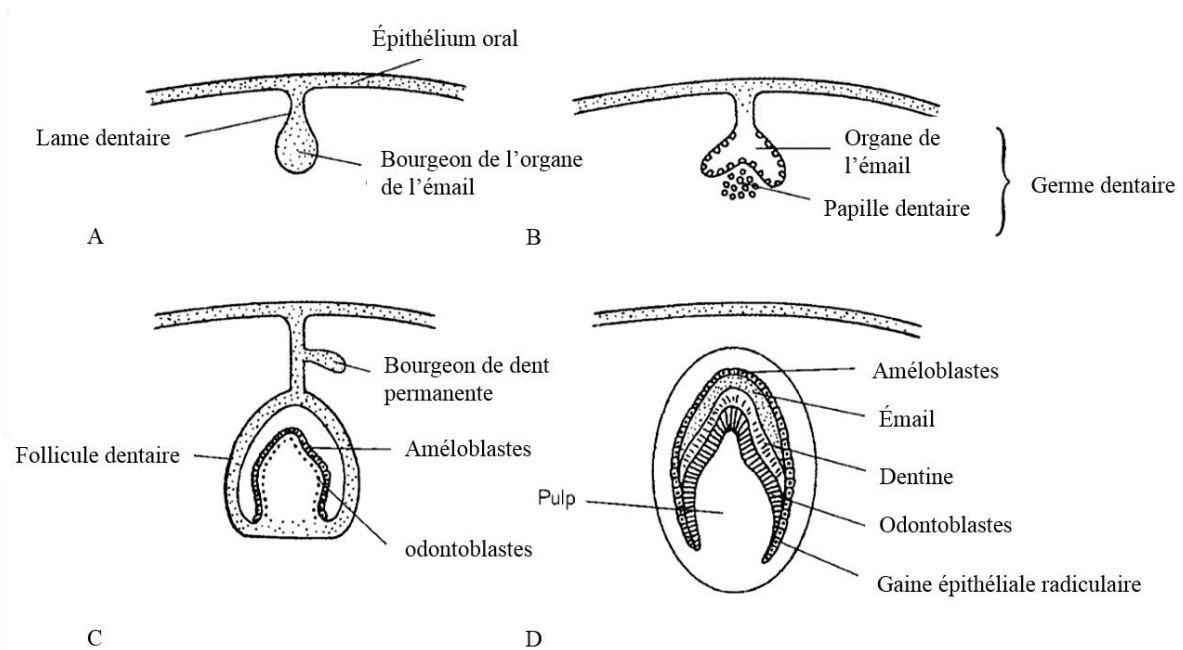


Figure 162. Stades initiaux du développement dentaire, A : stade du bourgeon, B : stade de la cupule, C : stade de la cloche, D : stade de la couronne, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 154)

La prolifération continue des cellules à partir de l'EAI pousse l'épithélium à se répandre dans le réticulum étoilé. Les cellules ectomésenchymateuses de la papille dentaire se différencient en odontoblastes au sommet des cuspidés et déposent la pré-dentine, précurseur non-minéralisé de la dentine, au niveau de la future jonction émail-dentine (Takuma, 1960 ; Takuma et Eda, 1966 ; Piette v Goldberg, 2001). La pré-dentine constitue le support de la progression du front de minéralisation. Son dépôt provoque en réaction une différenciation des cellules de l'EAI en améloblastes qui commencent à sécréter de l'émail (Dean, 2006). L'EAI deviendra la jonction émail-dentine. Les tubules de la dentine et de l'émail se développent dans des directions opposées. Le mésenchyme situé à l'extérieur de la cloche dentaire se condense quant-à-lui en un tissu fibreux appelé follicule dentaire, qui deviendra le ligament alvéolo dentaire ou ligament alvéolaire. Les racines dentaires apparaissent à la jonction entre les épithéliums interne et externe, qui s'étendent pour former une couche d'épithélium de Hertwig (Schwartz et Dean, 2000). Les cellules mésenchymateuses de la face interne se différencient en odontoblastes, les cémentoblastes apparaissent dans le follicule dentaire et migrent jusqu'à la dentine des racines où elles produisent du cément (Schwartz et Dean, 2000).

L'émail est constitué à 96 % de matière minéralisée à la composition proche de l'hydroxyapatite, à 4 % d'eau et à moins de 1% de matières organiques, ce qui en fait le tissu le plus dur de l'organisme (Hu et Simmer, 2007). Les cristaux de l'émail sont organisés en prismes, c'est-à-dire en « liasses » de diamètres micro-métriques se prolongeant de la jonction émail-dentine jusqu'à la surface de la couronne (Hillson, 1996, 2005).

La dentine est constituée à hauteur de 72 % de matière inorganique (majoritairement de l'apatite), à 20 % de matière organique (dont 18 % de collagène) et à 8 % d'eau (Hu et Simmer, 2007). Le fait qu'elle contienne du collagène la rend moins dure que l'émail. Ses cristaux sont également moins larges avec des diamètres nano-métriques, et font la liaison entre la ligne émail-dentine et la ligne ciment-dentine d'une part, et la chambre pulpaire d'autre part (Hillson, 1996, 2005). Le ciment, produit par les cimentoblastes, a pour sa part une composition proche de l'os, avec 70 % de matière inorganique, 22 % de matière organique (dont 21 % de collagène), et 8 % d'eau (Hu et Simmer, 2007). Son épaisseur varie et le tissu peut être renouvelé, contrairement à l'émail et à la dentine qui ne le sont pas au cours de la vie (à l'exception d'une dentine secondaire réactionnelle qui peut se former après une irritation). La pulpe dentaire est quant-à-elle constituée de tissus mous comme les artères, les veines, les nerfs et les vaisseaux lymphatiques, qui pénètrent dans la dent par le foramen apical à l'extrémité de la racine (Swindler, 2002). La présence d'une cavité au sein de la dentine communiquant à la fois avec la face linguale (extérieur du germe) et la face interne (la chambre pulpaire) du germe relève donc d'une perturbation localisée et « volumineuse » de ce continuum de développement, dont le moment d'apparition, l'origine et les « causes » restent à discuter. Nous considérons donc que nous sommes en présence, aussi bien pour les sujets du Kerma que pour le néandertalien, de la même cause ayant les mêmes conséquences sur la calcification des germes.

III.1.2. Degré de maturation de la dent et moment d'apparition du trait

À quelle étape de ce continuum peut-on situer l'apparition du trait ? Puisque la cavité est présente dans la dentine, ce dernier doit se former dès la phase de structuration de la matrice collagénique de la pré-dentine, puisqu'elle détermine la morphologie de la dentine après minéralisation (Linde, 1989). Le moment précis de l'initiation de la minéralisation est difficile à identifier et varie selon les méthodes d'études, mais les auteurs s'accordent sur le fait que les incisives commencent leur minéralisation chez l'Homme moderne entre 13 et 17 semaines *in utero* pour l'incisive centrale et entre 14 et 19 semaines *in utero* pour l'incisive latérale (Cunningham *et al.*, 2016). À notre connaissance, il n'existe pas de méthode permettant d'identifier avec une précision de l'ordre de la semaine l'âge de l'individu à partir du niveau de minéralisation de la couronne observée macroscopiquement. En l'absence d'étude histologique classique ou virtuelle des germes dentaires de notre corpus, il est donc difficile d'estimer quel était l'âge du sujet au moment où le front de minéralisation avait atteint le niveau du trait. Seule une comparaison avec d'autres sujets (ayant fait l'objet d'estimations de l'âge dentaire fiables

et précises) peut en l'état actuel de notre étude permettre d'estimer à quel moment de la grossesse remonte la formation de la cavité dans le germe.

Nous avons comparé les niveaux de minéralisation des germes des incisives centrales (figure 167) des sujets kerma S27 et S41 et du sujet néandertalien du Moustier 2 au niveau de minéralisation de l'incisive du fœtus du Paléolithique supérieur d'Ostuni (Nava *et al.*, 2017b), en alignant les germes sur leurs extrémités distales. Sur les incisives centrales des deux sujets du Kerma, le trait est localisé au même niveau l'un par rapport à l'autre, aux environs de la moitié de la couronne (figure 167), ce qui correspond approximativement au niveau de minéralisation atteint par l'incisive centrale du fœtus d'Ostuni. Sur l'incisive du sujet du Moustier 2, le trait est au contraire situé inférieurement par rapport aux incisives des sujets kermas. L'étude d'histologie virtuelle de l'incisive du sujet d'Ostuni permet d'estimer un âge au décès entre 31 et 33 s.a (Nava *et al.*, 2017b). On peut donc situer, par comparaison et de manière approximative, la calcification des parois du trait sur chacun des deux individus kerma au cours du 8^e mois lunaire. L'estimation n'est pas valable en revanche pour le sujet néandertalien, puisque le trait n'est pas situé au même niveau.

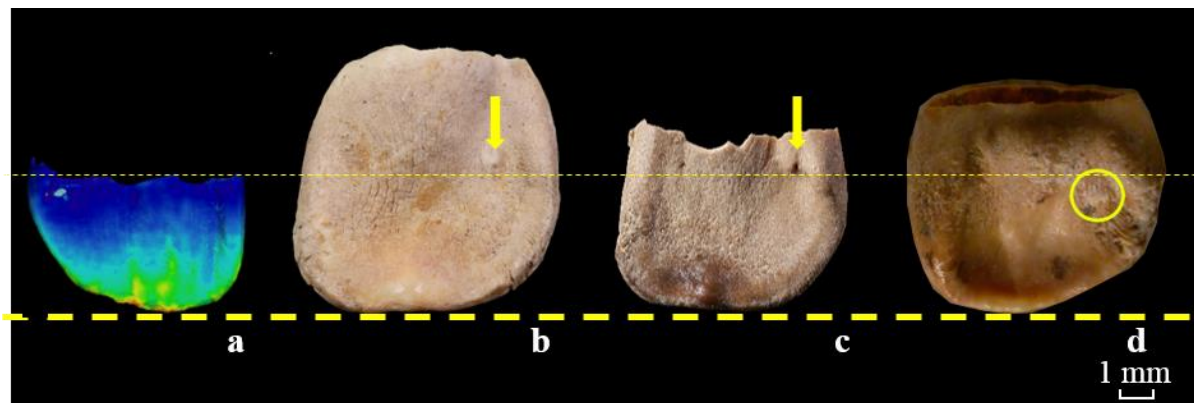


Figure 163. a : incisive centrale supérieure gauche du sujet Paléolithique d'Ostuni, b : incisive centrale supérieure droite du sujet kerma S27, c : incisive centrale supérieure droite du sujet kerma S41, d : incisive centrale supérieure droite du sujet néandertalien du Moustier 2. Flèches et cercle : localisation du trait, pointillés : niveau de minéralisation de l'incisive du sujet d'Ostuni

Il s'agit bien évidemment d'une estimation imprécise du moment de calcification du trait. Elle ne prend pas en compte des facteurs de variabilité séculaire entre les sujets, des différences de minéralisation dentaire entre les sexes, ni de celles entre les taxons. La question des différences de minéralisation dentaire entre l'Homme moderne et les Néandertaliens fait l'objet de nombreuses discussions. Certains auteurs ont décrit des taux d'amélogénèse accélérés chez les Néandertaliens par rapport aux Hommes modernes (Ramírez Rozzi et Sardi, 2007), tandis que d'autres les décrivent comme compatibles avec la variabilité enregistrée dans les populations humaines actuelles (Mann *et al.*, 1990 ; Guatelli-Steinberg *et al.*, 2005, 2007).

L'analyse de la séquence de minéralisation dentaire de l'enfant néandertalien du Roc-de-Marsal 1 a toutefois montré un retard relatif de la formation des incisives déciduales par rapport à un échantillon d'enfants vivants (Braga et Heuze, 2007 ; Bayle *et al.*, 2009a). Ce retard n'est pas observé sur la denture déciduale de l'enfant moderne de La Madeleine, dont la séquence de minéralisation est couramment observée dans les populations actuelles (Bayle *et al.*, 2009b). D'une manière générale (et à l'exception de certains individus), il existerait toutefois chez les Néandertaliens un décalage entre les niveaux de minéralisation respectifs des dents antérieures et des molaires par rapport aux échantillons modernes. La minéralisation des incisives apparaîtrait ainsi comme relativement « retardée » chez les sujets immatures néandertaliens. Ces différences doivent toutefois être discutées par rapport à celles des proportions des tissus dentaires entre les taxons. Il est en effet possible que la durée de minéralisation du germe dépende en partie de son volume (Macchiarelli *et al.*, 2006), et que les décalages puissent donc être liés à des différences de tailles relatives des dents (Bayle *et al.*, 2009b ; a).

Plusieurs hypothèses concernant le moment de calcification du trait peuvent donc être avancées :

- (i) il pourrait être indicateur d'un événement survenu à des moments différents lors de la gestation du sujet néandertalien et des sujets kerma,
- (ii) à l'inverse, le trait pourrait refléter un événement ponctuel intervenu au même moment au cours des trois grossesses, mais qui serait localisé inférieurement chez le sujet néandertalien en raison d'une différence taxinomique de vitesse de minéralisation.

III.2. Étiologie du trait : hypothèses

Plusieurs hypothèses relatives à l'étiologie du trait peuvent être discutées :

- H0 : il s'agirait d'un « caractère discret » au sens classique ou d'une variante d'un des caractères discrets documentés.
- H1 : le trait appartiendrait à l'ensemble des “*prenatal dental defects*”, issus de perturbations endogènes ou exogènes de la minéralisation dentaire,
 - H1A : soit il constituerait le marqueur d'un stress *in utero*,
 - H1B : soit il traduirait une perturbation génétique.
- H2 : le trait serait issu d'une perturbation « mécanique » de la minéralisation du germe.

III.2.1. Hypothèse 0 : une variation anatomique non métrique ?

Ce trait relève-t-il de ce qui est documenté comme étant la variabilité biologique « normale » des dents déciduales ? Les variations non métriques dentaires documentées sur les dents déciduales (figure 168) concernent principalement des variations de la morphologie générale des couronnes ainsi que de leur surface occlusale (Saunders et Mayhall, 1982b ; Kieser, 1984 ; Sciulli, 1998 ; Kitagawa, 2000). Parmi elles la morphologie « en pelle » de la couronne, avec une surface linguale concave et les rebords mésio-distaux développés, peut être observée sur les incisives supérieures centrales et latérales (figure 168 A). La forme générale des molaires déciduales peut varier, avec des morphologies en « delta » (figure 168 E).

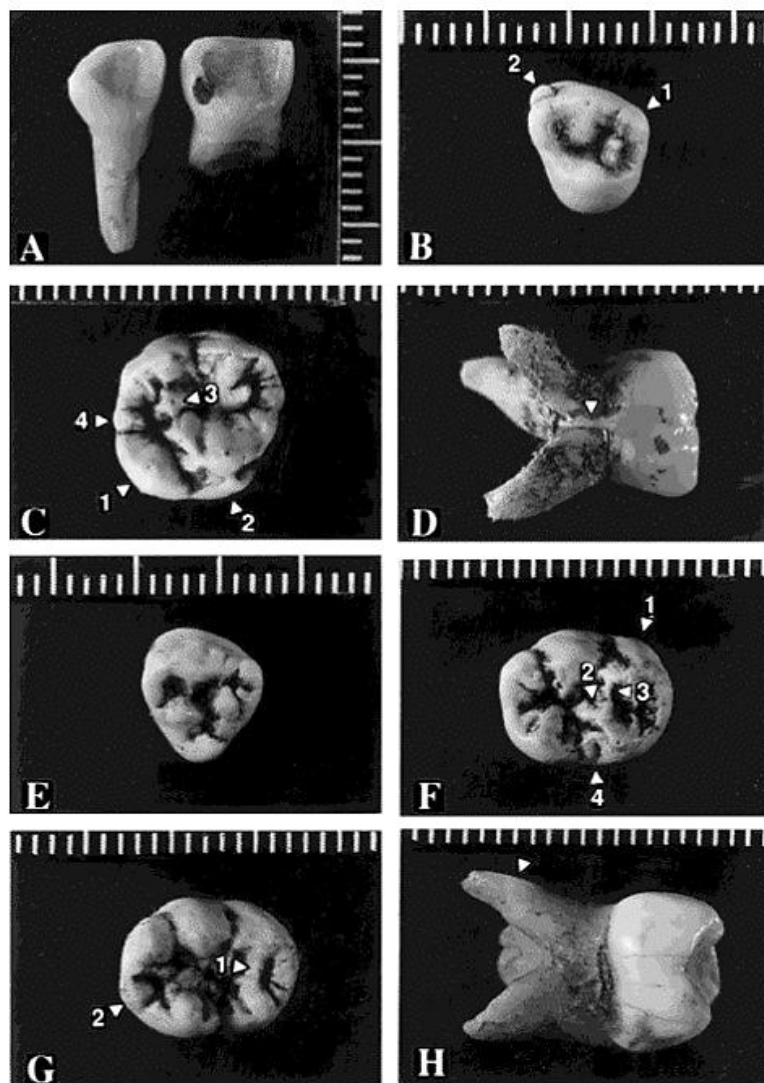


Figure 164. Exemples de variations anatomiques dentaires, A : incisive déciduale centrale supérieure droite et incisive latérale supérieure gauche en vues linguales, B : première molaire supérieure déciduale en vue occlusale, C : deuxième molaire supérieure déciduale en vue occlusale, D : deuxième molaire supérieure déciduale en vue buccale, E : première molaire inférieure déciduale en vue occlusale, F : deuxième molaire inférieure déciduale en vue occlusale, G : deuxième molaire inférieure déciduale en vue occlusale, H : deuxième molaire inférieure déciduale en vue distale, figure n° 2 de Kitagawa (2000)

Un cas de canine déciduale en forme de cheville ("*peg-shaped*", figure 169) a été publié sur un des individus néandertaliens immatures d'El Sidron (Dean *et al.*, 2013). L'émail peut présenter des extensions entre les racines (figure 168 D), et ces dernières peuvent être surnuméraires (figure 168 H) ou fusionnées.

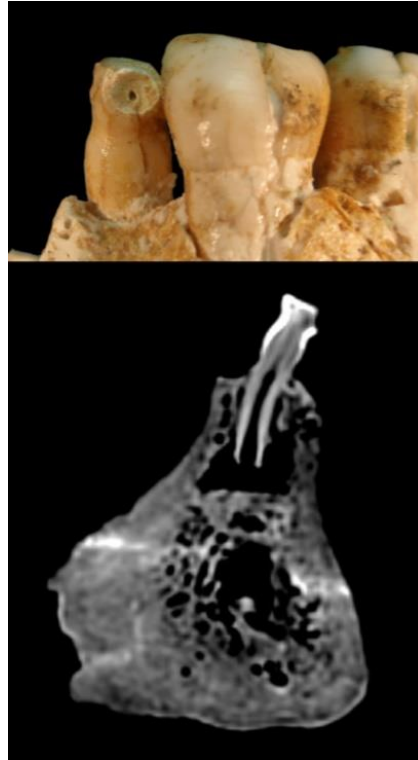


Figure 165. Canine déciduale "*peg-shaped*" de l'individu néandertalien El Sidron 2, modifié d'après Dean et al (2013 p. 681)

Les variations de reliefs (avec l'absence d'un tubercule ou la présence d'une cuspide surnuméraire) sont également nombreuses, comme la présence de 6^e ou 7^e cuspides (figure 168 F4) ou encore le protostylide sur les molaires inférieures (Figure 168 F1). Le tubercule surnuméraire para-molaire peut être identifié sur la première molaire déciduale (figure 168 B2), de même que le tubercule de Carabelli sur la face linguale du protocône de la deuxième molaire déciduale (figure 168 C2). L'absence d'hypocône peut être notée sur les molaires déciduales (figure 168 B). Les variations de sillons sont, de même, identifiables en face linguale. La crête distale du trigonide est observable sur les molaires déciduales (figure 168 F3), comme la crête médiale du trigonide (figure 168 G1) ainsi que des déviations de sillons (figure 168 F2).

Parmi les publications que nous avons consultées, nous n'avons toutefois trouvé aucune mention d'un relief sur la face linguale d'une incisive déciduale centrale ou latérale située comme nous avons décrit précédemment (*Cf. supra*, chap. XII, II.2.). Il est possible que, très discret, il n'ait jamais été remarqué.

III.2.3. Hypothèse 1 : Les “prenatal dental defects”, perturbation endogène et exogène de la minéralisation dentaire

Une deuxième hypothèse peut être avancée pour expliquer la présence de ce trait dentaire, qui peut être décrit comme un “*prenatal dental defects*” (Cook et Buikstra, 1979). Ces défauts de minéralisation dentaires regroupent des anomalies de formation des tissus minéralisés dont l’origine est attribuée soit à des événements de stress, soit à des perturbations génétiques (Hillson et Bond, 1997).

III.2.3.1. Hypothèse 1A : un stress *in utero* ?

Les défauts de minéralisation dentaires incluent en premier lieu les hypoplasies, anomalies des zones calcifiées de la dent s’exprimant sous la forme de défauts cupuliformes (petites dépressions arrondies), linéaires (sillon ou ligne), ou en nappes avec des zones d’irrégularités (Via et Churchill, 1959 ; Stack, 1963, p. 445). Elles apparaissent comme des réponses non-spécifiques des phénomènes de croissance à un événement de stress *in utero* (Stack, 1963, p. 445). Parmi ces stress on compte les maladies systémiques, les déficiences en vitamines D ou encore la malnutrition maternelle (Via et Churchill, 1959 ; Stack, 1963 ; Cook et Buikstra, 1979 ; Goodman et Rose, 1990 ; Needleman *et al.*, 1992 ; Pascoe et Kim Seow, 1994 ; Velló *et al.*, 2010). Les hypoplasies sont plus fréquemment observées parmi les sujets prématurés ou à faible poids de naissance (Seow *et al.*, 1987). La corrélation entre l’événement perturbateur et l’apparition d’hypoplasies ayant été mise en évidence, ces dernières sont fréquemment interprétées comme les marqueurs chronologiques d’un changement physiologique affectant le processus normal d’amélogénèse (Cohen et Diner, 1970 ; Pindborg, 1982).

Même si le caractère étudié ici ne correspond pas aux différents types d’hypoplasies décrites dans la littérature, il est possible que son existence puisse résulter de mécanismes similaires, à savoir une perturbation des processus de minéralisation par des facteurs de stress. Le fait que le trait ne soit présent que sur certaines dents (par exemple sur une seule incisive du sujet kerma S41) et pas sur l’ensemble des germes, n’est toutefois pas un élément en faveur de cette hypothèse. Les atteintes systémiques et environnementales touchent en effet plutôt plusieurs germes sur un même individu, voire l’ensemble de la denture (Bailleul-Forestier *et al.*, 2008).

III.2.3.1. Hypothèse 1B : une perturbation génétique ?

Les “*prenatal dental defects*” peuvent également être corrélés à des perturbations endogènes, comme des perturbations génétiques. L’odontogenèse est un processus génétiquement très stable à l’échelle de l’évolution, régulé par plus de 300 gènes identifiés à l’heure actuelle, dont le rôle est particulièrement important dans la communication cellulaire (Thesleff et Nieminen, 1996 ; Thesleff, 2006 ; Michon, 2011). Ces interactions, et en premier lieu celles entre l’épithélium et le mésenchyme, jouent un rôle crucial dans le développement dentaire. Elles passent par des molécules-sigaux et des facteurs de croissance, qui régissent l’initiation et la morphogénèse du germe ainsi que la différenciation entre odontoblastes et améloblastes à l’interface entre les deux tissus. Les récepteurs à la surface des cellules ainsi que les facteurs de transcription qui transmettent le signal et régulent l’expression des gènes entrent également en jeu dans le continuum de l’odontogenèse (Thesleff, 2006). En modifiant la chaîne de signaux, les mutations génétiques peuvent donc engendrer des défauts de minéralisation dentaire (Thesleff et Nieminen, 1996 ; Thesleff, 2006).

Certaines anomalies génétiques héréditaires responsables spécifiquement de défauts de minéralisation de l’émail ou de la dentine ont par ailleurs déjà été identifiées. C’est le cas de l’amélogénèse imparfaite, anomalie exprimée chez 1 / 700 à 1 / 4000 individus en fonction des populations, responsables de l’apparition d’hypoplasies de l’émail de formes variées (Hu et Simmer, 2007 ; Bailleul-Forestier *et al.*, 2008). De la même manière, la dentinogénèse imparfaite est responsable d’anomalies structurelles de la dentine, identifiables notamment grâce à la couleur bleutée des germes des dents déciduales. Ces désordres peuvent s’exprimer comme un trait isolé et non sous la forme d’un syndrome (incluant d’autres anomalies comme le taurodontisme ou l’agénésie dentaire). Ils touchent toutefois, là-encore, l’ensemble de la denture, ce qui ne correspond pas au trait qui fait l’objet de notre étude (Bailleul-Forestier *et al.*, 2008). Le fait que les gènes dévolus au développement dentaire soient bien connus, de même que le fait que de nombreux gènes-candidats responsables des mutations soient identifiés, ouvre cependant des pistes d’étude pour la recherche d’éventuelles atteintes génétiques plus localisées. Dans le cas où le trait étudié ici serait engendré par une perturbation de type génétique, se poserait alors la question de la proximité des individus porteurs, et en premier lieu des trois individus kerma S27, S41 et S66. Si aucun élément de contexte ne permet de discuter d’éventuels liens de parenté entre ces sujets qui ne sont pas inhumés à proximité les uns des autres dans la nécropole (*Cf infra*, chap. XV), le fait qu’ils expriment tous les trois un caractère dentaire inédit est à discuter, notamment en termes d’endogamie. La forte héritabilité des

variations dentaires a par ailleurs longtemps été soulignée, même si les études récentes ont montré que l'importance des facteurs génétiques variait fortement entre les traits considérés. Pour certains d'entre eux, c'est au contraire plutôt l'influence environnementale qui se trouve être majoritaire (Townsend *et al.*, 2006, 2009). Dans le cas où le trait de la perforation du germe serait corrélé à des problématiques de faible diversité génétique, sa découverte sur un individu néandertalien serait d'autant plus intéressante que la question de l'endogamie des populations néandertaliennes a été posée (Ríos *et al.*, 2015). Ces questions feront par ailleurs l'objet d'une discussion dans la synthèse finale (*Cf. infra*, conclusion générale).

III.2.2. Hypothèse 2 : une perturbation « mécanique » de la minéralisation dentaire ?

Au vu de la morphologie ovalaire de la cavité vue en coupe, ainsi que de sa communication avec les faces linguale et interne, l'hypothèse de l'existence d'une perturbation mécanique peut pour finir être avancée. Il est possible que la présence d'une structure constituée de tissus mous ait pu obliger les processus impliquant les odontoblastes puis les améloblastes à contourner cette région précise. Le volume de la cavité, ainsi que le fait que le trait semble « empêcher » la formation normale de l'émail et de la dentine sont des éléments en ce sens. Les fibres nerveuses apparaissent par exemple dans la région des germes lorsque ceux-ci sont est au stade de la cupule. Elles se développent en direction du follicule pour se développer autour du bourgeon, avant de pénétrer dans la papille dentaire, sans pénétrer dans l'organe de l'émail (figure 166). Les vaisseaux sanguins pénètrent et se regroupent à l'entrée de la papille dentaire lorsque le germe est au stade de la cupule, atteignant leur densité maximale au début de la minéralisation et lors de l'apparition de la pulpe dentaire. Là-encore, les vaisseaux ne pénètrent pas l'organe de l'émail (Nanci, 2017).

Il est envisageable que la malposition de l'une ou l'autre de ces structures tubulaires ait pu constituer une perturbation mécanique de l'action des odontoblastes, ces derniers l'ayant de fait contournée, ce qui expliquerait les renflements et les ouvertures en faces linguale et interne. La possibilité qu'il s'agisse de tissus mous expliquerait que les cavités soient vides après décomposition des tissus. Un argument issu de l'étude biologique du sujet néandertalien et des sujets modernes peut par ailleurs être avancé en faveur de cette hypothèse. Des différences dans le nombre de foramens correspondant au passage de vaisseaux sanguins et nerveux, en particulier sur le massif facial, ont été observées entre les deux taxons au cours de l'étude de l'individu néandertalien du Moustier 2 par B. Maureille. La densité des foramens vasculaires apparaît comme nettement plus élevée chez le sujet néandertalien (figure 170).



Figure 166. Maxillaires droits du sujet moderne S41 (à gauche) et du sujet néandertalien du Moustier 2 (à droite), en haut vue antérieure, en bas vue médiale, photo B. Maureille

Dans l'hypothèse selon laquelle ce type de structures jouerait un rôle dans l'apparition du caractère sur les incisives, ces différences pourraient, dans une certaine mesure, expliquer que le sujet néandertalien le présente à trois reprises, alors que les sujets modernes du corpus archéologique ne l'expriment chacun qu'une seule fois. La position du trait (toujours en face linguale, au même niveau par rapport aux axes occluso-bucal et mésio-distal chez tous les individus, et pour tous les germes) pourrait indiquer qu'il s'agirait bien d'une structure présente de manière normale, et décalée pour des raisons inconnues sur le trajet des odontoblastes.

Synthèse

L'étude d'un trait inédit s'exprimant sous la forme d'une **perforation de la paroi linguale de certains germes des incisives supérieures** nous a conduite à reprendre l'étude biologique du sujet néandertalien décédé en période périnatale du Moustier 2, réalisée par B.

Maureille. Sa comparaison avec le sujet S41 de la série de Saï a révélé son existence sur les individus des deux lignées. La recherche de ce trait a été poursuivie dans le corpus archéologique, dans le but de documenter sa structure et ses fréquences, de même que de proposer des hypothèses quant à son étiologie.

Dans le corpus archéologique, le trait a été identifié à l'œil nu sur trois sujets appartenant à la série de Saï. S'il s'exprime sur trois des quatre incisives supérieures du sujet du Moustier 2 (incisive centrale droite, incisives latérales gauche et droite), il n'est présent qu'à une seule reprise parmi les germes observables des individus S41 (incisive centrale supérieure droite), S27 (incisive centrale supérieure droite) et S66 (incisive centrale supérieure gauche). Le caractère n'est pas observé dans les deux échantillons de Provins et Blandy.

Les analyses macroscopiques et micro-scanners permettent d'identifier une structure constituée extérieurement de **foramens de moins d'un demi millimètre de diamètre**, localisés sur la face linguale et la face pulpaire au sommet d'un **relief**. Elle est située approximativement au niveau de la moitié de la hauteur de la couronne, légèrement plus près du collet, et est excentrée vers le bord distal. Les examens micro-tomodensitométriques montrent que le renflement correspond à une **petite cavité située à l'intérieur de la dentine** et ouverte, *via* les foramens, sur les faces linguale et pulpaire du germe. La ligne émail-dentine paraît contourner cette cavité. L'incisive latérale supérieure droite du sujet du Moustier 2 est la seule à exposer deux perforations superposées. D'après notre étude, il s'agit bien d'un même trait identifié à la fois chez le sujet néandertalien et les sujets *sapiens*, et qui, du fait de sa structure, ne peut pas être causé par une altération taphonomique.

Le moment d'apparition du trait par rapport à la minéralisation des germes est discuté entre les individus, et de manière comparative avec la minéralisation du germe du sujet d'Ostuni (Paléolithique supérieur) grâce aux données de l'article de Nava et collaborateurs (2017b). L'âge au décès entre 31 et 33 semaines d'aménorrhée pour le sujet d'Ostuni permet de situer de manière approximative la calcification des parois du trait les individus S41 et S27 au cours du 8^e mois lunaire. La localisation du trait est inférieure sur l'incisive centrale supérieure droite du sujet du Moustier 2, ce qui traduirait soit un événement survenu plus tôt dans la maturation dentaire de ce dernier, soit des différences de minéralisation entre les Néandertaliens et l'Homme moderne récent.

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer l'apparition de ce trait qui n'est pas documenté parmi les VANM dentaires classiquement étudiées dans la littérature, et qui, par

sa structure, constitue une perturbation du continuum des processus de minéralisation des germes. Il pourrait s'agir d'un trait apparenté aux "*prenatal dental defects*", ces défauts de minéralisation des tissus induits par des événements de stress ou des perturbations génétiques. Le fait que la structure ne soit pas présente sur tous les germes conservés n'est en faveur ni d'une perturbation due à un stress de l'organisme, ni d'une anomalie génétique. L'hypothèse d'une perturbation mécanique du front de minéralisation par la malposition d'un paquet vasculo-nerveux serait compatible à la fois avec la présence d'une cavité interne, la déviation de la ligne émail-dentine et le caractère isolé du trait. Une vascularisation plus élevée du sujet néandertalien (suggérée par une forte densité de foramens vasculaires) pourrait expliquer que le trait soit retrouvé sur plusieurs germes du Moustier 2, et sur un seul pour chacun des individus de Saï. Son identification à la fois sur l'individu néandertalien et sur des sujets d'un milieu insulaire est intéressante pour les problématiques de faible diversité génétique, puisqu'il s'agit de deux populations pour lesquelles l'existence d'une certaine endogamie a été, ou peut être discutée.

En l'état actuel de notre étude, nous pensons que l'hypothèse de la perturbation mécanique (H1) peut être privilégiée. Les perspectives d'analyses demeurent toutefois nécessairement nombreuses, avec en premier lieu la recherche du trait sur des corpus de sujets immatures du même âge et plus âgés, afin de documenter ses fréquences et son évolution au fur et à mesure de la maturation dentaire. La poursuite du travail de documentation, avec par exemple la restitution du volume interne de la cavité, pourra constituer une étape importante dans un futur proche.

L'identification de ce caractère inédit et la discussion sur son étiologie illustrent dans une certaine mesure les enjeux posés par la question de l'origine des traits de variabilité non métrique. Alors que certains peuvent être attribués au patrimoine génétique ou à une perturbation des processus d'ontogenèse, d'autres peuvent être influencés par le vécu de l'individu. C'est notamment le cas (pour les adultes et les classes d'âges de de sujets immatures plus âgés) des insertions musculaires ou enthèses, dont la morphologie évolue en fonction des sollicitations mécaniques. La variabilité de ces régions sur les sujets décédés en période périnatale demeure cependant un axe de recherche peu investi, que nous avons abordé dans le corpus archéologique. Cette partie de nos recherches fait l'objet du chapitre suivant.

Chapitre XIII.

Variabilité non métrique et comportement : la région de la tubérosité bicipitale

“The idea that bone form reflects in some way its mechanical loading history during life is fundamental to many paleontological and bioarchaeological studies of skeletal material (Ruff et al., 2006, p. 484).

Les enthèses sont les « zones d’insertion dans l’os des ligaments, des tendons et des capsules » (Claudepierre et Voisin, 2005, p. 34), interfaces ostéo-tendineuses dont la structure à la composition graduée et les propriétés mécaniques permettent d’assurer les fonctions motrices (Benjamin et McGonagle, 2009 ; Thomopoulos *et al.*, 2010). La morphologie de ces régions d’insertions se modifie depuis le stade fœtal jusqu’au décès de l’individu en fonction d’un grand nombre de facteurs agissant de manière continue ou ponctuelle (Bertram et Swartz, 1991 ; Ruff *et al.*, 2006). Le génome, et par-là l’hérédité, le sexe, ou encore le système hormonal constituent les premiers facteurs de cette variabilité (Ruff *et al.*, 2006). La seconde origine de ces évolutions touche au vécu de l’individu : l’âge, les pathologies dégénératives ou les traumatismes, ainsi que les facteurs mécaniques, dont en premier lieu les sollicitations musculaires, sont responsables de modifications des enthèses (Benjamin *et al.*, 2002 ; Ruff *et al.*, 2006 ; Roberts *et al.*, 2007 ; Henderson *et al.*, 2012 ; Nolte et Wilczak, 2013). Ces régions sont ainsi décrites comme *“a self-designing system where morphology is dictated by the influences of mechanical load”* (Benjamin et McGonagle, 2009, p. 520). La morphologie de ces régions d’insertion chez l’individu adulte est un sujet d’étude en plein développement dans le milieu médical. Les recherches en biomécanique ont notamment pour but d’améliorer le traitement des maladies dégénératives et le développement d’implants grâce à l’étude des réactions du squelette au stress locomoteur (Forthman *et al.*, 2008 ; Zelzer *et al.*, 2014).

La variabilité morphologique des enthèses fait aussi l'objet de nombreux travaux en paléontologie comparative fonctionnelle pour les lignées hominoïdes (Heinrich *et al.*, 1993 ; Trinkaus *et al.*, 1994, 2016). Les remodelages de ces régions constituent, de même, un axe de recherche comportemental majeur en anthropologie biologique (*e.g.* Testut, 1889 ; Wood Jones, 1910 ; Wells, 1962 ; Angel, 1966 ; Dutour, 1986, 1992 ; Villotte, 2008a). Le fait que ces “*entheseal changes*” (Jurmain et Villotte, 2010 ; Villotte et Knüsel, 2013) puissent refléter les sollicitations musculaires répétées les amène à être utilisés comme des “*proxies*” de l'environnement mécanique de l'individu (Ruff *et al.*, 2006), voire à être considérés comme des marqueurs de ses activités préférentielles (*e.g.* Trinkaus *et al.*, 1994 ; Scott *et al.*, 2005 ; Ruff *et al.*, 2006 ; Henderson, 2008 ; Villotte *et al.*, 2009 ; Henderson et Alves Cardoso, 2013 ; Villotte et Knüsel, 2013 ; Berthon *et al.*, 2015 ; Larsen, 2015 ; Schrader, 2015). Si la diversité anatomique des enthèses est un axe de recherche archéo-anthropologique très investi pour les populations adultes, il l'est en revanche bien moins pour les populations d'individus immatures.

Là-encore, la recherche médicale a pour sa part montré un intérêt ancien et croissant pour l'étude des insertions musculaires des fœtus et des enfants. Les études les plus anciennes ont porté sur leur développement au stade fœtal, en particulier au niveau du membre supérieur (Römer, 1863 ; Henke, 1874 ; Hultkrantz, 1897 ; cités par Gray et Gardner, 1951). Elles s'orientent aujourd'hui vers le développement de stratégies biomimétiques destinées à renforcer l'efficacité des greffes musculaires (Mazzocca *et al.*, 2007 ; Thomopoulos *et al.*, 2010, 2012 ; Zelzer *et al.*, 2014). La morphologie des enthèses immatures demeure toutefois peu abordée dans la littérature anthropologique, ce qui engendre un manque de données et de méthodes (Gray et Gardner, 1951).

Dans le but d'investir la problématique de la variabilité des surfaces d'insertions musculaires des individus décédés en période périnatale, nous avons réalisé une étude exploratoire axée sur la région de la tubérosité bicipitale du radius, pour des raisons développées ci-après (*Cf. infra, chap. XIII, I.2.*). Cette étude a eu deux objectifs :

- (i) axe biologique : documenter la variabilité morphologique macroscopique d'une enthèse en cours de maturation en fonction de l'âge au décès et des facteurs populationnels, et cela notamment afin de questionner le déterminisme de cette diversité,
- (ii) axe méthodologique : face à l'absence de méthodes d'analyses des enthèses qui soient spécifiques à cette classe d'âge (et adaptées à ces zones de dimensions très réduite), il s'agissait d'aborder l'élaboration d'un protocole.

I. Rappels biologiques et anatomiques

I.1. Biologie des enthèses, rappels

Sur le vivant, l'attache entre le muscle et l'os comprend la partie distale du tendon, une zone de transition du tendon à l'os, ainsi que la structure minéralisée qui présente souvent une forme en projection ou en éminence (Hill, 1964 ; Zelzer *et al.*, 2014 ; Stranding, 2015). Les tendons, le tissu osseux et le cartilage partagent tous la même origine embryonnaire, laquelle est différente de celle des tissus musculaires (*Cf. supra*, chap. II, I.1.). Trois types de tendons se distinguent selon leurs localisations anatomiques et leurs origines embryologiques, entre les tendons du bloc crânio-facial (dérivant de la crête neurale), ceux du tronc (dérivant du syndetome, région du sclérotome), et ceux des membres appendiculaires dérivant du plateau latéral (Gaut et Duprez, 2016).

Deux types d'enthèses sont classiquement identifiés : les enthèses fibreuses d'une part, et les enthèses fibro-cartilagineuses d'autre part (Benjamin *et al.*, 1995 ; Benjamin et Ralphs, 1997, 1998, 2000). Les enthèses fibreuses, constituées de tissus fibreux reliant le ligament ou le tendon à l'os directement ou au périoste indirectement, sont en majorité localisées sur les régions de corticale épaisse, à savoir les diaphyses (Benjamin *et al.*, 1986). Les enthèses fibro-cartilagineuses (Benjamin *et al.*, 1995 ; Benjamin et Ralphs, 1997, 1998, 2000) sont quant à elles composées :

- (i) d'une région tendineuse,
- (ii) d'une région fibro-cartilagineuse non calcifiée,
- (iii) d'une zone de fibrocartilage calcifié,
- (iv) de l'os sous-chondral.

La transition entre la région tendineuse et la région fibro-cartilagineuse non calcifiée est graduelle, tandis que la limite entre les régions fibro-cartilagineuses non calcifiées et calcifiées ("tidemark") est nette. La transition entre le fibro-cartilage calcifié et l'os sous-chondral s'effectue par un système de chevauchements multiples des deux tissus (Cooper et Misol, 1970). Ce type d'enthèses se retrouve davantage au niveau des articulations (Benjamin *et al.*, 1986). L'existence de ces deux types d'insertions a parfois été attribuée aux origines différentes des tissus osseux, selon qu'ils procèdent d'une ossification intramembraneuse ou enchondrale (Biermann, 1957 ; Knese et Biermann, 1958). Elle est parfois aussi imputée à des origines mécaniques (Benjamin *et al.*, 1986). Certaines régions associent toutefois les deux types d'enthèses, comme l'insertion du muscle latéral ptérygoïdien sur la branche mandibulaire, qui est moitié fibreuse et moitié fibro-cartilagineuse (Benjamin *et al.*, 1986 ; Hems et Tillmann, 2000).

Les surfaces osseuses de fixation fibro-cartilagineuses non calcifiées présentent des capacités d'adaptation fonctionnelle aux sollicitations mécaniques, leur permettant de modifier leur structure en fonction des variations de ces dernières (Roux, 1881). L'augmentation des pressions accroît le taux de déposition des tissus minéralisés (figure 171), tandis que leur diminution induit une résorption du tissu osseux, permettant à l'enthèse de se remodeler afin d'acquérir une morphologie fonctionnelle optimale (Lanyon, 1982 ; Ruff *et al.*, 2006).

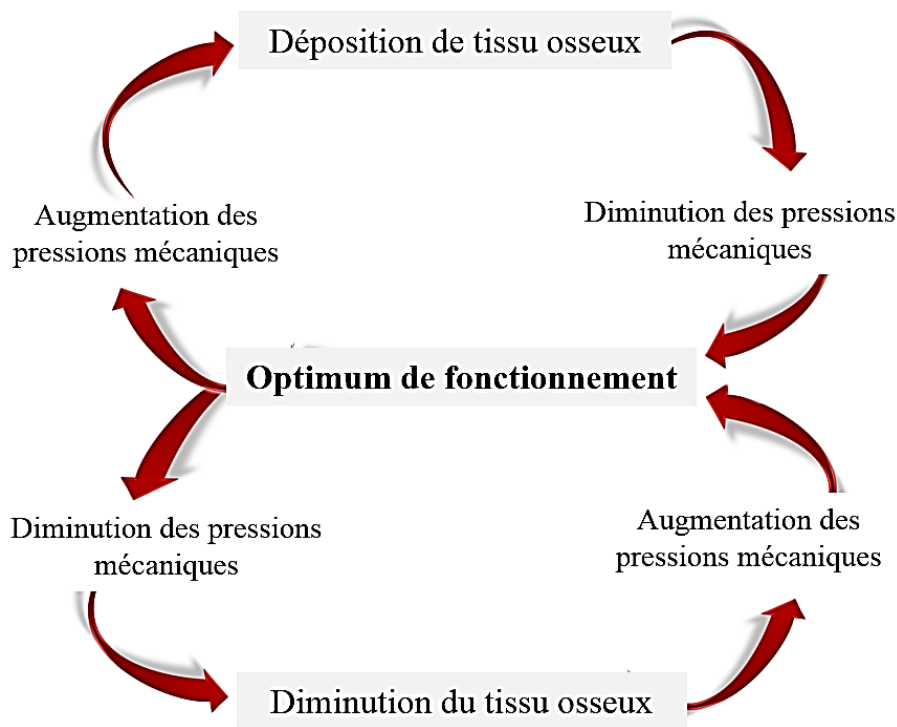


Figure 167. Modélisation des phénomènes d'adaptation de l'os des enthèses fibro-cartilagineuses aux contraintes mécaniques, modifié d'après Lanyon (1982)

L'impact de ces mécanismes varie en fonction des régions anatomiques : la longueur diaphysaire des os longs semble par exemple être moins sujette aux remodelages que leur section diaphysaire (Ruff *et al.*, 1991). L'impact sur la région anatomique varie également en fonction de l'âge, les enthèses des sujets jeunes présentant une réponse adaptative plus forte que les enthèses des sujets âgés (Bertram et Swartz, 1991). Le phénomène d'adaptation de l'os aux sollicitations mécaniques est souvent désigné sous l'appellation de « loi de Wolff », du nom du chirurgien allemand de la seconde moitié du XIX^e siècle qui théorisa ces remodelages adaptatifs de l'os à son environnement (Wolff, 1886). L'expression d'« adaptation fonctionnelle de l'os » semble toutefois correspondre davantage aux conceptions actuelles, la théorie de Wolff (1886) s'attachant davantage à la modélisation mathématique du remodelage (Roux, 1881 ; Roesler, 1981 ; Bertram et Swartz, 1991 ; Ruff *et al.*, 2006).

I.2. Anatomie du radius et de la région bicipitale

Le radius est le support de nombreuses insertions musculaires (Paturet, 1951a) : en face latérale, son tiers supérieur supporte des rugosités qui donnent insertion au muscle supinateur, son tiers moyen à l'empreinte ovale du muscle rond pronateur, tandis que le tiers inférieur est dépourvu d'insertions (figure 172, 7 et 9). Le bord médial est effilé et donne insertion à la membrane interosseuse commune à l'ulna. La face postérieure est pourvue de crêtes obliques pour les muscles longs abducteurs et court extenseur du pouce (figure 172, 17 et 18). La face antérieure donne quant à elle insertion dans sa partie supérieure au fléchisseur superficiel des doigts (figure 172, 8). La tubérosité bicipitale est située en position médio-latérale sur la partie proximale de l'os (figure 172, 5).

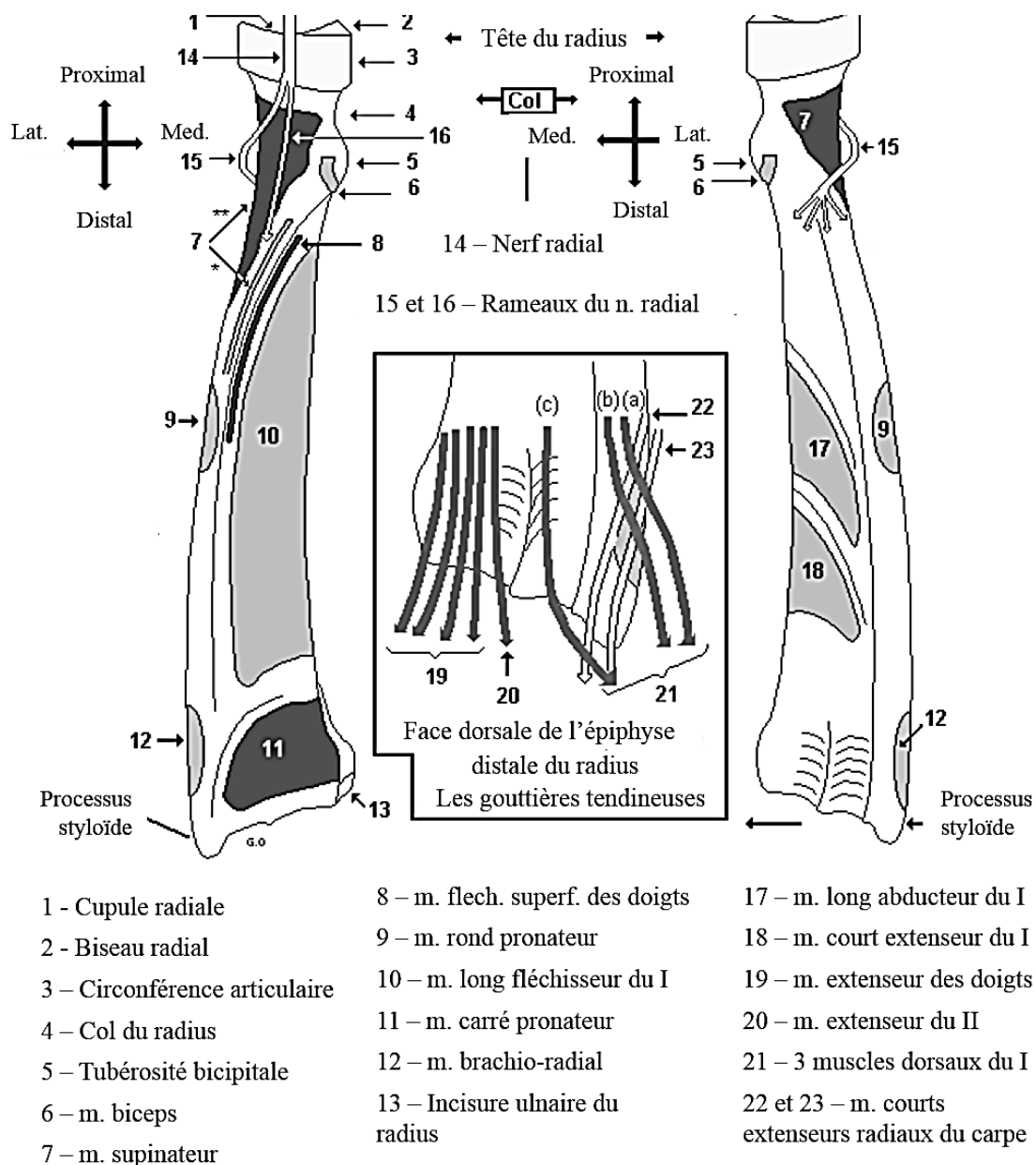


Figure 168. Insertions musculaires sur le radius, modifié d'après Dr. Bendjelloul M., cours de la faculté de Médecine de l'Université Salah Boubnider Constantine 3, Bendjelloul (2017)

Elle donne insertion à l'attache distale du tendon principal du muscle biceps brachial (figure 172, 6), principal muscle supinateur et fléchisseur de l'avant-bras, et fléchisseur accessoire du bras au niveau de l'articulation gléno-humérale (Drake *et al.*, 2006). C'est une enthèse de type fibrocartilagineux (Benjamin *et al.*, 1986). L'insertion du chef long est une région anatomique de forme ovale qui occupe presque toute la tubérosité (figure 173).



Figure 169. Régions d'insertions sur os sec du chef long et du chef court, os mature, modifié d'après Eames (2007, p. 1047), figure d'origine sans échelle

L'insertion du chef court est inférieure à l'insertion du chef long, et de forme triangulaire (figure 173). La bourse bicipito-radiale est localisée entre l'insertion distale du tendon du biceps brachial et la tubérosité bicipitale. En supination, la bourse est située autour du tendon, tandis qu'elle se trouve comprimée entre le tendon et la surface osseuse en pronation (Skaf *et al.*, 1999). Les deux se rejoignent en un seul tendon fixé sur une surface de trois centimètres carrés environ (Mazzocca *et al.*, 2007), prolongé par une lame de tissu conjonctif, l'expansion aponévrotique bicipitale : celle-ci « prolonge le côté médial du tendon et se fixe sur le fascia profond recouvrant le compartiment antérieur de l'avant-bras » (Drake *et al.*, 2006, p 700). Ces deux chefs sont originaires de la scapula, la pointe du processus coracoïde pour le chef court, le tubercule supra-glénoïdal pour le chef long (Drake *et al.*, 2006).

Cette région anatomique a été privilégiée en tant qu'objet d'étude car elle présente, dans le corpus archéologique et suite à nos observations, une variabilité morphologique importante (figure 174). Celle-ci apparaît comme supérieure à celle des autres régions d'insertions observées sur le squelette infra-crânien des mêmes échantillons. Le fait que son développement fasse particulièrement l'objet de divergences dans la littérature scientifique a également été considéré.



Figure 170. Exemples de régions bicipitales dans notre corpus, échelle 1 cm. De gauche à droite : radius droit de B72, vue médiale, radius droit de P272, vue médiale, radius gauche de P214, vue médiale, et radius droit de T6, vue médiale

Le point primitif du radius apparaît d'après Paturet (1951b) aux alentours du quarantième jour de la vie intra-utérine. Il est suivi entre 3 et 6 ans par le point épiphysaire supérieur, disque osseux se soudant à la diaphyse entre 15 et 18 ans pour former la tête du radius. Le point épiphysaire inférieur se développe entre 1 et 3 ans, jusqu'à former l'épiphysaire distale, qui se soude à la diaphyse entre 17 et 25 ans. Paturet (1951b) mentionne alors un « point complémentaire » ou « point bicipital » apparaissant entre 13 et 14 ans sous la forme d'une « lamelle discoïde », laquelle se souderait à la diaphyse aux alentours de 17 ans (figure 175). Scheuer et Black (2016) nuancent cette position en affirmant qu'il n'existe aucun argument en faveur d'un point d'ossification distinct pour la tubérosité bicipitale, même si *“it is possible that it is a flake epiphysis similar to those for the tubercles of the ribs whose epiphyses look very similar before and after union. They have a short independent life, fusing soon after their formation and are therefore only identifiable during the process of fusion”* (Cunningham et al., 2016, p. 295).

Les mêmes auteurs décrivent par ailleurs la tubérosité comme étant fréquemment développée, avec un aspect d'os néo-formé. Sans être identifié comme un « caractère discret », le point secondaire est évoqué comme « occasionnel » et, lorsqu'il est présent, noté à l'instar de Paturet (1951b) comme apparaissant et fusionnant à la puberté. White et Folkens (2000), au contraire, ne mentionnent pas de point d'ossification spécifique à la tubérosité bicapitale et ne distinguent que trois points d'ossification pour le radius, le point diaphysaire et les deux points épiphysaires. Pour Hultkranz (1897), la tubérosité est bien identifiable sur le fœtus au cours du dernier mois de gestation.

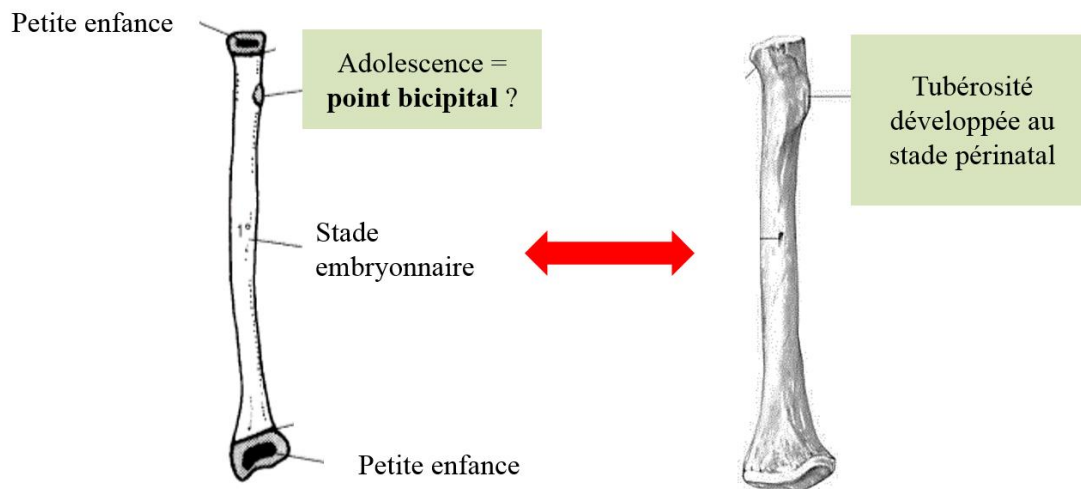


Figure 171. Illustration des différences dans la littérature scientifique concernant l'origine de la tubérosité bicapitale, à gauche : radius d'adolescent en cours de maturation, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p 295), à droite: radius d'un sujet en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.292), échelles différentes

L'existence d'un point d'ossification distinct pour la tubérosité bicapitale fait donc encore l'objet de discussions. La variabilité morphologique de cette région anatomique pour la classe d'âge périnatale est, de même, assez peu documentée dans la littérature anthropologique. Les mentions relatives à l'existence d'une diversité sont rares. On relève par exemple celle de Duday, Laubenheimer et Tillier (1995, p. 72) relativement à la mesure Ra2 « *Longueur du col, prise du bord tranchant médial de l'extrémité proximale au centre de la tubérosité bicapitale (mesure qu'il est difficile de prendre lorsqu'une petite dépression se substitue à la tubérosité)* ».

II. Matériel

Les radius du corpus archéologique observables au moins au niveau du premier tiers supérieur de la diaphyse ont été isolés, ce qui a amené à un total de 78 individus en période périnatale observables au moins d'un côté, 33 de l'échantillon de Saï, 24 de celui de Provins et 21 de celui de Blandy (figure 176). Parmi eux, 49 présentent des radius observables des deux

côtés, et 29 observables unilatéralement. Pour certaines analyses et pour des raisons détaillées ci-après, ont été ajoutés à cet échantillon 10 individus d'un âge compris entre deux mois et un an, dont trois issu de l'échantillon de Saï, quatre de Provins et trois de Blandy (figure 176).

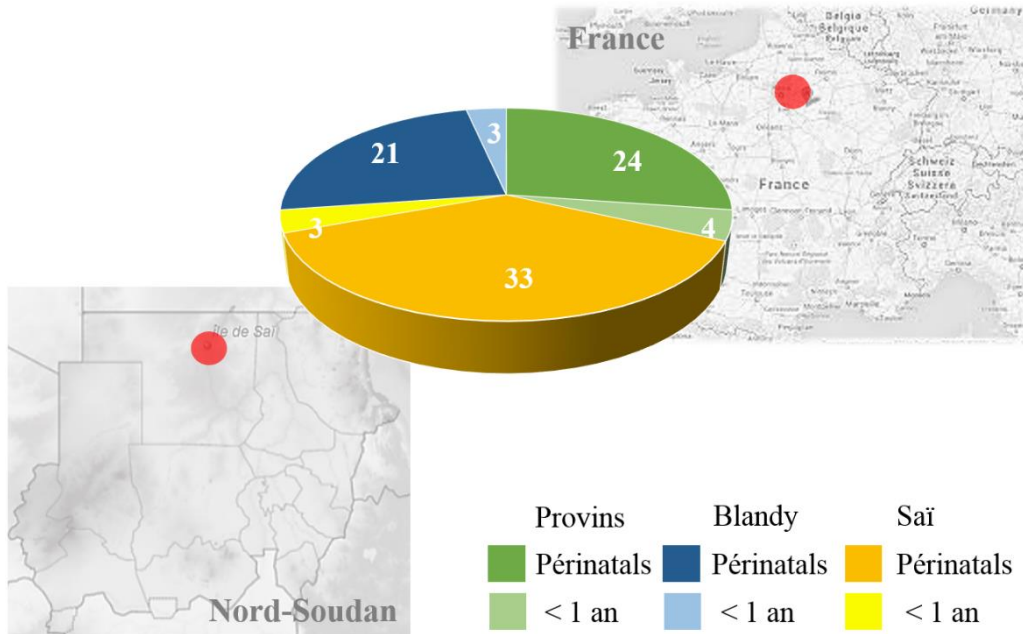


Figure 172. Distribution des radius d'individus décédés en période périnatale observables, < 1 an : sujets dont l'âge estimé est compris entre 48 semaines d'aménorrhée et 1 an moins 1 jour

Pour les sujets plus âgés, quatre sont observables bilatéralement, et cinq unilatéralement. Du fait de la résolution des scanners médicaux, il n'a pas été possible d'effectuer ces observations sur le corpus virtuel de Marseille. Deux aspects de l'enthèse ont été observés macroscopiquement, d'une part la morphologie de la région anatomique concernée (reliefs de l'enthèse), d'autre part l'aspect de sa surface corticale (présence ou absence d'une région ostéolytique).

III. Variabilité morphologique de l'enthèse

Cette partie de l'étude a été réalisée lors d'une première phase d'observation au cours de laquelle seule une partie de l'échantillon de sujets en période périnatale a pu être observée. Les analyses relatives à la variabilité de la surface corticale ont quant à elles été faites à partir d'un échantillon plus large au cours d'une seconde phase (Cf. *infra*, chap. XIII.).

III.1. Méthode : système de cotation macroscopique des reliefs de l'enthèse

Nous avons classé les radius appartenant aux sujets en période périnatale en trois types de reliefs. Le premier est un type « déprimé », porteur d'une dépression ou encoche, avec une absence d'éminence osseuse (figure 177). Le deuxième est le type « complexe », présentant une éminence sous la forme de « becs osseux » ou d'une pellicule osseuse d'apparence néoformée. Ces reliefs ne peuvent toutefois pas être identifiés comme une tubérosité bicipitale, dans la mesure où celle-ci apparaît normalement sous la forme d'une éminence ovalaire bien délimitée (Cf. *supra*, chap. XIII, I.2.). Le troisième type, qualifié de « développé », est quant à lui caractérisé par la présence d'une tubérosité bien délimitée et proéminente par rapport à la diaphyse (figure 177).

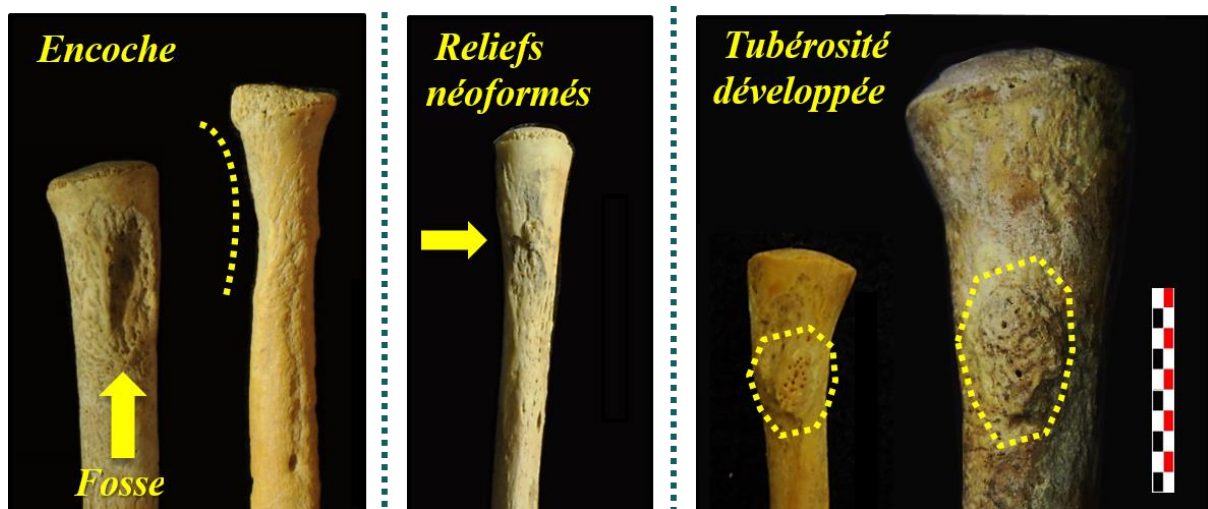


Figure 173. Types de reliefs observés dans notre corpus, échelle 1 cm

La reproductibilité de ce système de cotation (tableau 120) a été testée sur 48 radius grâce à un test inter-observateurs (test Kappa de Cohen non pondéré = 0,7386). L'accord entre les deux séries de cotation a été classé comme fort selon la table proposée par Landis et Koch (1977), et le système a donc considéré comme reproductible.

Obs. 2	Obs.1	Type déprimé	Type complexe	Type développé
Type déprimé		6	0	0
Type complexe		0	34	5
Type développé		0	0	3

Tableau 120. Reproductibilité du système de cotation des types morphologiques, Obs. : observateur

III.2. Résultats

III.2.1. Variabilité générale des reliefs

L'application du système de cotation a été réalisée sur 49 radius gauches de l'échantillon de sujets en période périnatale, et a permis de mettre en évidence l'existence d'une variabilité morphologique de l'enthèse pour cette classe d'âge.

Relief	Saï		Provins		Blandy		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Déprimé	3	13	2	13	0	0	5	10
Complexe	15	65	14	88	9	90	38	78
Développé	5	22	0	0	1	10	6	12

Tableau 121. Cotation de la variabilité des reliefs

Le type de reliefs « complexe » (tableau 121) est majoritaire (n = 38). Il n'est pas possible de délimiter une tubérosité, mais des reliefs néoformés sont présents. Le type « développé » et le type déprimé sont minoritaires (n = 6 et n = 5).

III.2.2. Symétrie gauche / droite

L'existence d'une symétrie ou d'une dissymétrie statistiquement significative entre la gauche et la droite est été testée sur les 38 individus donc le côté gauche et le côté droit sont observables (test du Kappa de Cohen non pondéré, $K = 0,81$). D'après ces résultats, il existerait une variabilité faible entre les reliefs de la région bicipitale à gauche et à droite pour un même individu. L'expression de la morphologie de la région bicipitale a donc plutôt tendance à être similaire bilatéralement pour un même individu, le test n'étant statistiquement pas significatif.

G / D	Déprimé	Complexe	Développé
Déprimé	4	0	0
Complexe	2	26	1
Développé	0	0	4

Tableau 122. Détail des cotations relatives à la symétrie d'expression des tubérosités bicipitales, G : gauche, D : droite

III.2.3. Analyses de corrélations

La liaison entre l'âge central au décès et le type de relief de l'enthèse a été testée par un rapport de corrélation empirique (Saporta, 2006), test similaire au test de corrélation de Pearson mais adapté à l'étude de la liaison entre une variable qualitative et une variable quantitative. D'après ces résultats, il n'existerait pas de liaison significative entre le relief de l'enthèse et l'âge central des individus (rapport de corrélation très faible, $\eta^2 = 0,0112$).

III.2.4. Distribution des types reliefs en fonction des échantillons

L'hypothèse de différences populationnelles dans la distribution des types de reliefs a été discutée (tableau 123).

Reliefs	Échantillon kerma		Échantillon médiéval	
	Saï	Provins	Blandy	Total médiéval
Déprimé	3	2	0	2
Complexe	15	14	9	23
Développé	5	0	1	1

Tableau 123. Distribution des types de reliefs entre les échantillons kerma et médiévaux, radius gauches, individus en période périnatale

De faibles différences sont observées entre la série de Saï d'une part, et les séries de Provins et Blandy d'autre part. La tubérosité de type « développé » apparaît comme plutôt caractéristique de l'échantillon de l'île de Saï. Même si d'après nos observations générales les deux populations françaises présentent des reliefs plus « plats », plus « intermédiaires » que la population soudanaise, la différence n'est pas statistiquement significative d'après le test exact de Fisher à un individu près ($p = 0,125$).

IV. Aspect de la surface corticale dans la région bicipitale

Une nouvelle phase d'analyse a été réalisée dans un deuxième temps à partir de l'échantillon incluant les 78 sujets en période périnatale observables au moins d'un côté et les 10 individus d'âge compris entre 2 mois et 1 an. Cette phase a eu pour objectif de documenter un aspect spécifique de la corticale et son évolution sur des individus plus âgés que ceux de notre corpus, corticale qui sur plusieurs sujets apparaissent comme particulièrement anormale. Pour chacun des radius observables, l'aspect de la surface corticale a donc été observé macroscopiquement au niveau de la région péri-bicipitale. Les observations macroscopiques mettent en évidence l'existence d'un spectre de variation de la surface corticale. Certains radius présentent une surface d'aspect compact, avec des reliefs et des insertions musculaires peu marqués (figure 179). Des porosités sont présentes dans certains cas, mais limitées à la région bicipitale. D'autres radius sont caractérisés par une corticale criblée de porosités, avec une surface d'aspect « écailleux », sur la région bicipitale et sur la diaphyse adjacente à l'enthèse (figure 178 et figure 180). D'après nos observations, les radius présentant une corticale compacte et des porosités limitées appartiennent aux individus les plus jeunes de l'échantillon (sous-classes des grands prématurés et prématurés légers, et sujets périnatales stricts), tandis que les radius présentant une surface corticale criblée et d'aspect « écailleux » sont ceux des sujets les plus âgés (figure 180).



Figure 175. Corticale d'aspect compact, individu S6, radius droit en vue médiale, individu S5, radius droit en vue médiale, individu P10, radius droit en vue médiale



Figure 174. Radius dont la région bicipitale présente des porosités corticales et une absence d'atteinte morphologique

Une partie de ces radius dont la surface corticale présente un aspect écailleux se caractérise par une atteinte très particulière touchant la région bicipitale (figure 178). Il s'agit d'une région où la corticale fait défaut et où les trabécules, complètement exposées, semblent élargies.



Figure 176. Radius dont la région bicipitale présentait des porosités corticales et une atteinte morphologique

Comme pour le cas précédent (figure 180), une hyperactivité du périoste pourrait avoir concerné d'une manière globale la partie proximale de la diaphyse, la région bicipitale se caractérise quant à elle par un défaut de matière plus ou moins important (figure 178). La présence ou l'absence de cette atteinte d'aspect ostéolytique dans la région bicipitale, de même que l'extension médio-latérale de cette atteinte (région antérieure, région antéro-médiale ou région médiale) sont cotées macroscopiquement. Cette cotation est validée par un test inter-observateur effectué sur vingt radius, test qui a montré une concordance de 100 % des observations (Cf. annexe 14).

La distribution des atteintes d'aspect ostéolytique en fonction des sous-classes d'âge et des populations (tableau 124) présente des différences statistiquement significatives d'après le test exact de Fisher pour données non appariées ($p = 5,2 \times 10^{-7}$). Ces résultats confirment qu'il existe bien une expression privilégiée de cette atteinte à la fois chez les individus les plus âgés du corpus, et chez ceux issus des deux populations médiévales (figure 181).

Modalité	GP		PL		PS		N		< 1 an	
	K	M	K	M	K	M	K	M	K	M
Absence	0	6	1	2	18	14	10	4	2	0
Présence	0	0	0	0	0	1	0	5	0	5
no	3	9	1	4	14	6	7	12	1	1

Tableau 124. Occurrences de l'atteinte d'aspect ostéolytique en fonction des sous-classes d'âge et des populations, côté gauche, K : échantillon kerma, M : échantillon médiéval ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : périnataux stricts, N : nourrissons, < 1 an : sujets entre 2 mois et un an, no : non observable

Si dans les trois échantillons les diaphyses des sujets les plus âgés présentent des porosités traduisant une hyperactivité périostée de la diaphyse proximale, l'atteinte morphologique d'aspect ostéolytique localisée au niveau de la région bicipitale n'est observée que sur les individus de Provins et Blandy (Cf. annexe 14).

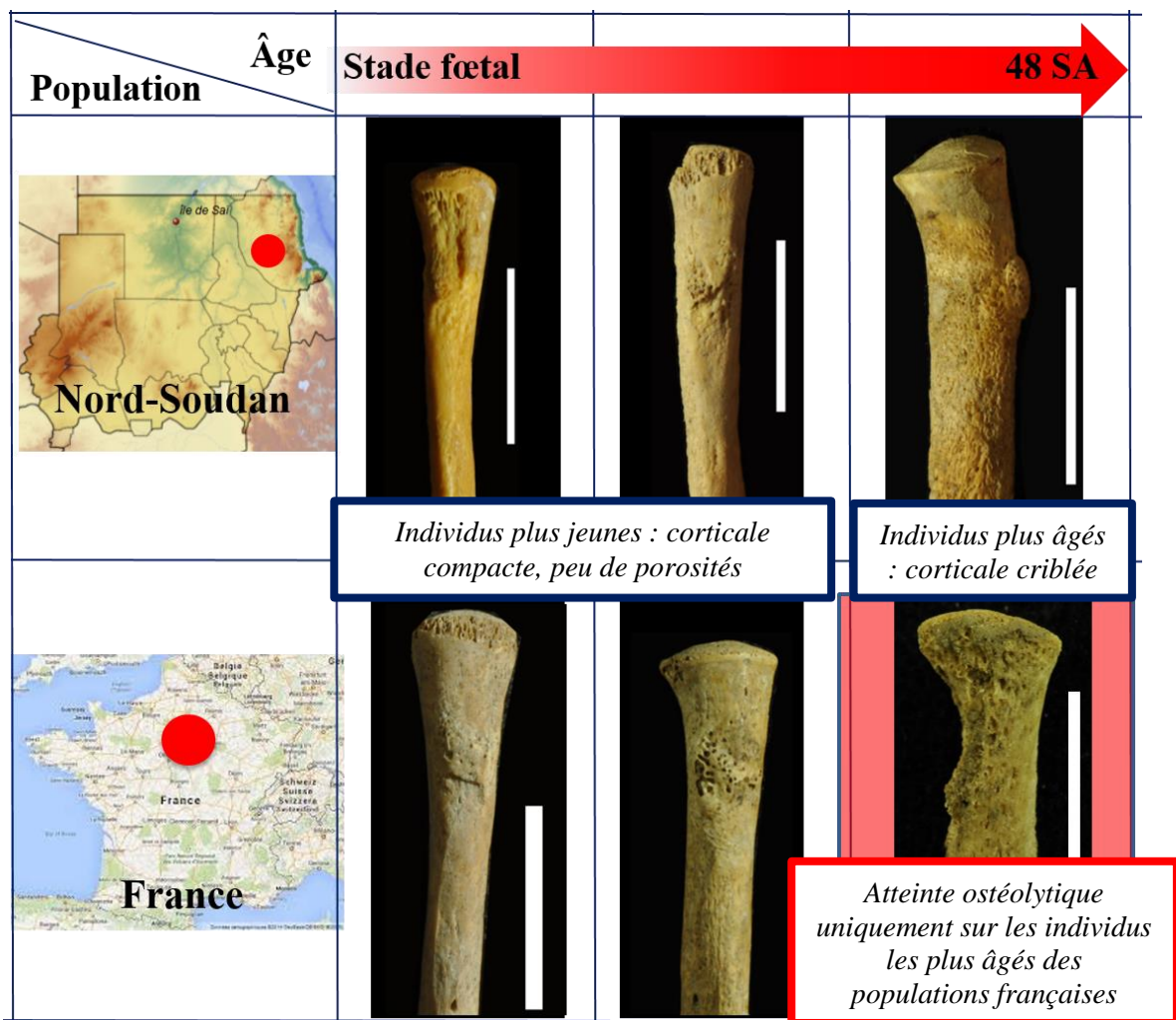


Figure 177. Variabilité de la surface corticale proximale du radius en fonction des échantillons et de l'âge des individus

L'individu le plus jeune présentant cette atteinte avait un âge estimé à 41,9 s.a (individu B70, Cf. annexe 2 et annexe 14). Parmi les individus dont les radius sont observables des deux côtés, l'atteinte s'exprime toujours de manière bilatérale et symétrique, quelle que soit la classe d'âge (tableau 125).

Expression G / D	Occurrences dans la classe d'âge des sujets périnataux	Occurrences parmi les sujets d'âge > 1 an
A / A	38	6
P / P	9	0
A / no	11	1
P / no	2	0
no / A	16	2
no / P	2	0

Tableau 125. Latéralité d'expression de l'atteinte d'aspect ostéolytique, A : absence, P : présence, no : non observable, G : côté gauche, D : côté droit

IV. Origines de la variabilité morphologique de l'enthèse : discussion et perspectives

Différents facteurs déterminants peuvent être évoqués pour expliquer cette variabilité de reliefs et de surfaces. C'est le cas en particulier pour l'atteinte observée sur certains radius dont l'origine a été discutée selon plusieurs hypothèses :

- (i) une atteinte taphonomique
- (ii) un effet de la croissance
- (iii) une atteinte pathologique
- (iv) une hyperostéolyse d'immobilisation

V.1. Hypothèse taphonomique

Le fait qu'il semble s'agir d'un défaut de matière pourrait orienter vers l'hypothèse d'une atteinte taphonomique, potentiellement renforcée par une fragilité accrue de la zone en croissance. Les atteintes sont toutefois similaires et, d'après nos observations, limitées au radius, alors que d'autres zones aussi sensibles à la taphonomie pourraient être touchées. Elles sont de plus observées de manière répétée (sept individus en période périnatale et six des individus plus âgés), dans deux collections dont la datation s'échelonne entre le Haut Moyen-Âge et la période Moderne. S'il n'est pas possible d'exclure que dans certains cas une très légère érosion se soit surimposée à un autre processus ostéolytique, il apparaît que la taphonomie ne puisse pas à elle seule être responsable de cette atteinte localisée.

V.2. Hypothèse de la croissance

L'hypothèse selon laquelle l'apparente hyperactivité périostée traduirait l'existence d'un processus normal de croissance de l'os diaphysaire et épiphysaire a été discutée. Dans la

mesure où il est difficile de distinguer dans la classe d'âge périnatale des appositions périostées pathologiques des appositions périostées non pathologiques (Cf. *supra*, chap. II, I.2.), il serait envisageable que l'atteinte corresponde à une étape normale des processus de croissance. Cette hypothèse pourrait être partiellement soutenue par l'étude de certains modèles animaux mettant en évidence sur le tibia l'existence d'activités ostéoclastiques plus importantes dans les régions quasi-métaphysaires des sujets en croissance (figure 182), se traduisant par des fosses poreuses et légèrement irrégulières, les "metaphyseal depression" (Villotte et Knüsel, 2013).

Même si ce type d'insertion en fosse bien délimitée traduisant une résorption ostéoclastique corrélée à la croissance est observée sur une enthèse fibreuse (Benjamin *et al.*, 2002), en l'occurrence celle du muscle soléaire du tibia, elle pourrait effectivement correspondre aux reliefs « déprimés » observés parmi les individus les plus jeunes (figure 177). Il est en revanche peu probable que ce phénomène puisse expliquer à lui seul les larges atteintes morphologiques présentant un aspect ostéolytique et peu circonscrit

(figure 178). L'ampleur de cette atteinte sur certains radius est difficilement compatible avec le processus normal d'ostéoblasie / ostéoclastie (Cf. *supra*, chap. II, I.2.) intervenant dans la croissance circonférentielle, lequel semble se limiter à une faible épaisseur de la surface osseuse (figure 178 et figure 182) De plus, même en considérant qu'il puisse exister des différences séculaires ou inter-populationnelles au niveau des phénomènes de croissance, le fait que l'atteinte ne touche pas l'échantillon kerma n'est pas en faveur de cette hypothèse. Les radius des sujets kermas les plus âgés montrent au contraire une surface corticale en cours de remodelage, mais dont la morphologie est comparable à celle observées dans les sous-classes d'âges plus jeunes (figure 180). En nous appuyant sur les observations de Villotte et Knüsel (2013), nous considérons que l'aspect criblé et remodelé de la corticale au niveau de la diaphyse des individus les plus âgés dans les deux populations (figure 180) fait effectivement partie du processus normal de croissance.

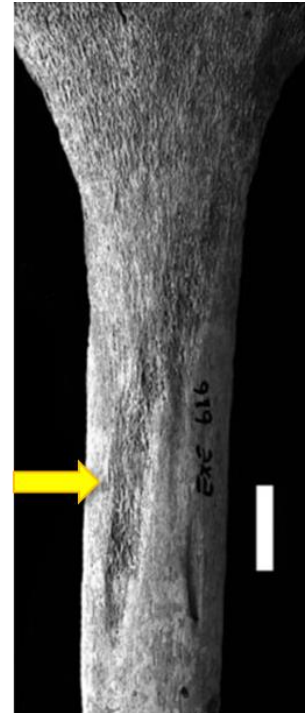


Figure 178. Insertion du muscle soléaire au niveau de l'extrémité proximale du tibia d'un individu immature âgé d'entre 6 et 9 ans. L'enthèse présente une surface caractéristique en fosse avec des striations, des porosités et des irrégularités, échelle : 1 cm, modifié d'après Villotte et Knüsel (2013, p. 141)

V.3. Hypothèse pathologique

L'atteinte pourrait, s'il ne s'agit pas du résultat de phénomènes normaux de croissance, traduire un phénomène pathologique qui reste à identifier. Les étiologies infectieuses bactériennes sont à écarter face au caractère symétrique et bilatéral des atteintes. D'autres étiologies doivent être proposées si l'on reconsidère le caractère ostéolytique de la région anatomique. Identifiée en premier lieu comme une zone de perte osseuse, il pourrait s'agir en réalité d'une zone d'ostéopénie, où la matrice ostéoïde aurait bien été formée mais pas minéralisée, ce qui donnerait un « faux » aspect ostéolytique. Ce type d'hypominéralisation serait concevable dans les cas de rachitisme carenciel ou génétique (Dutour, com. pers.). Les sujets sont toutefois trop jeunes pour avoir développé un rachitisme carenciel, et le rachitisme génétique est trop rare pour expliquer la récurrence des atteintes sur des sujets datant du Haut Moyen-Âge jusqu'à la période moderne (Lewis, 2017b). L'hypothèse pathologique a donc dû être écartée.

V.4. Hypothèse de l'hyperostéolyse d'immobilisation

L'hypothèse selon laquelle il s'agirait d'une hyperostéolyse localisée au niveau de la région bicipitale est donc explorée en prenant appui sur des études actuelles s'attachant à analyser les facteurs de développement des enthèses durant la période post-natale.

V.4.1. Influence de l'immobilisation musculaire sur le développement osseux de l'enthèse

De nombreuses études récentes réalisées *in vivo* sur le modèle animal se sont intéressées au développement des enthèses au cours de la période post-natale, et cela dans le but d'améliorer la viabilité des greffes chez l'adulte (Thomopoulos *et al.*, 2007, 2010, 2012 ; Zelzer *et al.*, 2014 ; Gaut et Duprez, 2016). Des analyses concernant l'importance de la mobilité dans le développement des insertions ont notamment été réalisées sur des souris d'âge compris entre la naissance et 60 jours post-partum (Thomopoulos *et al.*, 2007). Leurs muscles supra-épineux sont immobilisés dès la première journée de vie extra-utérine grâce à une injection localisée de toxine botulique, puis les volumes osseux et les surfaces ostéoclastiques des enthèses sont comparés à l'échantillon de souris dont l'épaule n'est pas immobilisée (groupe de contrôle n'ayant pas reçu d'injection et groupe de contrôle ayant reçu une injection de solution saline). Dans l'intervalle compris entre 15 jours après la naissance et 60 jours, les volumes osseux des

enthèses immobilisées sont très largement inférieurs à ceux des enthèses non immobilisées (figure 183).

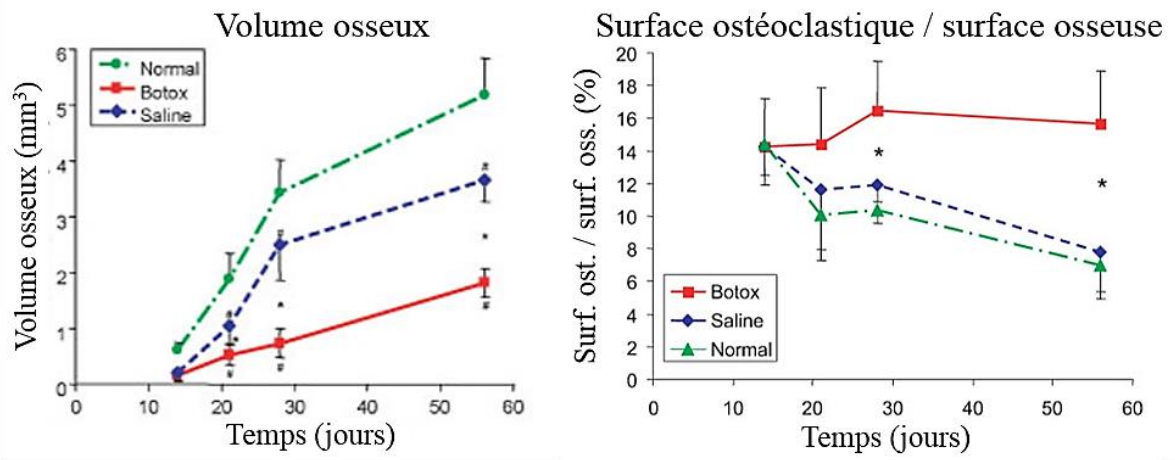


Figure 179. Comparaison des volumes osseux et de la surface ostéoclastique, modifié d'après Thomopoulos et al.(2007, p. 1159)

Les surfaces ostéoclastiques des insertions musculaires des souris immobilisées sont également significativement plus importantes que celles des sujets ayant gardé toute leur mobilité (figure 183). Le défaut de minéralisation est visible au niveau trabéculaire : les espaces inter-trabéculaires sont plus grands et l'épaisseur trabéculaire est inférieure pour les souris immobilisées par la toxine botulique par rapports aux échantillons de contrôle (figure 184).

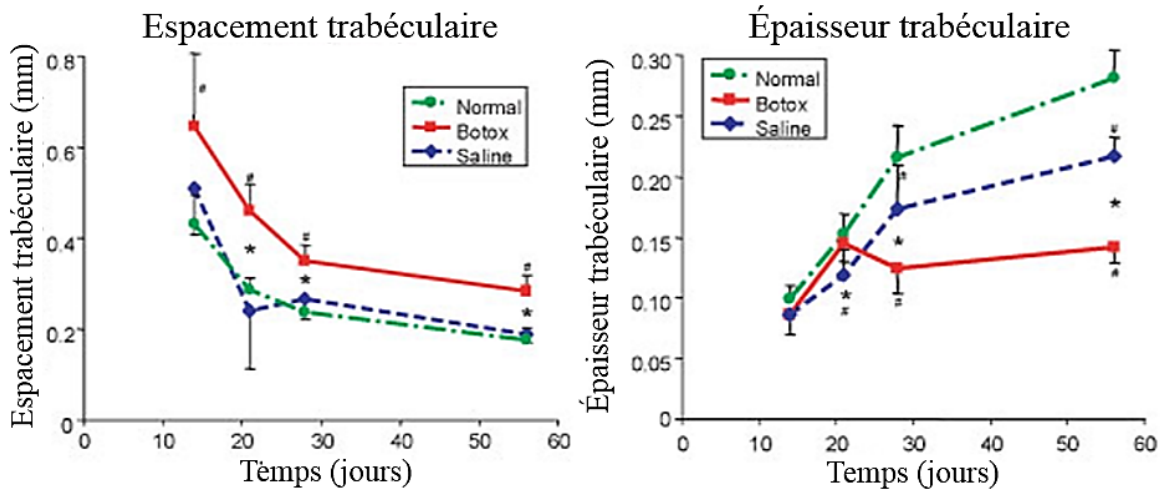


Figure 180. Comparaison des espacements et épaisseurs trabéculaires, modifié d'après Thomopoulos et al. (2007, p. 1159 et 1160)

D'après ces résultats, l'immobilisation musculaire post-partum est donc responsable chez la souris d'un accroissement important des activités ostéoclastiques associé à une diminution des activités de minéralisation dans la région osseuse de l'enthèse. Cela correspond ainsi à un découplage des processus ostéoblastiques et ostéoclastiques normaux attendus dans le cadre d'une croissance osseuse normale.

L'immobilité du membre en développement provoquerait un défaut de minéralisation des structures (Zelzer *et al.*, 2014), et les enthèses des sujets de l'échantillon ayant subi des injections de botox se caractériseraient en interne par une apparence poreuse et des trabécules élargies, et en externe par une corticale faisant localement défaut (figure 185).

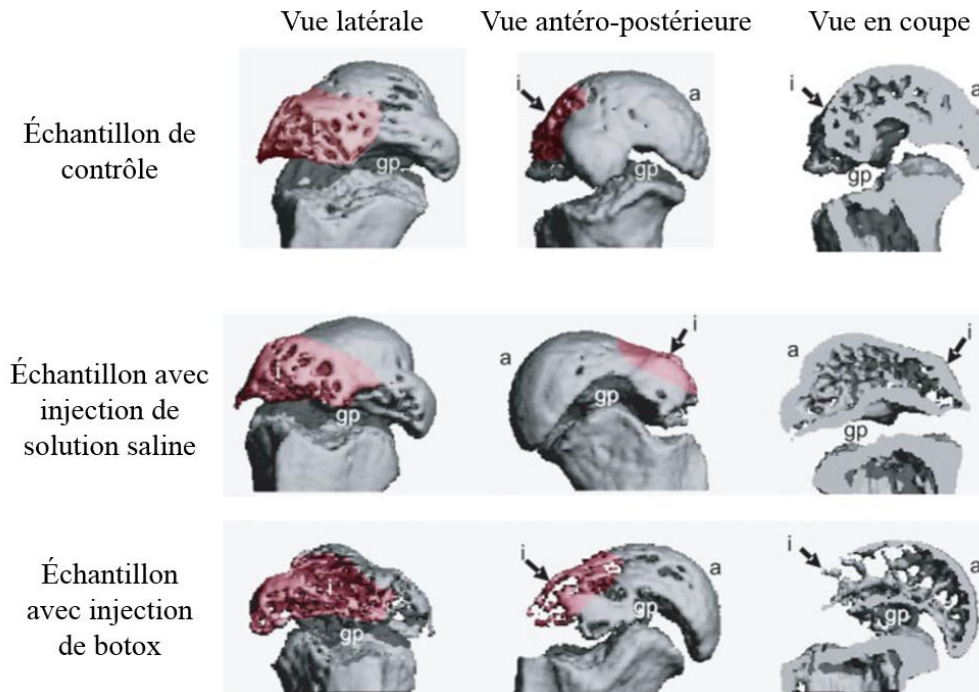


Figure 181. Isosurfaces des micro-scans des différents échantillons, insertion du tendon en rouge, *i* : insertion tendon / os de souris, *a* : surface articulaire de la tête humérale, *gp* : plateau de croissance, modifié d'après Thomopoulos *et al.* (2007, p. 1159)

D'après les observations des auteurs, ces processus seraient, de plus, particulièrement actifs au niveau des structures proéminentes (figure 185), comme par exemple la tubérosité deltoïdienne ou la tête humérale (Zelzer *et al.*, 2014). Ces dynamiques ostéolytiques ne sont pas observées dès la naissance : l'écart de minéralisation s'exprime à partir des 15 premiers jours post-partum (figure 183 et figure 184). D'après Thomopoulos et collaborateurs (2007), la morphologie et l'état de surface des enthèses chez la souris seraient ainsi majoritairement « canalisées » par des facteurs génétiques durant la grossesse et au tout début de la vie extra-utérine, puis par la stimulation musculaire liée aux mouvements à partir de deux semaines environ de vie extra-utérine (Thomopoulos *et al.*, 2007).

V.4.2. Croisement de données biologiques et anthropologiques

La présence ou l'absence de l'atteinte ostéolytique de la région bicipitale du radius dans notre corpus archéologique a été discutée au regard des résultats de l'influence de l'immobilisation issus de la littérature bio-médicale (Thomopoulos *et al.*, 2003, 2007, 2010,

2012 ; Das *et al.*, 2011 ; Zelzer *et al.*, 2014 ; Killian et Thomopoulos, 2016). Deux arguments nous permettent de proposer un rapprochement entre les phénomènes :

- (i) La proximité physiologique entre les atteintes : comme dans les études biomédicales, les atteintes dans notre corpus sont caractérisées par une diminution du volume osseux et une inversion de relief, la tubérosité observée dans l'échantillon de Saï étant absente et remplacée par une concavité.
- (ii) Leur présence limitée aux individus les plus âgés des séries de Provins et de Blandy (*Cf.* annexe 14), à partir d'un âge estimé à 42 s.a.

Ces critères nous amènent à discuter l'hypothèse selon laquelle les atteintes dans le corpus archéologique tradiraient une immobilité des membres supérieurs des individus dans la période post-natale. Le fait que l'occurrence de l'atteinte soit limitée à l'échantillon médiéval appuie la possibilité que cette immobilisation soit induite par une pratique culturelle spécifique, l'embaillotement. Ce maintien forcé des membres supérieurs et inférieurs dans une position d'extension implique une limitation, voire une restriction totale des mouvements naturels au cours des premiers mois de la vie. Cet usage est généralisé et systématique dans les populations antiques, médiévales et modernes européennes (Dasen, 2010b). Dans l'Antiquité romaine, l'enfant est embailloté juste après le premier bain, afin de protéger son corps des déformations (Dasen, 2010b, p. 700). La pratique est dépeinte par Soranos d'Ephèse dans son traité sur les maladies de femmes : « nous pensons que l'embaillotage sert à raffermir le corps et à empêcher ses malformations, nous conseillons d'enlever les bandelettes au moment où le corps est déjà moyennement ferme et où il n'y a plus à craindre qu'une des parties se déforme » (Soranos 1990 cité par de Cazanove, 2008). D'après le médecin grec, les langes peuvent être abandonnés entre le 40^e et le 60^e jour de vie. Cette durée est jugée trop courte par Platon, lequel le préconise au contraire jusqu'à l'âge de deux ans (Brisson et Pradeau, 2006). La pratique perdure au Moyen-Âge, comme en témoignent les écrits de l'encyclopédiste Barthélémy l'Anglais, lequel assure au XIII^e siècle – dans la lignée des écrits antiques - que la pratique garantit une croissance de l'enfant sans déformation (Louis, 1991). Les nouveau-nés restent alors embaillotés jusqu'à l'âge d'un an ou plus (figure 186), avec une évolution du « maillot » libérant les membres supérieurs pour préparer le passage à la robe (Orne 2004 p. 62 cité par Parrat-Dayan, 1991). Au XVII^e siècle, le futur roi de France Louis XIII est par exemple embailloté de sa naissance jusqu'à l'âge de huit mois (Parrat-Dayan, 1991).

La peur des malformations est, là-encore, citée comme raison principale : « l'enfant doit être ainsi emmailloté afin de donner à son petit corps la figure droite, qui est la plus décente et la plus convenable à l'homme, et pour l'accoutumer à se tenir sur ses deux pieds ; car sans cela il marcherait peut-être à quatre pattes, comme la plupart des autres animaux » (Mauriceau 1681 cité par Parrat-Dayan, 1991).



Figure 182. Le nouveau-né, Georges de la Tour, 1648, illustration de l'emmaillotement

Les premières critiques datent du XVIII^e siècle : Desessartz explique en 1760 que les nourrices, en serrant trop les langes, déforment le corps des enfants (Parrat-Dayan, 1991). Il est toutefois probable que ces observations soient renforcées par la forte prévalence du rachitisme, et le discours a plutôt pour but d'inciter les mères de famille à réaliser elles-mêmes l'emmaillotement. D'autres auteurs le condamnent en exaltant le rôle du mouvement et de la Nature, chère aux penseurs de l'époque : « il est très nécessaire, pour accroître et fortifier ses petits membres, qu'il puisse les exercer librement » (Ballexserd 1762 cité par Parrat-Dayan, 1991). Ces nouvelles opinions n'ont toutefois que peu d'impact sur la pratique qui demeure généralisée, comme le souligne Fonssagives en 1870 : « la routine est à l'épreuve des révolutions. La Bastille tombe, le maillot reste » (cité par Parrat-Dayan, 1991). L'emmaillotement total est par ailleurs encore en usage et fortement conseillé dans les campagnes morvandelles françaises au début des années 1950 (A.-M. Partiot, com. pers.).

Si la pratique est avérée dans les populations européennes depuis l'Antiquité, elle n'est en revanche jamais attestée pour les populations égyptiennes antiques, et, nous le supposons,

pour les populations kermas. L'enfant est classiquement représenté nu et libre de ses mouvements dans les figurations égyptiennes (figure 187).



Figure 183. Vase en terre cuite représentant une femme allaitant un nourrisson. Nouvel Empire égyptien, collection du Musée du Louvre, Paris

Cette différence de traitement des nouveau-nés pourrait expliquer que les sujets de la série kerma, ne faisant pas l'objet d'une immobilisation des membres, ne développeraient pas l'ostéolyse identifiée au niveau de la région bicipitale des sujets des séries médiévales.

V.4.3. Un « marqueur d'inactivité » ?

On a pu parler de « marqueurs d'activités » chez les adultes pour les régions ayant fait l'objet d'une « hyper-sollicitation » (Villotte, 2006, 2008b). Dans le cas présent, pour les sujets en période périnatale, c'est l'hypo-sollicitation qui aurait un impact visible et rapide sur la région d'insertion. Le type d'atteinte ostéolytique décrit sur les séries médiévales pourrait donc représenter un « **marqueur d'inactivité** » au sens où elle traduirait la réaction physiologico-fonctionnelle de l'os à l'immobilisation post-partum du membre. Si cette hypothèse est vérifiée, cette atteinte constituerait dans le même temps un « critère de vitalité », témoignant d'une survie de l'individu sur une durée d'au moins quelques semaines après la naissance, le temps de passer d'une « canalisation du développement » majoritairement génétique à une « canalisation du développement » majoritairement mécanique.

Il est intéressant de souligner que ce temps de latence de deux semaines, bien qu'observé sur modèle animal, semblerait correspondre aux observations dans le corpus archéologique, puisque l'individu le plus jeune exprimant l'ostéolyse a un âge estimé à 42 s.a. environ.

V.4.4. Pourquoi la région de la tubérosité bicipitale ?

Sur certains radius, l'ostéolyse semble occuper une surface supérieure à celle occupée par l'insertion musculaire du biceps brachial. L'atteinte est en effet présente jusqu'au niveau de ce qui apparaît comme le col du radius, ce qui peut donner l'impression qu'elle s'étend supéro-inférieurement bien au-delà de la tubérosité (figure 188).

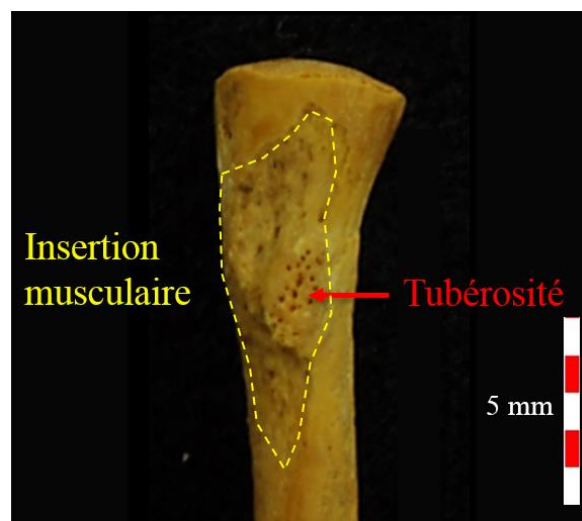


Figure 184. Extension de l'insertion musculaire au-delà de la tubérosité bicipitale au stade périnatal, radius gauche de S6, vue médio-latérale

Cette impression peut toutefois être induite par le fait que la partie proximale du radius est absente par rapport au radius adulte, puisque le point d'ossification de l'épiphyse proximale, le disque qui forme la circonférence articulaire, n'apparaît que vers 6 mois post-partum (Cyteval *et al.*, 2004). De même, l'extension périphérique de l'atteinte dépasserait apparemment médio-latéralement la tubérosité à proprement parler. D'après nos observations, c'est l'insertion musculaire elle-même qui, pour cette classe d'âge, outrepasserait la tubérosité (figure 188).

Outre « l'effet d'optique » induit par l'absence du disque épiphysaire, un autre argument peut être avancé pour expliquer la localisation particulière très supérieure de l'enthèse. Dörfl (1980a ; b) met en effet en évidence sur le modèle animal l'existence d'un phénomène de « migration » des régions d'insertion diaphysaires au fur et à mesure de la croissance. Au regard de ses dynamiques longitudinales et circonférentielles (*Cf. supra*, chap. II, I.2.) et de l'ossification continue au niveau des plateaux de croissance, une insertion « fixe » se trouverait

au fur et à mesure « repoussée » vers le milieu de la diaphyse. Dans le cas des sujets en période périnatale, la localisation très haute de l'enthèse par rapport à la diaphyse pourrait donc s'expliquer par le fait que les tissus néoformés doivent nécessairement se développer supérieurement à ceux déjà présent, et ce pour que l'enthèse en fin de croissance soit bien présente au niveau proximal. Cette hypothèse expliquerait que l'insertion musculaire en elle-même outrepassse la tubérosité en direction proximale et médio-latérale.

Comme exposé précédemment, les remodelages importants touchant la diaphyse, identifiés également sur l'échantillon de Saï, peuvent d'après nos observations se rapporter à ces processus normaux de croissance diaphysaire. Il s'agit des régions d'insertion du muscle long fléchisseur du rayon I et du fléchisseur superficiel des doigts, de l'abducteur et de l'extenseur du rayon I, ainsi que la surface d'attache de la membrane inter-osseuse (figure 172). S'il n'y a pas lieu d'y voir systématiquement l'impact de l'immobilisation de la région, les remodelages apparaissent cependant comme plus importants chez les individus présentant une atteinte ostéolytique (figure 178). L'amélioration du protocole de cotation de la variabilité de surface (avec par exemple une approche micro-métrique ou des analyses fines de la structure corticale *via* des examens micro-scanners ou microscopiques) pourrait permettre à l'avenir d'évaluer ces remodelages périostés diaphysaires.

D'après notre étude ostéologique macroscopique, la région de la tubérosité bicipitale serait dans le corpus archéologique la seule enthèse présentant un type aussi prononcé d'atteintes ostéolytiques. La tubérosité de l'ulna, elle aussi support du muscle brachial, n'est pas identifiée comme porteuse de lésions du même type, ni l'articulation proximale de l'humérus, pourtant sollicitée dans le cadre de mouvements du membre supérieur. Même si l'amélioration du protocole d'évaluation de la variabilité de la surface corticale apparaît comme importante pour évaluer cette variabilité, plusieurs hypothèses peuvent expliquer l'importance de l'atteinte sur la région bicipitale.

Il est possible que la nature de l'enthèse, qu'elle soit fibreuse ou fibro-cartilagineuse, ait une influence sur la réaction de l'os. Chez l'adulte, les enthèses fibreuses osseuses sont fixées à l'os *via* une région d'ancrage irrégulière ou d'un relief osseux, tandis que les enthèses fibro-cartilagineuses présentent une surface d'accroche plus complexe, associant fibro-cartilage calcifié et os sous-chondral (Benjamin *et al.*, 2002). Ces structures ne se développant que progressivement chez l'enfant (Thomopoulos *et al.*, 2010), il serait envisageable que les enthèses fibro-cartilagineuses réagissent, en raison de leur composition et en fonction de leur état de maturation, de manière différente, voire de manière plus « visible » macroscopiquement.

La seconde hypothèse expliquant le caractère isolé de ces atteintes ostéolytiques est la possibilité que les contraintes exercées sur l'enthèse soient variables, et que les atteintes ne soient identifiables que sur les enthèses soumises à des pressions importantes. Là-encore, la différence entre enthèses fibreuses et fibro-cartilagineuses peut jouer un rôle : sur l'adulte, les insertions au niveau des diaphyses sont perçues comme subissant peu de forces de traction et de compression en cas de sollicitations mécaniques intenses ou répétées (Benjamin et Ralphs, 1998). Les enthèses fibreuses seraient donc en premier lieu moins à même de se voir fortement sollicitées.

De la même manière, il est possible que la contrainte exercée par l'immobilisation soit plus forte au niveau de l'insertion distale du biceps brachial, dans la mesure où elle irait à l'encontre de la position physiologique du sujet en période périnatale (figure 189).

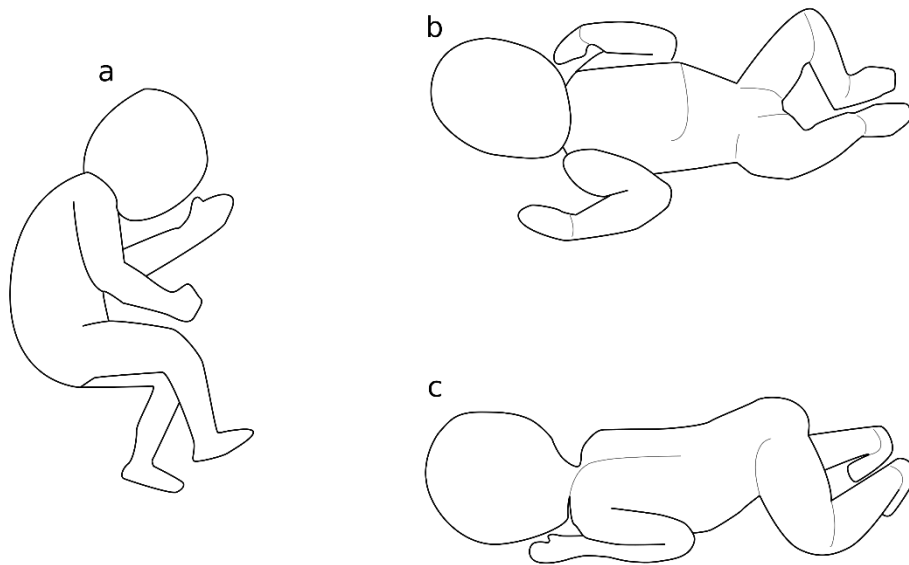


Figure 185. Illustration des positions « anti-gravités spontanées » physiologiques adoptées par les nouveau-nés en a : décubitus latéral, b : décubitus dorsal et c : procubitus, dessin d'après <http://g.bb.free.fr/index.php?rep=cocon&page=cagr> modifié par C-E Fischer

Le fait de maintenir le membre supérieur en extension va, de fait, complètement à l'encontre de la position naturelle documentée pour le nouveau-né. Les études sur la motricité des nourrissons ont en effet montré que ces derniers, afin de s'adapter à la pesanteur de leur nouvel environnement, adoptent spontanément des positions « anti-gravité », caractérisées par une hypotonie du tronc et une hypertonie des membres (Bullinger, 1998 ; Grenier, 2000). En décubitus dorsal, les membres supérieurs reposent librement en flexion de chaque côté du corps, et les membres inférieurs en flexion au-dessus du sol (figure 189). En procubitus, les membres supérieurs sont fléchis et rassemblés au niveau du thorax, afin de maintenir la ceinture scapulaire, et les membres inférieurs reposent en flexion en appui sur les genoux et la pointe

des pieds (figure 189). En décubitus latéral, la flexion des membres supérieurs et inférieurs stabilisent là-encore le sujet (figure 189). Le fait qu'un enfant n'adopte pas spontanément ces positions est par ailleurs considéré comme le possible symptôme d'un problème de développement (Vasseur, 2000).

La flexion des membres supérieurs et inférieurs dans les premières semaines de vie constitue donc un impératif nécessaire au maintien d'un état d'équilibre de l'enfant, état que ce dernier atteint de manière instinctive. On peut donc considérer que l'emballotement, en allant à l'encontre de ces positions-reflexes, exercerait sur les membres - et en particulier les membres supérieurs - une contrainte extrêmement forte. En allant à l'encontre des mouvements de flexion de l'avant-bras, on peut considérer que les pressions s'exercent en particulier sur le principal muscle fléchisseur et supinateur de l'avant-bras, c'est-à-dire le biceps brachial, et donc sur son attache distale, la tubérosité bicipitale. Cette pratique pourrait donc être susceptible d'avoir un impact majeur sur le développement de l'enthèse.

Synthèse

Bien que fréquemment incluses dans l'étude biologique des sujets adultes, les observations des insertions musculaires et des surfaces corticales des individus décédés en période périnatale demeurent peu abordées. Nos analyses se sont concentrées sur une zone présentant une variabilité importante dans le corpus archéologique, la **région de la tubérosité bicipitale du radius**.

Les résultats ont mis en évidence une diversité de reliefs et d'aspect de la surface corticale dans la région d'insertion. Si la morphologie de certains radius peut être attribuée aux variations normales liées aux phénomènes de croissance, une partie d'entre eux présente en revanche une **atteinte très particulière d'aspect ostéolytique** touchant la région bicipitale. Cette atteinte, bilatérale et symétrique, n'est retrouvée que parmi les sujets les plus âgés des deux séries médiévales.

Différentes hypothèses expliquant l'existence de cette atteinte ont été discutées, dont en premier lieu l'hypothèse taphonomique. Le fait que les atteintes soient similaires, bilatérales et retrouvées sur deux collections dont la datation s'échelonne entre le Haut Moyen-Âge et la période Moderne n'est pas en faveur de celle-ci, même s'il n'est pas exclu que dans certains cas une légère érosion se soit surimposée à l'atteinte ostéolytique. Cette dernière pourrait également refléter un processus normal de croissance diaphysaire, dont l'aspect au niveau de la surface corticale et pour cette classe d'âge est lui-même très peu documenté.

L'ampleur de l'atteinte est toutefois très peu compatible avec ce que l'on pourrait concevoir comme un processus normal d'ostéoblasie et d'ostéoclastie, et son absence sur l'échantillon kerma s'explique difficilement par des différences populationnelles ou séculaires. L'existence d'une pathologie (comme un rachitisme) qui serait responsable d'une hypominéralisation a également été écartée en raison de l'âge des sujets et de la récurrence des atteintes dans deux échantillons distants chronologiquement.

La comparaison avec les résultats des études réalisées *in vivo* sur le modèle animal amènent finalement à privilégier l'hypothèse d'une **hyperostéolyse d'immobilisation**. Ces études ont démontré l'importance de la mobilité dans le développement « normal » des enthèses, et notamment l'apparition d'une ostéolyse localisée dans les cas d'immobilisation musculaire post-partum. L'identification de l'atteinte sur les sujets dont l'âge estimé est supérieur à 42 semaines d'aménorrhée s'expliquerait par la nature des dynamiques ostéolytiques. Celles-ci étant majoritairement « canalisées » par des facteurs génétiques au cours de la grossesse et au tout début de la vie extra-utérine, l'influence des facteurs mécaniques ne deviendrait prédominante (en tous cas sur le modèle animal) qu'après deux semaines post-partum environ.

Le croisement des résultats obtenus sur le corpus archéologique avec les données anthropologiques et historiques a permis d'avancer une hypothèse expliquant à la fois la présence d'une hyperostéolyse d'immobilisation et les disparités entre l'échantillon kerma et médiéval. Nous avons proposé l'hypothèse selon laquelle l'atteinte ostéolytique serait due à **l'immobilisation des membres du nouveau-né par la pratique de l'embaillage**, dont l'usage est systématique au Moyen-Âge et à la période moderne, mais jamais attesté dans les populations nilotiques. L'atteinte pourrait donc constituer à la fois un « **marqueur d'inactivité** » et un critère de vitalité, puisqu'elle traduirait à la fois l'immobilisation et la survie du sujet sur au moins quelques semaines post-partum. Sa localisation préférentielle au niveau du radius pourrait être liée au fait que la position d'extension du membre supérieur, en allant à l'encontre des positions physiologiques du nouveau-né, impliquerait une très forte contrainte sur l'insertion du biceps brachial, principal muscle fléchisseur et supinateur de l'avant-bras.

Les perspectives d'études sur la variabilité des enthèses chez le sujet en période périnatale sont donc nombreuses, et incluent en premier lieu des recherches complémentaires avec un protocole adapté pour coter la présence ou l'absence d'atteintes ostéolytiques sur les autres enthèses du membre supérieur, et en particulier celles de la tête humérale et de la région proximale de l'ulna. La question des différences entre enthèses fibreuses et fibro-cartilagineuses

devra également être considérée, de même que celle de la variabilité des insertions des muscles fléchisseurs du membre inférieur (muscles biceps fémoral, semi-tendineux et semi-membraneux). Cette recherche devra donc également passer par l'observation d'autres séries archéologiques aux contextes culturels documentés (populations pratiquant ou non l'embaillotement).

Si l'étude des insertions musculaires s'insère dans le cadre des problématiques d'identification de potentiels marqueurs de vitalité, d'autres traits de variabilité non métrique peuvent être discutés au regard de celle des critères de morbidité. C'est le cas des côtes surnuméraires cervicales évoquées précédemment parmi les VANM (Cf. *supra*, chap. X), et dont nous avons pu étudier la variabilité et les fréquences dans l'échantillon de l'île de Saï et la série virtuelle de Marseille dans le prochain chapitre.

Chapitre XIV.

Variabilité non métrique et critères de morbidité : l'exemple des côtes surnuméraires cervicales

“Despite the large quantity of data available on the incidence of cervical ribs in the adult little attention has been paid to defining the natural history of this variant in utero.” (McNally et al., 1990, p. 125).

La côte cervicale est une côte surnuméraire localisée au niveau de la septième, voire de la sixième ou cinquième vertèbre cervicale, qui peut s'exprimer de manière unilatérale ou bilatérale (Adson et Coffey, 1927). Elle est aussi définie comme un développement congénital osseux ou fibreux du processus costal de la 7^e vertèbre cervicale (Adams et Hamblen, 2007). Cette variation anatomique non métrique est considérée comme ayant une origine génétique et se trouve être bien documentée dans les populations adultes actuelles (Gruber, 1869 ; Le Double, 1912 ; Jones, 1913 ; Denninger, 1931 ; Patterson, 1940 ; Barnes, 1994). Sa première description remonte à l'Antiquité tardive avec les écrits de Galien, médecin et philosophe grec auteur d'un travail fondateur en anatomie humaine (Boudon-Millot, 2012).

Elle fait ensuite l'objet de nombreux travaux à partir du XVIII^e siècle et de la présentation d'un cas de côtes surnuméraires cervicales bilatérales à l'Académie des Sciences (Hunauld, 1742). Une synthèse des premières études sur l'homme est par ailleurs proposée par Le Double (1912). Les monographies de Gruber (1849 ; 1869) ou Patterson (1940) rapportent également les analyses et descriptions anatomiques de nombreux cas médicaux. Les travaux sur le sujet sont aujourd'hui nombreux, en particulier en raison des pathologies qui peuvent lui être associées (*Cf. infra*, chap. XIV, VII.2.). Cette anomalie constitue, de même, un axe de recherche très développé en biologie évolutive. Les études portant sur la séquence du squelette axial chez les vertébrés sont en effet hautement informatives relativement aux contraintes évolutives affectant les organismes (Galis, 1999 ; Galis *et al.*, 2006).

Alors que la séquence vertébrale chez les oiseaux, les reptiles et les amphibiens montre une très grande variabilité, elle est au contraire extrêmement constante parmi les mammifères (Leboucq, 1896 cité par Van der Geer (2017) ; Schulz, 1960 ; Galis, 1999). La très faible variation intra-spécifique de cette séquence chez ces derniers apparaît comme liée à d'importantes pressions de sélection négative (Galis, 1999 ; Galis *et al.*, 2006 ; Furtado *et al.*, 2011 ; Ten Broek *et al.*, 2017 ; van der Geer et Galis, 2017).

Si la côte cervicale chez l'adulte est très bien documentée en contextes médicaux et anthropologiques, elle n'est que très récemment devenue un objet d'étude dans les populations immatures (Chan *et al.*, 2013). Elle a été à l'origine identifiée dans des corpus actuels de sujets immatures à l'occasion d'exams médicaux ou médico-légaux (Southam et Bythell, 1924 ; Menarguez Carretero et Campo Munoz, 1967 ; Grønvall et Graem, 1989). Même si les fréquences de ce caractère dans les séries de sujets en période périnatale sont de mieux en mieux documentées, de nombreuses questions demeurent ouvertes quant à son origine, son développement ou encore sa variabilité morphologique.

Alors que les différences morphologiques des côtes surnuméraires adultes sont largement décrites (Gruber, 1869 ; Patterson, 1940), les données relatives à la variabilité ostéologique des éléments costaux de sujets en période périnatale demeurent très rares. S'il n'existait jusqu'alors aucune série archéologique de sujets immatures incluant une forte fréquence de côtes cervicales, les résultats des fouilles de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï permettent aujourd'hui d'apporter des données inédites.

Le but de notre étude était double :

- (i) documenter la variabilité morphologique de la côte cervicale chez le sujet en période périnatale grâce à un corpus archéologique inédit, celui de la série de la nécropole 8B-51,
- (ii) obtenir et comparer les fréquences d'apparition de ce caractère dans les corpus archéologique et virtuel ainsi que relativement à des populations adultes en s'appuyant sur des données issues de la littérature scientifique, et cela afin de discuter la variabilité d'expression de ce caractère dans la classe d'âge périnatale.

I. Ontogénie du rachis : rappels généraux, d'après Barnes (1994)

Selon les références citées en partie introductive (*Cf. supra*, chap. II, I.1.) et les précédents travaux de Barnes (1994), il est possible de résumer l'ontogénie du rachis et des côtes. Le développement de la colonne cervicale a lieu à partir de la segmentation du

mésoderme para-axial et de son organisation en somitomères. Ces dernières évoluent entre les stades de Carnegie 9 et 13 en somites (*Cf. supra*, chap. II, I.1.), unités embryonnaires répétées de part et d'autre du tube neural et de la corde le long de l'axe antéro-postérieur de l'embryon. Les somites font ensuite l'objet d'une post-ossification vertébrale (Viertel *et al.*, 2012).

I.1 Stade embryonnaire blastémal (mésenchymateux)

La formation du squelette axial débute le 16^e jour après la conception avec la migration de cellules primordiales du sillon primitif vers l'extrémité caudale du disque embryonnaire. Les cellules mésenchymateuses se répartissent en deux colonnes de tissus mésenchymateux dénommées mésoderme paraxial, de chaque côté de la notochorde. Au 21^e jour, les colonnes se segmentent pour former des somites, structures hémi-métamériques symétriques qui débutent à l'extrémité céphalique et progressent vers l'extrémité caudale. Ces 42 ou 45 paires de somites évoluent pour former une partie du condyle occipital et de la partie supra-occipitale, ainsi que la colonne vertébrale. On compte habituellement huit paires pour le rachis cervical. Les paires de somites finissent par fusionner puis par se différencier en trois types de cellules (figure 190).

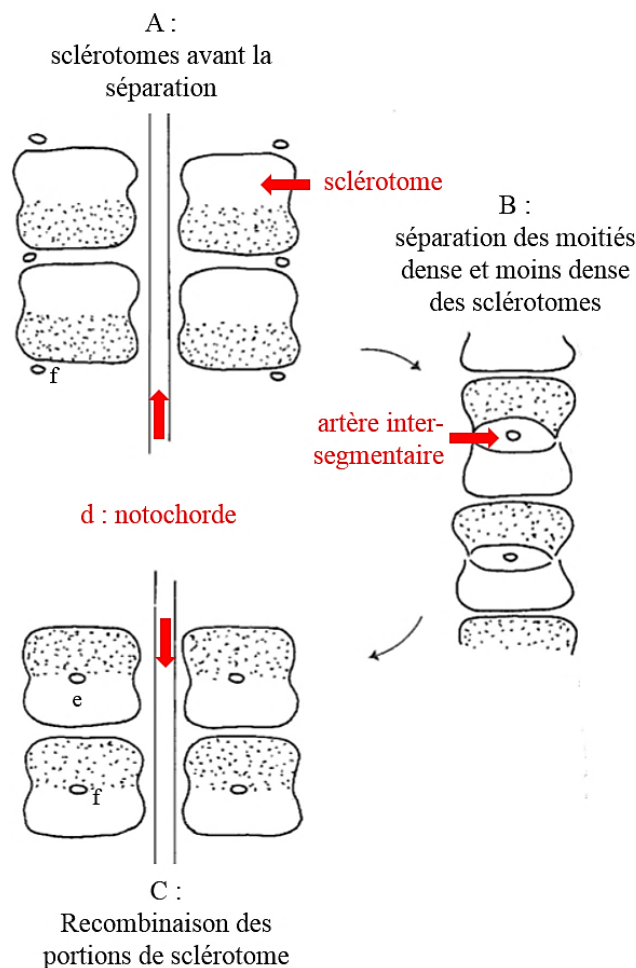


Figure 186. Schéma du développement des structures vertébrales, d'après Barnes (1994, p.20) repris d'Arej (1965) : e : sclérotome ; f : artère intersegmentaire.

On distingue le dermatome (évoluant pour donner le derme), le myotome (à l'origine des muscles striés), et le sclérotome, lequel devient mésenchymateux, migre en direction du plan dorsal pour entourer le tube neural, et donne naissance à la colonne vertébrale. Les segments de sclérotome se divisent chacun en une partie crâniale et une partie caudale, cette dernière se développant plus densément que la partie crâniale (figure 190). Chaque moitié caudale s'associe avec chaque moitié crâniale du sclérotome adjacent pour former le corps de la vertèbre. Les cellules de la partie caudale s'étendent dans l'espace entre les myotomes pour former dorsalement les arcs neurax et dans la région ventro-latérale les processus transverses et processus costaux. Ces derniers poursuivent alors leur croissance au niveau du rachis thoracique pour donner les côtes primordiales.

I.2. Stade cartilagineux

À partir de la 6^e semaine *in utero*, le cartilage commence à remplacer la colonne vertébrale blastémale primitive. La chondrification de chaque vertèbre blastémale se produit selon une direction cranio-caudale, à partir de deux paires de centres, une paire donnant un arc rudimentaire, l'autre paire coalesçant pour former le centre. Les arcs cartilagineux s'unissent autour de la corde spinale au cours du 3^e mois. Les côtes pré-cartilagineuses se chondrifient à partir d'un seul centre séparé des vertèbres thoraciques par des zones de mésenchyme évoluant pour former les articulations et ligaments costo-vertébraux.

I.3. Stade ostéogénique

La colonne vertébrale commence son ossification à partir de la 8^e ou 9^e semaine *in utero*. Celle-ci commence généralement par un centre qui ne coïncide pas avec les centres de chondrification. Des centres d'ossification bilatéraux apparaissent parfois du fait d'un bouleversement dans la chondrification. Ils peuvent ne pas parvenir à fusionner ou fusionner partiellement. L'ossification débute au milieu de la région thoracique inférieure / lombaire supérieure entre la 9^e et la 10^e semaine, avec un développement dans les directions crâniale et caudale. La deuxième vertèbre cervicale est ossifiée à la 12^e semaine. Chaque moitié latérale de l'arc vertébral possède un seul centre d'ossification apparaissant dans la région cervicale inférieure et la région thoracique supérieure vers la 8^e semaine, avec un développement vers la région cervicale supérieure dans un premier temps, puis en direction caudale. Les 6^e et 7^e côtes commencent leur ossification durant la 9^e semaine au niveau de l'angle primordial, suivies par les autres côtes. L'extrémité antérieure persiste sous forme cartilagineuse, avec des cartilages

costaux de la 1^e à la 7^e côte qui rejoignent le sternum, de la 8^e à la 10^e qui se rejoignent entre elles, et les deux dernières qui persistent sans attache.

I.4. Segmentation irrégulière des côtes et apparition de côtes cervicales

Les côtes se développent à partir des processus costaux originaires de la moitié caudale du sclérotome (Larsen, 2003 ; Kaplan *et al.*, 2005). Les processus costaux sont des bandes de tissus cartilagineux situés en position inter-segmentaire, qui s'étendent jusqu'à atteindre l'ébauche cartilagineuse du sternum, qui pour sa part dérive du plateau latéral du mésoderme (Larsen, 2003 ; Kaplan *et al.*, 2005). Cette origine explique que chaque côte présente une articulation majeure avec la vertèbre qui se développe à partir de la même portion du sclérotome, et une mineure avec la vertèbre supérieure (Black et Scheuer, 1997). Leur chondrification commence autour du 36^e jour embryonnaire, et leur ossification au niveau de l'angle postérieur des 5^e à 7^e côtes entre la 8^e et la 9^e semaines, s'étendant de manière bidirectionnelle jusqu'à ce que chaque côte (souvent à l'exception de la 12^e) présente un point primaire entre la 11^e et la 12^e semaines. L'articulation costo-vertébrale synoviale débute son développement à ce moment-là, alors que la côte se sépare de l'élément vertébral (Black et Scheuer, 1997).

Leurs développement et évolution font l'objet de discussions dans la littérature scientifique, de nombreux auteurs les reliant à des facteurs anatomiques et mécaniques comme la morphologie du plexus brachial. D'après Jones (1911), les côtes cervicales peuvent apparaître et persister en cas de contribution limitée de la première racine cervicale du plexus brachial à ce dernier. Cette hypothèse est appuyée par des observations médico-légales (Jones, 1913), selon lesquelles la côte cervicale résulte de la préfixation du plexus brachial, c'est-à-dire que les racines de C4 à C8 contribuent davantage à ce dernier que les racines de C5 à T1. L'hypothèse est contredite par Todd (1911), qui présente de nombreux cas de configurations normales du plexus brachial en présence de côtes cervicales.

D'après Davis et King (1938), leur développement, comme celui des autres côtes, serait lié à la trajectoire des nerfs spinaux. Au début de l'embryogénèse, chaque corps vertébral présente un nerf spinal et des tissus mésoblastiques, lesquels vont donner naissance aux côtes ou aux éléments costaux. Les nerfs spinaux croîtraient perpendiculairement à la colonne pour atteindre les processus costaux, et adopteraient une direction oblique pour les suivre. Les nerfs seraient alors « en conflit » avec la côte : lorsque qu'un tronc nerveux épais comprime un élément costal de faibles dimensions, sa croissance est freinée et il finirait par fusionner avec le processus transverse.

Au niveau du thorax, là où il n'existe pas de conflit avec le plexus, les côtes seraient alors libres de se développer (Davis et King, 1938). Dans cette perspective, la côte cervicale résulterait d'une différence dans la trajectoire du plexus. Scheuer et Black (1997) ne trouvent cependant pas cette hypothèse suffisante, puisqu'elle signifierait qu'il devrait exister une forte fréquence de côtes surnuméraires au niveau des 4^e à 6^e vertèbres cervicales, lesquelles sont rarissimes.

D'après Scheuer et Black (1997), Les processus costaux de la 7^e vertèbre cervicale présentent des points d'ossification séparés qui apparaissent autour du 6^e mois fœtal. Ils demeureraient indépendants jusqu'à l'âge de 4 à 10 ans, moment de leur fusion avec le processus transverse. Les auteurs constatent une différence de croissance entre l'élément costal et le processus transverse, ce dernier nécessitant plusieurs années avant d'atteindre une taille similaire à l'élément et de pouvoir fusionner au premier. Cette différence de croissance est d'après ces auteurs un facteur de biais. On surestimerait ainsi les identifications de côtes cervicales chez les enfants, puisqu'il faudrait attendre l'âge de 10 ans pour identifier une « vraie » côte cervicale. Cette question de l'ossification est toutefois fortement discutée dans la littérature scientifique récente, point sur lequel nous reviendrons.

II. Variabilité morphologique des côtes cervicales dans les populations adultes : aperçu des connaissances

II.1. Identification des côtes surnuméraires cervicales chez l'adulte

Les critères d'identification de la côte cervicale, autant chez l'adulte que chez l'individu immature, s'appuient en premier lieu sur sa région d'articulation avec une vertèbre cervicale. Elle peut en effet être confondue avec l'apophysomégalie (figure 191), c'est-à-dire l'élongation du processus transverse de C7 (Le Double, 1912 ; Ray *et al.*, 1953 ; Merks *et al.*, 2005 ; Bots *et al.*, 2011 ; Viertel *et al.*, 2012).

On ne peut parler de côte cervicale que dans le cas où l'élément est bien distinct de la vertèbre au niveau proximal. L'extrémité distale de la côte cervicale peut quant à elle être libre ou s'articuler avec la première côte dans le cas d'une côte au niveau de la 7^e vertèbre cervicale (Chan *et al.*, 2013, p. 635).

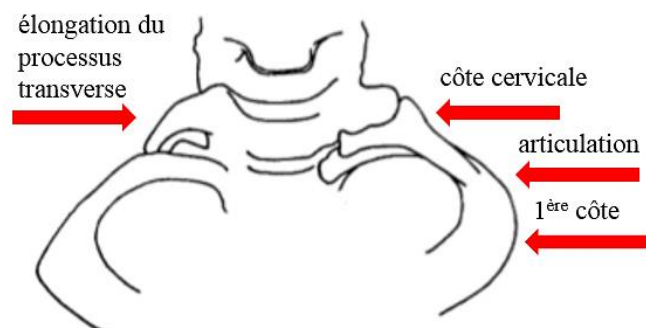


Figure 187. Différences entre l'élongation du processus transverse et la côte cervicale, d'après Ray *et al.* (1953, p. 62)

II.2. Diversité inter-individuelle chez l'adulte

L'étude de la morphologie des côtes cervicales a été construite sur la nécessité médicale de faire le lien entre les structures anatomiques et des symptômes (Patterson, 1940). De nombreux travaux apportent ainsi des descriptions propices aux classifications, en particulier *via* des études de cas (Gruber, 1869 ; Adson et Coffey, 1927 ; Patterson, 1940). Une des classifications morphologiques les plus détaillées est proposée par Grüber (1869) et reprise par Barnes (1994), lesquels distinguent 4 groupes :

Classe I - faible degré de développement, la côte cervicale ne dépasse pas le processus transverse.

Classe II – degré plus développé, la côte cervicale dépasse le processus transverse, et présente souvent une extrémité libre ou parfois atteignant la première côte.

Classe III – la côte est presque complète, articulée avec la première côte ou avec le sternum *via* un ruban ligamentaire.

Classe IV – la côte est complète, présente un cartilage costo-sternal qui peut - ou pas - être articulé, ou fusionner avec la première côte.

Du fait de l'importance du cartilage dans la définition de la typologie, cette classification ne convient toutefois pas directement au registre ostéologique où ce tissu n'est plus représenté, ou ossifié. La classification doit donc être adaptée en fonction des données de la littérature médicale et anthropologique.

II.2.1. Côtes cervicales « atrophiées », « rudimentaires » ou de classe I

Le type morphologique au développement le plus restreint est qualifié de « rudimentaire » ou

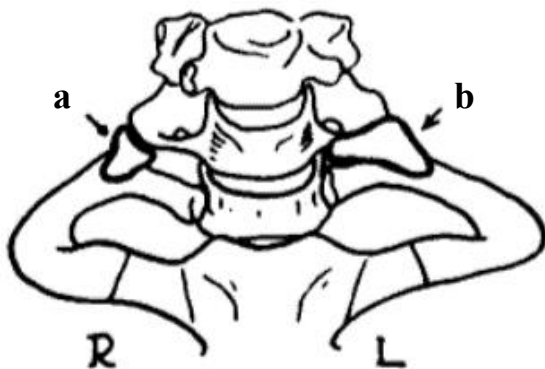


Figure 188. Individu 4 de Patterson (1940), a et b : côtes cervicales rudimentaires

« atrophié ». Il correspond à des éléments costaux de petite taille, qui peuvent toutefois présenter soit une surface articulaire proximale associée au processus transverse (cas a), soit deux surfaces articulaires proximales (cas b), l'une associée au corps de la vertèbre, l'autre au processus transverse.

II.2.2. Côte cervicale “*phalanx-like*” ou de classe II



Figure 189. Individu 6, Patterson (1940), côte “*phalanx-like*” droite

Un type morphologique également peu développé est qualifié de “*phalanx-like*” dans la littérature anglo-saxonne (Patterson, 1940). De plusieurs centimètres de long, ces côtes présentent une surface articulaire proximale associée au processus transverse, avec un prolongement qui s’affine vers l’extrémité distale.

II.2.3. Côte cervicale développée ou “*rib-like*” ou de classes III et IV



Figure 190. Individu 21 Patterson (1940), côtes bilatérales développées

Ce type de côte “*rib-like*” présente un développement beaucoup plus important que les précédents, avec une morphologie générale qui ressemble fortement à une 1^{ère} côte. On constate la présence de deux surfaces articulaires proximales et une surface articulaire distale, cette dernière articulée directement à la première côte ou par l’intermédiaire du tissu fibreux.

II.2.4. Spectre de variations

D’après Barnes (1994), il existe un spectre de variation dans leur expression entre une forme « en tubercule » ou « nodule » sur le processus transverse, et une forme développée présentant ses propres cartilages costaux (figure 196). La terminologie relative à la morphologie des côtes cervicales varie entre les auteurs. Sanders et Hammond (2002) distinguent les côtes incomplètes des côtes complètes, et les articulations « directes » (avec la 1^{ère} côte) des articulations fibreuses. Barnes (1994) précise que les « vraies » côtes cervicales, qui correspondent à la classe IV, présentent une tête, un col et un corps similaires aux 1^{ère} côtes thoraciques, excepté que leur corps a une forme plus étroite.

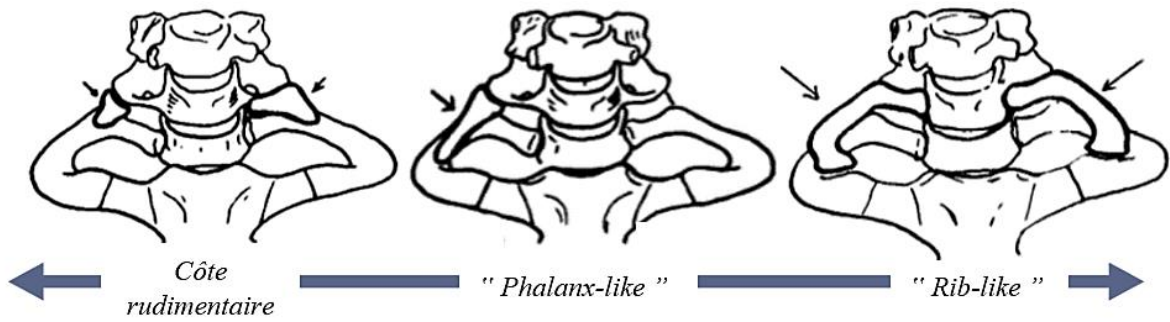


Figure 192. Variabilité générale des côtes surnuméraires cervicales des adultes, d'après cas cliniques, modifié d'après Patterson (1940)

Chan et collaborateurs (2013) établissent pour leur part une échelle de « sévérité » des côtes cervicales en distinguant les côtes rudimentaires, les côtes modérées (côte plus petite ou de longueur égale au processus transverse de C7) et les côtes « sévères » (côte plus développée que le processus transverse de C7, avec ou sans anomalie de la 1^{ère} côte). La variabilité des côtes cervicales adultes touche également leur position anatomique et la direction de leur développement. Pour les côtes cervicales de l'individu NMNH 327049 de Pueblo Bonito (figure 195), on constate par exemple en vue postérieure que la côte gauche s'étend dans une direction latéro-supérieure, tandis que la côte droite se développe antéro-inférieurement.

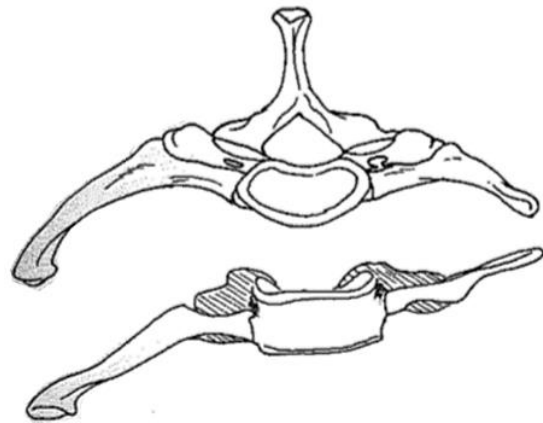


Figure 191. Côtes cervicales de l'individu NMNH 327049 de Pueblo Bonito, Nouveau

II.3. Diversité intra-individuelle

Les études cliniques mettent en évidence l'existence d'une **diversité intra-individuelle**. Les côtes bilatérales sont en effet dans certains cas de formes et de formats analogues entre le côté gauche et le côté droit (figure 197). Les deux peuvent toutefois présenter des morphologies extrêmement différentes chez un même individu (figure 197).



Figure 193. Cas cliniques, individus n°29 (côtes dissymétriques), 18 et 22, modifié d'après Patterson (1940)

III. Matériel et méthodes

L'étude de la variabilité et des fréquences des côtes cervicales (ici notées CK7) est réalisée à partir de l'échantillon archéologique de la nécropole 8B-51 (incluant pour la documentation de la variabilité les côtes cervicales des individus immatures plus âgés) et du corpus virtuel de Marseille. Aucune côte cervicale n'est en effet identifiée *in situ* dans les séries de Blandy-les-Tours et Provins. Seul un élément retrouvé parmi les restes de Provins pourrait en être une, même si sa morphologie ne correspond avec aucune de celles formellement identifiées à Saï (figure 198).



Figure 194. Élément osseux retrouvé parmi les os non identifiés associés à P2

III.1. Échantillon archéologique

Pour l'échantillon de Saï, une côte surnuméraire identifiée en début d'intervention sur l'un des individus adultes (S1) a orienté l'attention de l'équipe vers la recherche de ce caractère, qui s'est révélé extrêmement fréquent parmi les individus immatures (Maureille *et al.*, 2006, figure 199).

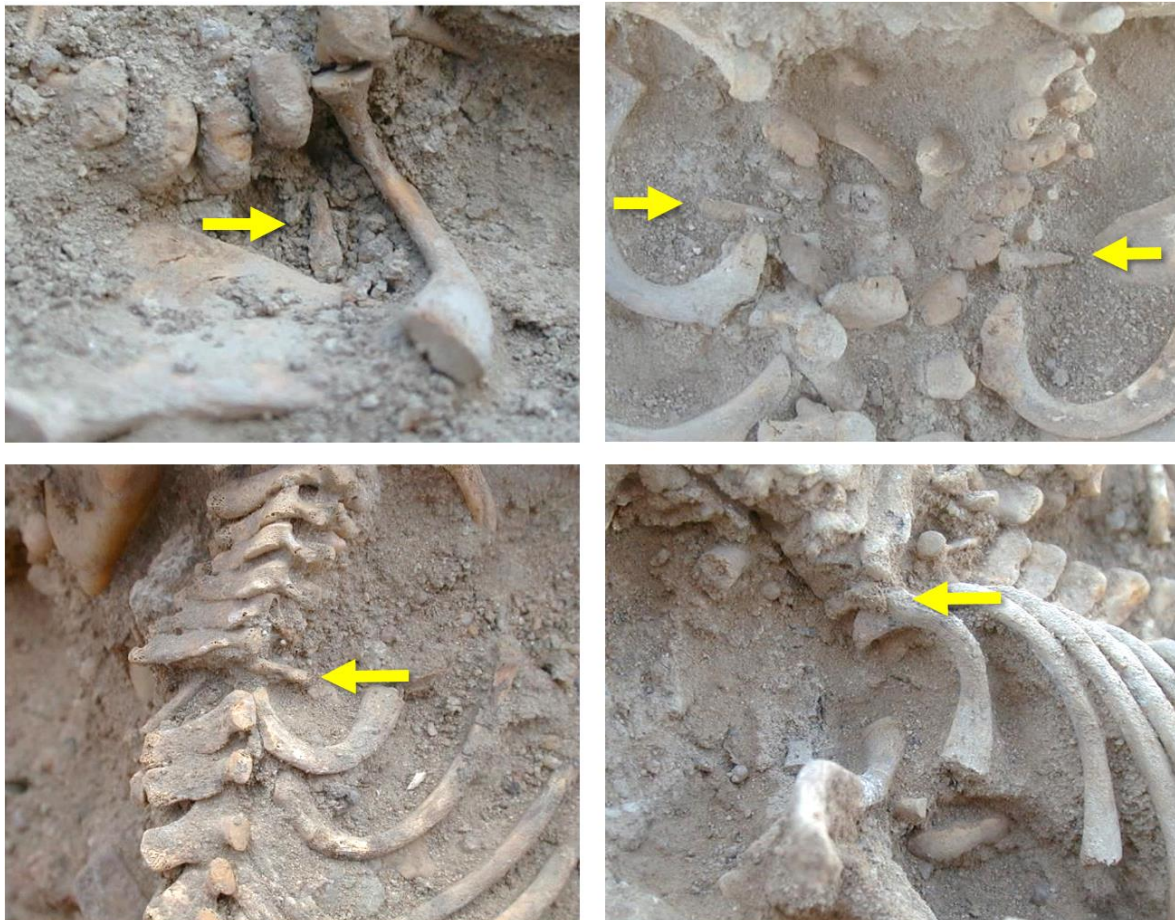


Figure 195. Identification des côtes cervicales sur le terrain, nécropole 8B-51, photos B. Maureille, de gauche à droite et de bas en haut : S56, S11, S58 et S71

Les éléments ont été cotés et isolés *in situ* pour chacun des 64 individus immatures, en les latéralisant lorsque leur position était conservée (figure 199). Un individu grand prématuré (S3) présentait à la fouille des côtes cervicales bilatérales qui n'ont pas été conservées mais ont été détruites lors de leur consolidation *in situ*. Ces éléments sont intégrés dans les analyses de fréquences mais pas dans les analyses de variabilité métrique. Les côtes ont été nettoyées en laboratoire à l'aide d'un pinceau humide, inventoriées et mesurées au pied à coulisse électronique avec une précision au dixième de millimètres (figure 200). Sur sept côtes endommagées, toutes les mesures n'ont pas pu être prises.

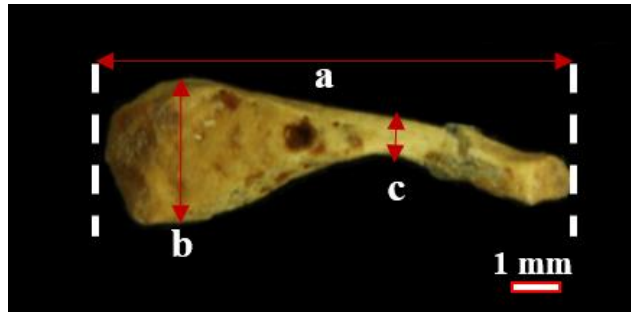


Figure 196. Côte cervicale individu S8, a : longueur maximale (L-max), b : largeur maximale (l-max), c : largeur minimale (l-min)

III.2. Corpus virtuel

Pour la série de Marseille, les éléments ont également été cotés pour chaque individu du côté gauche et du côté droit. La cotation a été réalisée grâce au logiciel Avizo Fire 8.1.©. par observation des isosurfaces (reconstructions 3D), produites pour chaque individu à partir des dicoms (Cf. *supra*, chap. VII, II). La présence de côtes surnuméraires cervicales a été observée sur chaque individu du côté gauche et du côté droit (figure 201).

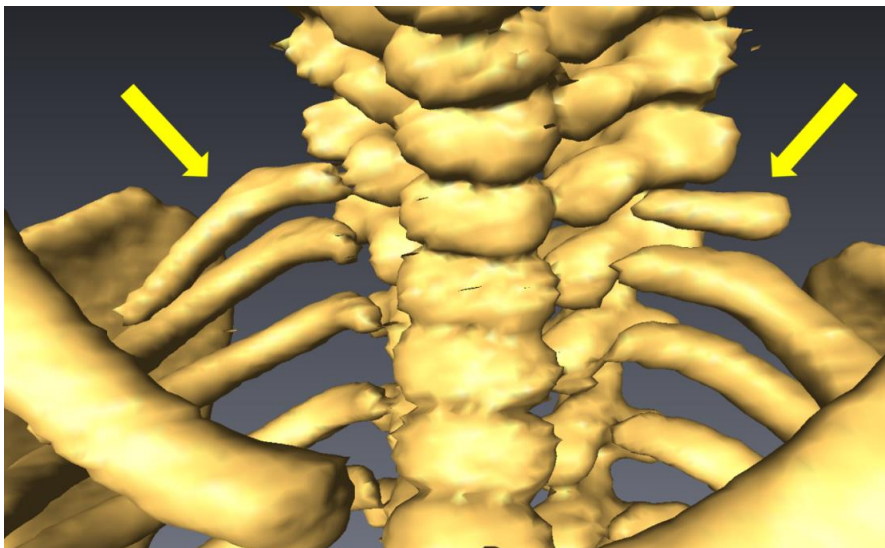


Figure 197. Exemple de côtes cervicales cotées comme bilatérales, individu M41

Ont été exclus les sujets sur lesquels la présence de « bruit visuel » contrevenait à l'observation de la région anatomique cervicale (figure 202).

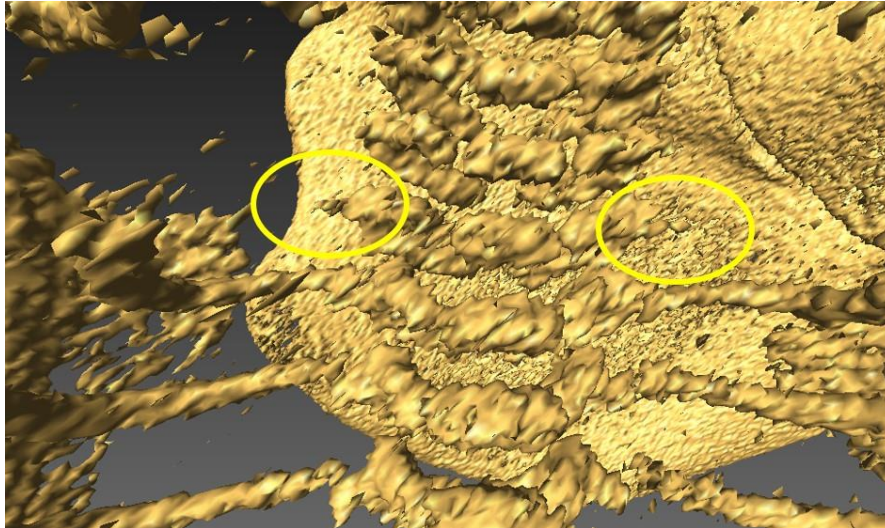


Figure 198. Exemple d'individu non observable au niveau de sa région cervicale

Le corpus observable comprend ainsi 313 individus entre âgés entre 26 s.a. et 6 semaines post-partum. Les analyses des fréquences des côtes cervicales dans ce corpus ont été réalisées avec le test du χ^2 de Pearson avec correction de Yates dans le logiciel libre R.3.4., test privilégié en raison de sa pertinence sur de grands effectifs. Ponctuellement, en cas de faibles effectifs, le test de Fisher pour données non appariées a été utilisé (Saporta, 2006).

IV. Résultats, corpus archéologique

IV.1. Fréquences générales

Sur le total des 64 individus immatures du site de la nécropole 8B-51, compris entre la sous-classe des grands prématurés et la sous-classe d'âge 1-2 ans, au moins 28 sont porteurs de côtes cervicales unilatérales ou bilatérales au niveau de la 7^e vertèbre, ce qui correspond à une fréquence de 44 % (tableau 126). Parmi les 54 individus en période périnatale, 24 présentent ce caractère, ce qui correspond également à une fréquence de 44 % (tableau 126).

Sous-classes d'âge	N	n porteurs	bilat.	unilat.	unilat. indet	unilat G	unilat D
Grands prématurés	3	2	2	0	0	0	0
Sujets légèrement prématurés	2	1	1	0	0	0	0
Périnataux stricts	32	12	7	5	3	0	2
Nouveau-nés	17	9	6	3	2	0	1
Entre 2 mois et 1 an	5	3	0	3	1	1	1
Entre 1 et 2 ans	5	1	1	0	0	0	0
Total	64	28	17	11	6	1	4

Tableau 126. Détail des fréquences de côtes cervicales unilatérales et bilatérales en fonction des sous-classes d'âge de la collection de sujets immatures de la nécropole 8B51, effectifs relatifs aux sujets en période périnatale surlignés en gris, N : effectif total de sujets, n : effectifs de sujets, unilat. : unilatéral, lat. : latéral, G : gauche, D : droite

Il faut souligner qu'il s'agit d'un véritable nombre minimum qui ne peut donc être qu'égal ou inférieur à la réalité, puisque des éléments ont pu ne pas être conservés *in situ* ou non identifiés à la fouille. Les côtes cervicales s'expriment de manière préférentiellement bilatérale : à 61 % pour le corpus complet, et à 67 % pour l'échantillon des sujets en période périnatale. Pour les côtes unilatérales, le faible effectif d'éléments latéralisés empêche d'identifier si un côté était privilégié.

IV.2. Variabilité métrique

La longueur maximale des côtes cervicales (figure 203) variait entre 5,5 mm (individu S12-1, périnatal strict), et 16 mm (individu S22, qui n'appartient pas à notre corpus de sujets décédés en période périnatale car il est âgé entre 21 et 26 mois lunaires). La longueur maximale (L-max) moyenne des côtes était de 8 mm, leur largeur maximale (l-max) moyenne de 2,3 mm et leur largeur minimale (l-min) moyenne de 1,2 mm (figure 200).



Figure 199. Exemple des différences de taille entre les côtes cervicales de l'échantillon de l'île de Saï, à gauche S12-1, à droite S22

Les données métriques pour chaque élément sont détaillées en annexe (Cf. annexe 14). La corrélation entre la longueur maximale de chaque côte conservée et l'âge central diaphysaire estimé a été testée grâce à un test de corrélation linéaire de Pearson et un test de corrélation de Spearman. Les résultats montrent une corrélation statistiquement significative et, comme attendu, positive entre l'âge estimé et la longueur des éléments à l'échelle du corpus complet, en incluant les côtes appartenant aux individus les plus âgés (p-valeur Pearson = $2,59 \times 10^{-12}$; p-valeur Spearman = 0,01). La corrélation n'est en revanche pas significative à l'échelle de l'échantillon des individus en période périnatale, même si l'on se rapproche du seuil de significativité avec le test de Pearson (p-valeur Pearson = 0,09 ; p-valeur Spearman = 0,18). Ces résultats tendent à confirmer qu'il y a bien, comme attendu, une relation positive entre l'âge et la longueur des côtes à l'échelle de la petite enfance. D'autres facteurs, comme par exemple la variabilité individuelle, semblent toutefois rester prédominants à l'échelle de la sous-classe des individus en période périnatale.

IV.3. Variabilité morphologique et proposition de classification

L'observation des éléments de la collection de Saï a permis de proposer une classification en fonction de critères morphologiques à l'échelle macroscopique, à partir de l'étude des côtes gauches et droites observables au niveau de leur morphologie globale (figure 204). Toutes les côtes présentent deux surfaces articulaires au niveau de leurs extrémités.

Type A :

Les côtes cervicales de type A présentent un profil linéaire ou légèrement courbe (figure 204, a et b). Elles se caractérisent par une dissymétrie de leurs surfaces articulaires, puisque l'une peut être de dimensions très réduites. La longueur des côtes appartenant au type A varie entre 5,5 mm et 10,3 mm, avec une longueur moyenne de 7,3 mm. Le type A est représenté par 32 éléments sur un total de 38 côtes, ce qui en fait le type majoritaire dans le corpus de Saï (84 %).

Type B :

Les côtes cervicales de type B présentent un profil discontinu caractérisé par une « encoche » ou incurvation au niveau d'une de leurs surfaces articulaires, qui là encore est plus étendue que la seconde surface articulaire (figure 204, c et d). La longueur des côtes appartenant au type B varie entre 7 et 8,3 mm, avec une longueur moyenne de 7,6 mm. Le type B est représenté par 3 éléments sur un total de 38 côtes observables, ce qui correspond à une fréquence de 8 % dans le corpus de Saï.

Type C :

Les côtes cervicales de type C sont caractérisées par la grande extension de l'une de leurs surfaces articulaires, ainsi que par un prolongement (figure 204, e). Le corpus ne présente qu'un élément de ce type (de longueur maximale est de 10 mm) sur l'individu S11 qui est classé parmi les nourrissons. Les côtes de S3, qui n'ont pas pu être prélevées, présentaient toutefois une forme similaire (B. Maureille, com. pers.).

Type D :

Les côtes cervicales de type D présentent un profil courbe, elles sont pourvues de deux surfaces articulaires ainsi que d'un sillon longitudinal ressemblant à celui des côtes classiques (figure 204, f). La longueur moyenne des côtes de type D varie entre 15,4 et 16 mm avec une moyenne de 15,7 mm, à interpréter évidemment au regard du faible effectif. Le corpus présente en effet seulement deux côtes de ce type, les deux provenant du même individu âgé entre 1 et 2 ans S22.

Ces 4 types morphologiques se caractérisent par des différences importantes avec les côtes « classiques » des individus en période périnatale. La longueur droite moyenne (Ct1) des premières côtes dans le corpus archéologique est en effet de 15 mm, et aucune confusion n'est

possible au niveau de la forme, y compris avec le type D qui ne correspond pas à la morphologie caractéristique de cette première côte. La question se pose cependant de la correspondance entre les formes observées dans le corpus périnatal et les formes observées chez l'adulte. Il est en effet envisageable que les côtes plutôt « rudimentaires » de type A et B soient des côtes de type "phalanx-like" à l'âge adulte, et que celles de type C correspondent au type "rib-like" à l'âge adulte. En l'absence d'étude longitudinale, la question reste cependant ouverte.



Figure 200. Différents types morphologiques de côtes cervicales de Saï, a : individu S15, b : individu S60, c : individu 39, d : individu S70, e : individu S11 et f : individu S22

V. Résultats, corpus virtuel

V.1. Fréquences générales

Sur les 313 individus observables au niveau cervical, 85 présentent des côtes cervicales unilatérales ou bilatérales, ce qui correspond à 27 % du corpus virtuel. Parmi ces 85 sujets, 59 (soit 69 %) expriment le caractère de manière bilatérale. Les côtes unilatérales ne se caractérisent pas par une expression préférentielle d'un côté ou de l'autre (nG = 12 et nD = 14). Aucun individu ne présente ce caractère au niveau des vertèbres cervicales supérieures à C7.

Les fréquences ont été analysées en fonction des données médicales, dont en premier lieu les informations sur la mortalité des sujets (figure 205). D'après nos résultats, 60 des 146 sujets décédés avant 2 mois post-partum (soit 41 % d'entre eux) en sont porteurs (figure 205), contre 25 des 181 sujets vivants au terme de cette période (soit 12 %). Au total, 71 % (60 / 85) des individus porteurs de côtes cervicales sont décédés avant 2 mois post-partum. De la même manière, 62 des 166 sujets présentant des anomalies graves (soit 37 %) sont porteurs de côtes cervicales (figure 205), contre 12 des 135 sujets porteurs d'anomalies mineures ou pour lesquels aucune anomalie grave ou pathologie n'est identifiée (soit 14 % d'entre eux).

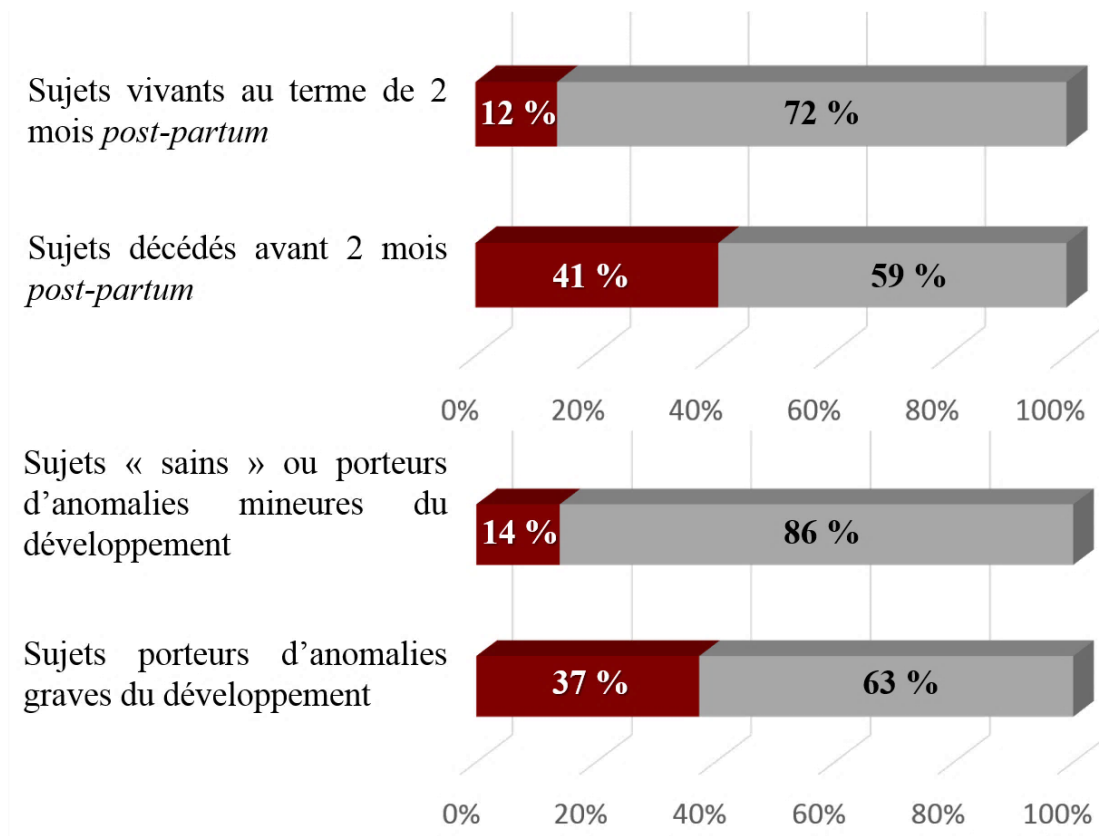


Figure 201. Détail des fréquences observées dans le corpus virtuel en fonction de l'état de vitalité et de morbidité du sujet, en rouge : % des sujets ayant au moins une côte surnuméraire cervicale

Ces différences de distribution sont statistiquement significatives d'après le test du χ^2 avec correction de Yates (Saporta, 2006), modification apportée au test en raison de certains effectifs théoriques trop faibles ($p = 79,2 \times 10^{-7}$ pour la corrélation avec la mortalité, et $p = 6,5 \times 10^{-6}$ pour la corrélation avec la morbidité). Ces résultats seront discutés par rapport à ceux des autres études réalisées sur des corpus actuels (e.g. Bots *et al.*, 2011). Malgré les effectifs réduits pour chacune des causes de décès mentionnées (tableau 127), il est observé que les fréquences de côtes cervicales dans chacune d'entre elle sont élevées (en particulier pour la mort fœtale *in utero* où deux tiers des individus en sont porteurs). Les côtes surnuméraires

cervicales ne sont toutefois présentes que pour 5 des 65 sujets ayant fait l'objet d'une naissance vivante, soit 8 % d'entre eux (tableau 127).

Sujets	Mort fœtale <i>in utero</i>		Fausse couche spontanée		IMG		Mort-né		Mort inattendue		Décès néonatal		Naissance vivante	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
n porteurs de CK7	30	60	1	17	15	30	10	67	1	100	1	100	5	8
dont bilat.	26	52	1	17	11	22	4	27	1	100	1	100	3	5
unilat. G	3	6	0	0	1	2	2	13	0	0	0	0	1	2
unilat. D	1	2	0	0	3	6	4	27	0	0	0	0	1	2
n sans CK7	20	40	5	83	35	70	5	33	0	0	0	0	60	92

Tableau 127. Détail des fréquences de côtes cervicales par cause du décès comparativement aux naissances vivantes, IMG : interruption médicale de grossesse, CK7 : côtes cervicales, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon de sujets ayant fait l'objet de chacune des causes de décès, ou d'une naissance vivante

Parmi les sujets porteurs de côtes cervicales, aucune différence significative de distribution n'est identifiée entre les sujets féminins et les sujets masculins (tableau 128) d'après le test du χ^2 avec la correction de Yates ($p = 0,3$).

Sujets	Sujets féminins	Sujets masculins
	n	36
Porteurs d'au moins une CK7		
dont bilatérales	28	25
dont unilatérales G	4	5
dont unilatérales D	4	7
Non-porteurs de CK7	72	104

Tableau 128. Distribution des côtes cervicales en fonction du sexe des sujets, N : effectif total, CK7 : côtes cervicales

Parmi les sujets porteurs de côtes cervicales, aucun n'est porteur de côte surnuméraire lombaires (tableau 129), association discutée précédemment. Ce caractère n'est par ailleurs identifié que chez 5 individus dans tout le corpus (*Cf. supra*, chap. X, II.2.2), et les différences de distribution ne sont pas significatives d'après le test de Fisher pour données non appariées ($p = 0,327$).

Sujets	CK7 présente	CK7 absente
	Total	0
Porteurs d'au moins une CK13		
dont CK13 bilat	0	3
dont CK13 unilatérale G	0	2
dont CK13 unilatérale D	0	0
Non porteurs de CK13	84	215

Tableau 129. Distribution des sujets porteurs de côte cervicales et porteurs de côtes lombaires, CK7 : côte cervicale

Il n'y a donc pas, dans notre corpus, d'association entre la présence de côtes cervicales et de côtes lombaires. Par ailleurs, un seul individu dans notre corpus (M260) est identifié comme porteur de côtes bifides, et se trouve être également porteur d'une côte cervicale unilatérale (*Cf. supra*, chap. X, II).

Aucune association privilégiée entre la présence de côtes cervicales et une des autres variations anatomiques du corpus n'a été identifiée d'après le test de Fisher pour données non appariées, privilégié par rapport au test du χ^2 en raison d'effectifs parfois faibles (tableau 130).

VANM	n		p-valeur
	CK7 présente	CK7 absente	
Processus de Kerckring	22	18	0,8413
Absence de processus de Kerckring	33	30	
<i>Epispinus notch</i> sur au moins un côté	6	3	0,7267
Absence d'<i>epispinus notch</i>	47	39	
Constriction scapulaire sur au moins un côté	1	2	1
Absence de constriction scapulaire	77	123	

Tableau 130. Distribution des VANM en fonction de la présence de côtes cervicales, n : effectifs de sujets, p-valeur : résultats des tests du χ^2 avec la correction de Yates, CK7 : côte cervicale

V.2. Variabilité morphologique

Comme expliqué précédemment (Cf. *supra*, chap. VII, II), le support utilisé pour l'étude de la collection virtuelle (reconstructions 3D) est particulièrement sensible au seuillage, ce qui se traduit par une variation de la morphologie des éléments costaux en fonction des réglages du logiciel. Cette importante variabilité est en partie due à la résolution des scanners médicaux. Par conséquent, l'obtention de données métriques sur les éléments costaux n'a pas été effectuée, et les observations d'ordre morphologique ont été limitées. Les surfaces articulaires des côtes cervicales ne sont, par exemple, pas visibles, et il n'est pas possible d'établir des fréquences en fonction des différentes morphologies d'éléments costaux détaillées dans le corpus archéologique (Cf. *supra*, chap. XIV, IV.3). Comme pour la collection de l'île de Saï, plusieurs types morphologiques d'éléments costaux peuvent toutefois être observés.

- Éléments costaux courts, plutôt de type “*phalanx-like*”.

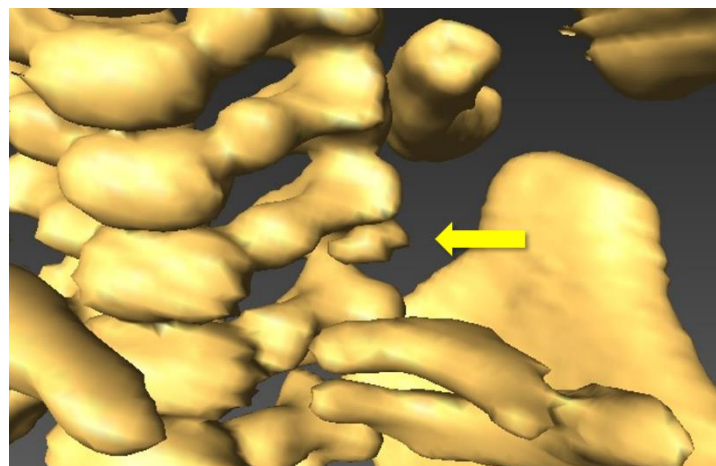


Figure 202. Élément costal court, individu M195

- Éléments costaux plutôt de type “rib-like”.

Certains éléments costaux présentent une angulation qui permet de les rapprocher des côtes “rib-like” identifiées chez l’adulte (figure 207).

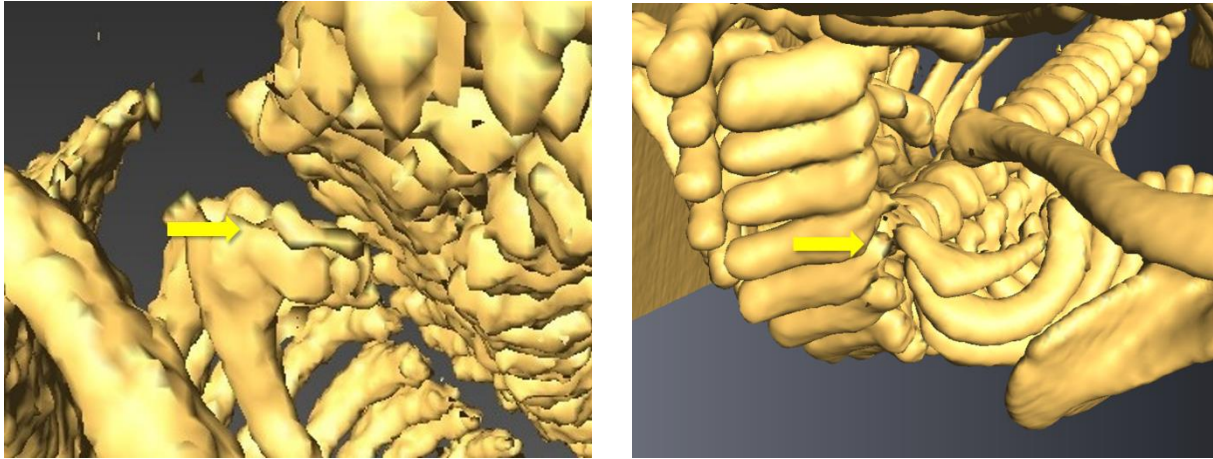


Figure 203. Individu M1090, côte cervicale droite en vue antéro-latérale, et individu M41, côte cervicale droite en vue postéro-supérieure

VI. Discussion : comparaisons de fréquences

D’après les résultats obtenus dans cette étude, les fréquences de la côte surnuméraire cervicale dans le corpus archéologique de la nécropole 8B-51 (44 %) sont remarquablement proches des fréquences observées parmi les individus décédés du corpus virtuel de Marseille (41 %). Les deux sont toutefois extrêmement élevées par rapport à celles observées dans les corpus de sujets adultes d’origines diverses (tableau 131). La récurrence du caractère parmi ces derniers est en effet un sujet abondamment traité dans la littérature médicale, avec des fréquences documentées autour de 1 % de la population environ. Ces côtes surnuméraires sont généralement découvertes lors d’examens de routine (Sanders et Hammond, 2002).

Fréquence	Type d’échantillon	Source bibliographique
0,2 %	Moyenne d’autres études	Galis (1999)
0,05 % - 3 %	Radiographies du tronc et du cou	Chan <i>et al.</i> (2013)
1,6 %	Autopsies	Chan <i>et al.</i> (2013)
<1 %	NR.	Sanders et Hammond (2002)

Tableau 131. Fréquences de la côte surnuméraire cervicale observées dans les corpus adultes actuels, NR. : non renseigné

La proximité des fréquences entre les deux sous-échantillons (celui de Saï et celui comprenant les sujets décédés de Marseille), de même que l’écart entre ces fréquences et celles observées chez les adultes, peuvent être discutés selon différentes hypothèses.

- (i) H1 : une première hypothèse repose sur l'héritabilité du caractère de la côte surnuméraire cervicale. Il est possible qu'il s'agisse d'un caractère « populationnel » fortement répandu dans certains groupes en raison de son origine génétique.
- (ii) H2 : la seconde hypothèse est celle de la « disparition » de la côte cervicale, qui serait amenée à fusionner avec les processus transverses des héli-arc s vertébraux au cours de la maturation. La côte formerait alors la partie antérieure limitant le foramen transversaire et ne serait donc plus identifiable.
- (iii) H3 : les individus porteurs de côtes surnuméraires cervicales ne seraient pas représentés dans l'échantillon adulte du fait d'un décès durant la période infantile.

VI.1. Hypothèse n°1 : la côte cervicale en tant que critère populationnel / épi-génétique

Certaines variations anatomiques non métriques sont utilisées, du fait de leur incidence familiale, dans les analyses intra et inter-populationnelles (Crubézy, 1991 ; Castex, 1994). La côte surnuméraire cervicale est par exemple décrite comme ayant une incidence héréditaire (Berry et Berry, 1967 ; Black et Scheuer, 1997). La « valeur » des variations anatomiques non métriques en tant qu'indicateurs de proximités génétiques ne fait toutefois pas consensus. On a plutôt tendance à les décrire plutôt comme des « produits » de l'épigénétique, c'est-à-dire l'interaction entre le génotype et l'environnement (*Cf. supra*, chap. II, III.2.), voire comme des caractères polyfactoriels (Crubézy et Sellier, 1990).

Pour l'île de Saï, un des deux adultes du site (S1) en présente une, et le contexte géographique de la nécropole pourrait jouer en faveur de l'hypothèse d'une homogénéité génétique. Il s'agit en effet d'un milieu insulaire qui, bien qu'ayant peut-être été peuplé en continu depuis le Paléolithique (Van Peer *et al.*, 2003 ; Rots et Van Peer, 2006), pourrait constituer un environnement propice à une certaine endogamie et donc à des fréquences de caractères épigénétiques plus élevées. Les résultats des analyses d'indices anthropométriques iraient par ailleurs dans le sens de l'hypothèse d'une certaine homogénéité biologique, hypothèse discutée plus précisément en synthèse finale (*Cf. infra* conclusion générale).

La question se pose toutefois de savoir si cette influence (qu'elle soit populationnelle, génétique ou épigénétique) peut être considérée comme suffisante pour expliquer les hautes fréquences observées dans nos corpus par rapport aux corpus d'adultes. De nombreuses études

réalisées sur des échantillons de sujets immatures actuels montrent en effet des fréquences très élevées de côtes cervicales (tableau 132).

Corpus	Type d'examen	%	Référence
598 fœtus et jeunes enfants décédés entre 1992 et 1999 au Free University Medical Center (VUMC, Amsterdam), interruptions médicales de grossesse incluses, sujets radiographiés durant l'autopsie	radiographie	55 %	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
177 fœtus	NR	33 %	(Meyer, 1978)
728 fœtus de 8 à 26 semaines provenant d'avortements spontanés et d'hystérotomies	radiographie	19 %	(Bagnall <i>et al.</i> , 1984)
199 fœtus issus d'interruptions volontaires de grossesse rassemblés à l'Institut de Dentisterie de l'Université de Turku (Finlande) entre 1965 et 1975, traités à l'hydroxyde de potassium puis à l'alizarine.	alizarine et colorant rouge	37,7 %	(Bots <i>et al.</i> , 2011)
225 mort-nés (≥ 20 semaines) et 93 nourrissons décédés avant l'âge de 1 an	radiographie	43,1 %	(Furtado <i>et al.</i> , 2011)
715 fœtus mort-nés et enfants décédés en période périnatale au Northwick Park Hospital (Harrow, UK) entre 1972 et 1988, sujets radiographiés durant l'autopsie	radiographie	63 %	(McNally <i>et al.</i> , 1990)
1000 sujets d'âge inférieur ou égal à 21 ans atteints de cancers	radiographies	21,8 %	(Schumacher <i>et al.</i> , 1992)

Tableau 132. Fréquences élevées de côtes surnuméraires cervicales observées dans des corpus médicaux de fœtus, de nourrissons et d'enfants, classés en fonction de l'âge des sujets, % : fréquence, NR. : non renseigné

Les fréquences de côtes surnuméraires cervicales identifiées dans ces études sont très élevées : elles se distribuent entre 19 % et 63 %. Elles sont établies à partir d'effectifs importants (entre 177 et 1000 individus) et actuels, pour lesquels le facteur endogamique ou de proximité génétique ne peut pas être considéré. D'après ces observations, l'influence populationnelle ne peut donc pas être considérée comme une explication suffisante pour les fréquences observées dans les deux corpus, et relativement aux fréquences observées chez les adultes.

VI.2. Hypothèse n°2 : les côtes cervicales fusionneraient avec le processus transverse pour former le foramen transversaire

De nombreux auteurs mentionnent l'existence d'éléments costaux présents chez tous les fœtus au niveau de la 7^e vertèbre cervicale, lesquels fusionnent avec le processus transverse pour former la partie antérieure limitant le foramen transverse (Todd, 1912 ; O'Rahilly et Gardner, 1975 ; McNally *et al.*, 1990 ; Black et Scheuer, 1997 ; Chernoff et Rogers, 2004 ; Cunningham *et al.*, 2016).

Ils signalent par ailleurs que la présence d'un élément costal individualisé au niveau de C7 est bien identifiée au cours du développement embryonnaire, mais que ni son incidence, ni les évolutions dont il fait l'objet au cours de la gestation ne sont en revanche établis dans la littérature scientifique : "*the reasons for the disappearance or fusion of separate costal elements and the time scale over which it occurs remain speculative as do the reasons for their occasional enlargement to form a true cervical rib*" (McNally *et al.*, 1990, p. 128). La fréquence de ces éléments costaux n'étant pas négativement corrélée à l'âge gestationnel, cette fusion n'interviendrait pas au cours de la grossesse (McNally *et al.*, 1990 ; Bots *et al.*, 2011). Elle devrait donc, selon cette hypothèse, avoir lieu après la naissance. La baisse documentée entre les corpus de sujets immatures et les adultes (de 50 % à 1 % environ) impliquerait donc une disparition de 98 % des éléments costaux au cours de l'enfance (Galis *et al.*, 2006).

Aucun cas d'élément costal en cours de fusion sur des individus immatures - ou présentant une ligne de fusion chez des sujets plus âgés - n'est identifié dans la littérature médicale ou anthropologique (Galis *et al.*, 2006). Aucune raison expliquant une ostéolyse localisée de ces éléments au cours de la croissance n'est également envisagée. Les cas de fusions partielles sont en revanche documentés sur les individus adultes, avec l'ossification progressive de la liaison cartilagineuse entre la côte cervicale développée et la première côte (Sabapathy *et al.*, 2010), phénomène qui est très différent du processus évoqué pour les individus immatures.

L'hypothèse selon laquelle la diminution drastique de la fréquence de côtes cervicales entre le stade fœtal et l'âge adulte serait due à la fusion de l'élément costal avec les arcs vertébraux durant l'enfance ou l'adolescence est donc peu étayée par les sources, en l'état actuel de nos recherches bibliographiques. De la même manière, si la présence d'éléments costaux de la 7^e cervicale est un processus normal chez les individus en période périnatale, leur fréquence devrait théoriquement être proche de 100 % dans les échantillons, en particulier dans les corpus issus du milieu médical. C'est toutefois loin d'être le cas, puisque le caractère n'est observé dans les études précédemment citées que dans un à deux tiers des échantillons (tableau 132). L'hypothèse d'une « disparition », soit par ostéolyse, soit par fusion - des éléments costaux après la naissance est donc relativement discutable.

VI.3. Hypothèse n°3 : les côtes cervicales en tant que critère de morbidité

Une troisième hypothèse expliquant l'écart de fréquences entre les populations adultes et la population immature de la nécropole 8B-51 peut être avancée en considérant la nature des échantillons immatures avec des fréquences élevées de côtes cervicales. Le point commun entre

la majorité des études citées précédemment (tableau 132), outre les fréquences élevées de côtes surnuméraires cervicales, réside dans la nature de leur corpus. À l'exception de celle de Schumacher et collaborateurs (1992) dont le corpus comprend des sujets atteints de cancers, elles ont toutes été réalisées à partir d'un échantillon constitué uniquement de sujets (fœtus ou nouveau-nés) décédés. Ils sont renseignés comme ayant fait l'objet d'avortements spontanés, d'interruptions médicales de grossesses ou encore d'un décès dans les semaines ou mois suivant l'accouchement, jusqu'à 1 an post-partum. Il s'agit donc d'un échantillon non-représentatif d'une population naturelle théorique qui comprendrait des fœtus et des enfants en période périnatale survivants et non-survivants (Bots *et al.*, 2011).

D'autres études ont toutefois été réalisées sur un échantillon proche d'une population naturelle, par exemple des examens médicaux aléatoires ou de routine (tableau 133).

Corpus	Collecte des données	% CK7	Référence
367 fœtus, étude prospective de grossesses uniques et non à risque, avec des fœtus présentant une anatomie normale à l'examen scanner	Etude réalisée au cours de l'examen échographique de routine entre 14-16 semaines ou sur l'examen entre 20-24 semaines de gestation.	1,4 %	Hershkovitz, 2008
200 enfants d'âge inférieur ou égal à 14 ans atteints de maladies infectieuses	Examens radiologiques	5,5 %	Schumacher <i>et al.</i> , 1992
188 fœtus, grossesses uniques	Examens échographiques <i>in utero</i>	2,7 %	Khodair et Hassanen, 2014
1000 enfants d'âge inférieur à 13 ans, base de données hospitalière	Examens radiologiques	1,2 %	Davis et King, 1938 cité par Bots <i>et al</i> (2011)
25949 sujets immatures féminins en bonne santé, parents de patients atteints de tuberculose.	Examens radiologiques	0,5 %	Menarguez Carretero et Campo Munoz (1967) cité par (Bots <i>et al.</i> , 2011)

Tableau 133. Fréquences de côtes cervicales dans des échantillons se rapprochant de populations « naturelles », % : fréquence, CK7 : côte cervicale

Ces résultats obtenus à partir de corpus proches d'une population naturelle vont, d'une part, à l'encontre de l'hypothèse H2 selon laquelle les éléments costaux au niveau de la 7^e vertèbre cervicale seraient normaux dans les populations de sujets immatures en général, et périnatales en particulier. Les fréquences de côtes cervicales dans ces échantillons varient, d'autre part, entre 0,5 % et 5,5 %, ce qui rejoint la variabilité des fréquences observées dans les populations adultes, c'est-à-dire entre 0,2 % et 3 % (tableau 131) et contraste fortement avec celles observées dans les études sur sujets décédés ou atteints de cancers, entre 19 et 63 % (tableau 132). Les individus en période périnatale porteurs de côtes cervicales sembleraient ainsi avoir des chances de survie réduites par rapport aux individus qui n'en présentent pas.

VII. Discussion : les côtes cervicales des individus en période périnatale, facteur ou signal pathologique ?

Quelles pourraient être les causes de la diminution du taux de survie des sujets porteurs de côtes surnuméraires cervicales ? Là-encore, deux hypothèses peuvent être avancées :

- (i) H1 : la présence de la côte surnuméraire causerait des problèmes pathologiques, voire létaux pour l'individu
- (ii) H2 : la présence de la côte surnuméraire constituerait un signal de la présence de pathologies ou anomalies du développement, conduisant elles-mêmes fréquemment au décès du sujet.

VII.1. Hypothèse 1 : la côte surnuméraire cervicale, facteur pathologique ?

VII.1.1. Relations anatomiques des structures et pathologies causées par la côte surnuméraire cervicale chez l'adulte

Quelles que soient ses dimensions, la côte cervicale est confrontée lors de sa croissance aux structures nerveuses et vasculaires environnantes du rachis cervical. La région anatomique est occupée par des réseaux nerveux dont le plexus brachial (figure 208), en forme de triangle dont la base est située dans la région de la colonne vertébrale de C4 à T1 et le sommet dans la région du creux axillaire (Stranding, 2015). Il regroupe les branches ventrales issues des 5^e, 6^e, 7^e et 8^e nerfs cervicaux, ainsi que du premier nerf thoracique (figure 208).

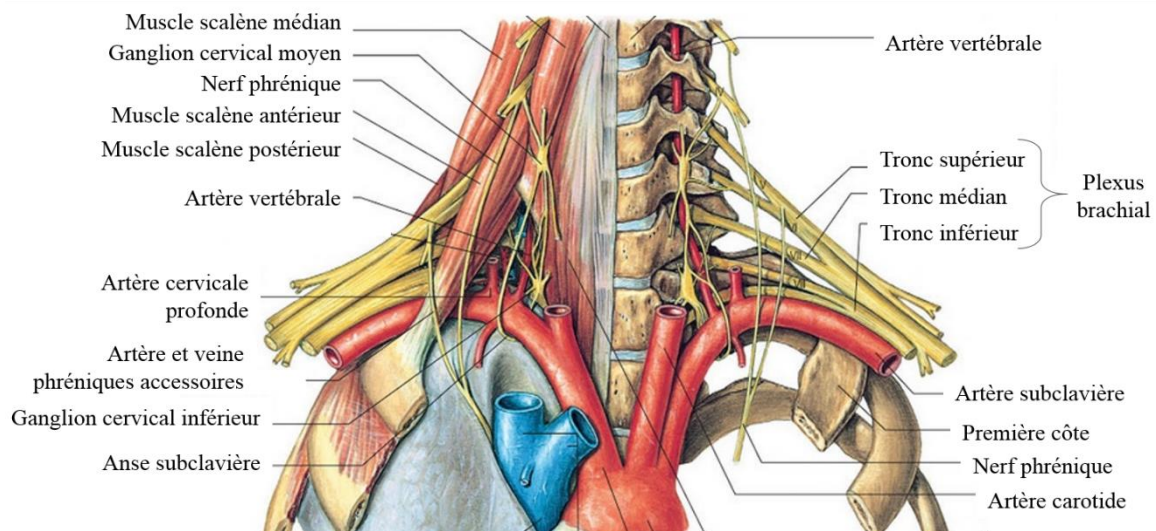


Figure 204. Schéma des principales structures nerveuses et vasculaire de la région cervicale basse, d'après Stranding (2015, p. 465)

Les racines C5 et C6 fusionnent pour donner le tronc supérieur, la racine C7 forme le tronc moyen, et les racines C8 et T1 forment le tronc inférieur (figure 208). Chaque tronc se divise pour donner une branche dorsale et une branche ventrale, les branches dorsales formant le faisceau postérieur, les branches ventrales le faisceau latéral, la branche ventrale du tronc

inférieur le faisceau médial. La partie distale du plexus brachial se situe postérieurement au muscle petit pectoral, dans la zone de passage de l'artère axillaire (Stranding, 2015). La région anatomique est également occupée par des réseaux vasculaires, dont en premier lieu l'artère subclavière, artère systémique apportant du sang oxygéné aux membres supérieurs (figure 208). La gauche est issue de l'aorte et se dirige supérieurement et latéralement, avant de former un arc de direction inféro-latérale avant de donner naissance à l'artère axillaire gauche (Stranding, 2015). La droite est issue d'un tronc artériel brachiocéphalique commun avec l'artère carotide commune droite, dont le tronc est oblique supérieurement et latéralement, passant au-dessus de la première côte pour donner naissance à l'artère subclavière droite proprement dite.

L'apparition de pathologies et de problèmes médicaux dus à la proximité entre ces structures anatomiques et la côte cervicale est bien documentée chez l'adulte depuis la première moitié du XX^e siècle (Flint, 1937 ; Eden, 1939). La présence de côte cervicales est asymptomatique dans 90 % des cas (Demondion *et al.*, 2006), mais peut être la cause mécanique de problèmes de gravité variable avec des atteintes nerveuses, vasculaires et musculaires. Elle peut, en fonction de ses dimensions et directions, se développer dans l'espace occupé par les nerfs et l'artère, et exercer une pression postérieurement à ces structures (Ray *et al.*, 1953). La compression de l'artère subclavière entre la côte et le muscle scalène antérieur peut provoquer des sténoses du vaisseau ainsi qu'une dilatation post-sténosique, avec une zone dilatée potentiellement endommagée par les mouvements de la clavicule (Shucksmith, 1963). Ray et collaborateurs (1953) constatent par exemple que sur 46 individus ayant subi 57 opérations, la compression artérielle est présente chez 23 patients, associées à des déficiences vasculaires, des picotements et des douleurs sourdes, entraînant un inconfort au niveau des extrémités des membres supérieurs. Des changements de couleurs et des refroidissements localisés, de même que des diminutions du pouls pouvaient être notées, ainsi que de rares cas d'atrophies des extrémités distales des doigts ainsi que des changements au niveau des ongles.

Six cas présentaient une gangrène ou une cyanose persistante associées à une compression artérielle, et deux cas montraient une obstruction de l'artère brachiale à la moitié du membre supérieur. Un patient souffrant d'une gangrène présentait une thrombose complète de l'artère axillaire, deux patients présentant une cyanose (coloration bleutée de la peau, signe de diminution du taux d'oxygène dans le sang) persistante ainsi que deux patients sans cyanose étaient porteurs d'un anévrisme artériel. La compression nerveuse est quant à elle présente dans les deux tiers des cas décrits par Ray et collaborateurs (1953), et les symptômes neurologiques les plus répandus étaient la douleur et la paresthésie (troubles de la sensibilité). La douleur est la moitié du temps localisée à l'épaule, avec une paresthésie au niveau des doigts et de la main.

Une douleur le long du bras et au niveau du cou peut également apparaître, moins souvent à l'avant-bras, à la main et aux doigts. Les symptômes musculaires ressentis concernent une atrophie et une faiblesse musculaire dans un tiers des cas. Certains sujets présentent une masse et des douleurs à la base du cou (Rao, 1988 ; Chan *et al.*, 2013 ; Chandak, 2014).

Les variabilités des différentes structures (côtes cervicales, plexus brachial et artère subclavière) et de leurs relations anatomiques expliquent la diversité des symptômes associés à la présence d'une côte cervicale. D'après Barnes (1994), les côtes de classe II (*Cf. supra*, chap. XIV, II.2) seraient plus enclines à exercer une pression sur le plexus brachial, causant des douleurs dans la partie postérieure du cou, les épaules ou la région supra-claviculaire, une perte de sensation, tandis que les côtes de classe III et IV sont amenées à causer une pression sur l'artère subclavière. Dans certains cas ces symptômes de compression des paquets vasculaires et nerveux sont regroupés sous l'appellation de syndrome du défilé thoraco-brachial ou *Thoracic Outlet Syndrom*, TOS (Sanders et Hammond, 2002 ; Cubuk *et al.*, 2010 ; Chandak, 2014). Il s'agit d'un ensemble de symptômes rassemblant des douleurs des extrémités des membres supérieurs ainsi qu'une paresthésie (Kuschner et Fechter, 1996).

VII.1.2. Pathologies causées par la présence d'une côte cervicale chez l'individu immature

Des atteintes similaires à celles observées chez les adultes se retrouvent occasionnellement sur la population immature (Vercellio *et al.*, 2003 ; Grier *et al.*, 2008). Ces atteintes, dont le syndrome du défilé thoraco-brachial (SDTB), restent toutefois plutôt observées sur les adolescents. Chan et collaborateurs (2013) observent dans leur corpus actuel une moyenne d'âge de 15,6 ans pour le groupe atteint de SDTB contre 10,5 ans pour le groupe sans symptômes. La plupart des symptômes peuvent cependant apparaître à l'âge adulte, puisque la côte poursuit sa croissance jusqu'à 25 ans (Sycamore, 1944 ; Black et Scheuer, 1997). En l'état actuel de nos connaissances, aucun cas de SDTB n'a été identifié sur un individu en période périnatale. Un cas de paralysie obstétricale du plexus brachial causé par une côte cervicale a en revanche été mis en évidence sur un nourrisson (Tzou *et al.*, 2014b). Ce type de problème est constaté dans 0,38 à 2,6 cas pour 1000 accouchements, et dépend notamment du poids du nourrisson à la naissance. Il résulte d'un étirement des racines nerveuses (figure 208) durant la phase d'élévation de l'épaule et d'inclinaison de la colonne cervicale durant l'expulsion, et est peut-être à l'origine d'une paralysie totale ou partielle d'un des membres supérieurs (Tzou *et al.*, 2014a). Dans le cas présent, la côte cervicale est bien la cause mécanique de la lésion. Ses conséquences sont plus ou moins handicapantes en fonction de l'importance de la blessure, mais ne mettent pas en péril la survie de l'individu (Tzou *et al.*,

2014a). D'après ces éléments, il est donc improbable que la côte cervicale puisse constituer la cause mécanique de problèmes pathologiques expliquant qu'elle apparaisse comme un critère de morbidité chez l'individu en période périnatale.

VII.2. Hypothèse 2 : les côtes cervicales, signal pathologique ?

VII.2.1. Un lien existant avec la présence d'anomalies congénitales

Si les côtes cervicales ne semblent pas constituer une cause directe de décès en période périnatale, leur présence semble pouvoir en revanche être reliée à des pathologies qui peuvent avoir des conséquences létales (tableau 134).

Anomalies du développement et pathologies	Individus	% CK7	Référence
Neuroblastomes	immatures	33	(Schumacher <i>et al.</i> , 1992)
Tumeurs du cerveau	immatures	27,4	(Schumacher <i>et al.</i> , 1992)
Sarcomes des tissus mous	immatures	24,5	(Schumacher <i>et al.</i> , 1992)
Histiocytose X	immatures	9,5	(Schumacher <i>et al.</i> , 1992)
Fente palatine ou labiale	fœtus / périnatals	50	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Rein en fer à cheval	fœtus / périnatals	80	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Trouble hémorragique	fœtus / périnatals	69,4	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Oligo/polydactylie	fœtus / périnatals	66,7	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
<i>Spina bifida</i>	fœtus / périnatals	40	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Défaut du septum ventriculaire	fœtus / périnatals	54,8	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Syndrome de transfusion foeto-fœtale	fœtus / périnatals	57,1	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Désordres de latéralisation	fœtus / périnatals	71,4	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Agénésie rénale bilatérale	fœtus / périnatals	60	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Atrésie anale	fœtus / périnatals	54,5	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
<i>Hydrops fetalis</i>	fœtus / périnatals	45,5	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Dysmaturité	fœtus / périnatals	55,9	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Prématurité	fœtus / périnatals	57,4	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Anomalies mineures (total)	fœtus / périnatals	40,8	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Anomalies majeures (total)	fœtus / périnatals	56	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Anomalies uniques (total)	fœtus / périnatals	42	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Anomalies multiples (total)	fœtus / périnatals	54,8	(Galis <i>et al.</i> , 2006)
Trisomies	fœtus / périnatals	20,7	(Castori <i>et al.</i> , 2016)

Tableau 134. Fréquences de côtes cervicales dans les cas d'anomalies congénitales fréquentes, d'après Galis *et al* (2006 ; 2648), % : fréquence, CK7 : côte cervicale

D'après plusieurs auteurs (Anbazhagan et Raman, 1997 ; Galis, 1999 ; Galis *et al.*, 2006 ; Bots *et al.*, 2011), l'incidence de côtes cervicales dans les populations fœtales et périnatales a été identifiée comme positivement associée à des anomalies congénitales majeures ainsi qu'à de nombreuses pathologies graves (tableau 134). Les interprétations doivent tenir compte des effectifs réduits à partir desquels les fréquences sont obtenues pour certaines pathologies (entre 10 et 12 sujets par exemple pour la fente palatine, le rein en fer à cheval ou encore la *spina bifida*).

Certains résultats sont toutefois obtenus à partir de corpus plus grands (effectifs respectifs de 98, 59 et 68 individus pour les troubles hémorragiques, la dysmaturité et la prématurité). On observe que les côtes cervicales sont très courantes parmi ces pathologies fréquemment observées chez les sujets immatures et les sujets en période périnatale. Les plus fortes incidences de côtes cervicales sont présentes chez les fœtus et nourrissons porteurs de malformations à la fois multiples et majeures (Galis *et al.*, 2006). D'après Bots et collaborateurs (2011, p. 403), "*an increasing body of evidence has linked the frequency of cervical ribs to stillbirths, other malformations and early childhood cancer*".

Les fœtus et nouveau-nés porteurs de côtes cervicales font donc face à un risque accru de mortalité précoce (Bots *et al.*, 2011). Au total selon Galis et collaborateurs (2006), au moins 78 % des fœtus porteurs de côtes cervicales décèdent avant la naissance, et 83 % avant d'atteindre l'âge de 1 an. Les auteurs précisent qu'en comparaison, seulement 9 % des individus dénués de côtes cervicales dans l'échantillon sont amenés à mourir avant cet âge. Les interprétations des résultats ne sont pas unanimes : McNally et collaborateurs (1990) constatent que dans leur échantillon, les fœtus porteurs d'éléments costaux surnuméraires sont moins souvent porteurs d'anomalies squelettiques que les fœtus qui en sont dénués. Nous précisons cependant que l'écart n'est pas aussi important que ceux mis en valeur précédemment (tableau 132 et tableau 133), puisque les anomalies sont retrouvées chez 13 % des fœtus dotés d'éléments costaux contre 22 % des fœtus sans éléments costaux.

Il est important de prendre en compte le fait que les auteurs, probablement du fait du protocole fondé sur une étude radiographique, ne prennent en considération que les anomalies squelettiques et pas l'ensemble des anomalies du développement touchant les tissus mous. L'échantillon des sujets dénués d'anomalies squelettique n'est donc pas équivalent à un échantillon de sujets dénués d'anomalies, et il est même probable qu'il comporte des sujets porteurs d'anomalies graves des tissus mous.

VII.2.2. Responsabilité des mutations et conservation du nombre de vertèbres cervicales

La présence de côtes cervicales apparaît donc comme associée à celle d'anomalies du développement et de pathologies graves, potentiellement létales. D'après les recherches génétiques, la présence de côtes cervicales serait causée par une perturbation précoce du développement avec une altération de l'expression des gènes de Hox (Galis, 1999 ; Galis *et al.*, 2006 ; Bots *et al.*, 2011). Au moins quatre mutations des gènes de Hox (Hoxa-4, Hoxd-4, Hoxa5 et Hoxa-6) ont été identifiées chez la souris comme responsables de l'apparition de ce caractère (synthèse dans Horan *et al.*, 1995). Par exemple, l'étude de Jeannotte et collaborateurs (1993)

a mis en évidence, à partir de souris mutantes sur le gène *Hoxa-5*, que les individus mutants homozygotes présentaient plus fréquemment des côtes cervicales que les sujets mutants hétérozygotes.

L'affection des gènes de Hox jouerait par ailleurs un rôle perturbateur dans la suppression tumorale et l'oncogénèse (Corte *et al.*, 1993 ; Lawrence *et al.*, 1996 ; Anbazhagan et Raman, 1997 ; Shah et Sukumar, 2010), ce qui pourrait expliquer le lien avec les cancers de la petite enfance. Un argument en faveur de cette hypothèse tient au fait que la relation entre les anomalies congénitales et les cancers a été identifiée comme plus forte dans la petite enfance par rapport à des individus immatures plus âgés (Breslow *et al.*, 1996 ; Gurney *et al.*, 1996). Tabariès et collaborateurs (2007) vont jusqu'à suggérer un lien entre la sévérité des problèmes médicaux et la taille des côtes cervicales. Cette hypothèse est appuyée par les études de Charité et collaborateur (1995) et Alkema et collaborateurs (1995), qui mettent respectivement en évidence chez les souris mutantes sur *Hoxb-8* et *bmi-1* des côtes cervicales plus larges chez les sujets homozygotes par rapport aux hétérozygotes.

Les gènes de Hox jouent un rôle important dans la formation du squelette axial (Krumlauf, 1994). Leurs mutations sont responsables de la thoracification de la 7^e vertèbre cervicale, c'est-à-dire de sa transformation homéotique partielle ou complète en vertèbre thoracique par l'apparition d'une ou deux côtes cervicales (Galis, 1999). Alors que les autres tétrapodes présentent une grande variabilité du nombre de vertèbres cervicales, les Mammifères se caractérisent pourtant par une remarquable stabilité de cette séquence, et cela malgré l'existence de ces transformations homéotiques (Reumer *et al.*, 2014). Il apparaît que cette conservation de la séquence cervicale résulte d'une contrainte à l'échelle de l'évolution, c'est-à-dire une forte sélection contre les effets pléiotropiques délétères associés à ces mutations (Galis et Metz, 2001 ; Galis *et al.*, 2006).

La sélection apparaît alors comme indirecte, puisque le changement dans le nombre de vertèbres n'est pas désavantageux en soi, mais que ce sont les modifications associées à ce changement de vertèbres qui apparaissent comme préjudiciables pour l'organisme (Galis *et al.*, 2006). L'apparition de côtes surnuméraires lombaires semble toutefois ne pas faire l'objet de ce type de sélection négative : elles ne sont pas associées aux mêmes anomalies du développement.

VIII. Analyses des corpus archéologique et virtuel : synthèse et conclusion

VIII.1. Perspective biologique

Les résultats obtenus sur la collection archéologique de l'île de Saï apportent des informations inédites sur la variabilité morphologique des côtes surnuméraires cervicales chez les individus décédés en période périnatale. Les résultats de fréquences obtenus sur les deux corpus correspondent quant à eux aux fréquences connues du caractère pour les échantillons de sujets décédés ou atteints de pathologies (tableau 132), c'est-à-dire entre 30 et 60 %. Ils confirment également les fréquences d'expression du caractère de manière bilatérale et unilatérale précédemment décrites dans la littérature scientifique.

Le croisement des analyses avec les données médicales apporte cependant des éléments inédits concernant les fréquences de côtes cervicales en fonction des causes de décès (tableau 127). Même si les effectifs peuvent être faibles par catégories, ces données restent rares dans la littérature scientifique. L'analyse apporte également des résultats relatifs à des échantillons considérés comme « sains », même si ce dernier point doit être discuté. Les fréquences de côtes cervicales demeurent en effet très élevées pour la collection de Marseille parmi les sujets survivants après 2 mois post-partum, ou encore parmi les sujets nés vivants, comparativement à celles observées chez les individus immatures sains (tableau 133 et tableau 134). Une explication de cet écart pourrait être avancée par rapport à l'origine de la série virtuelle. Pour les examens *in utero*, il s'agissait intégralement de sujets adressés pour un passage au scanner en raison d'une suspicion de problème médical, dont la morbidité peut légitimement être suspectée comme supérieure à celle d'un échantillon « naturel ». Il est vraisemblable que des individus pour lesquels aucune anomalie n'a été identifiée au cours de l'examen – et donc classés parmi les sujets sains – aient tout de même été porteurs de pathologies non identifiables à ce stade, susceptibles de s'accompagner de côtes cervicales.

VIII.2. Perspective archéo-anthropologique

Les proximités des fréquences de côtes cervicales observées dans la collection de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï (44 %, tableau 126) et dans les corpus actuels de sujets décédés, soit l'échantillon de la collection virtuelle comprenant les sujets décédés entre 26 s.a. et 2 mois post-partum (figure 205), et les corpus des études (tableau 132) précédemment citées invitent à poser la question de l'état sanitaire des sujets de la série archéologique. Bien que l'étude biologique n'ait pas permis de déceler des anomalies du développement, la fréquence élevée de

côtes cervicales à Saï pourrait être un élément en faveur d'un mauvais état de santé général. Il n'est, de même, pas à exclure qu'une certaine endogamie ait accentué à la fois les fréquences d'anomalies du développement et de côtes cervicales. En l'absence d'analyses paléogénétiques, il est toutefois difficile d'estimer l'ampleur de ce facteur éventuel, même si une discussion par rapport à la faible variabilité anthropométrique pourra être évoquée. La question des proximités topographiques à l'échelle de la nécropole des sépultures d'individus porteurs de côtes cervicales sera, de même, évoquée dans le chapitre dédié à l'étude archéo-anthropologique du site (*Cf. infra*, chap. XV).

Ces résultats autorisent une première identification des côtes cervicales en tant que critère de morbidité dans une collection archéologique, hypothèse que nous privilégions. L'étude devra être prolongée par celle d'autres séries archéologiques et une attention redoublée sur le terrain (permettant d'identifier les éléments), de même que par des études longitudinales sur des corpus actuels. Il serait en effet important de vérifier si les côtes cervicales identifiées au stade périnatal correspondent bien à des côtes cervicales sur l'adulte, et s'il s'agit bien d'un seul et même type de côte. Il pourrait en effet être envisagé que les éléments identifiés au stade fœtal et périnatal relèvent de deux processus, d'une part celui donnant naissance à des « vraies » côtes cervicales, et d'autre part celui causant des anomalies potentiellement létales. Seules des études longitudinales pourraient permettre de distinguer si l'un des types morphologiques identifiés au stade périnatal (comme par exemple le type C dont la forme peut rappeler celle des côtes développées chez les adultes) pourrait procéder d'un phénomène distinct et ne pas être associés aux anomalies de développement.

Synthèse

Les côtes surnuméraires cervicales chez l'adulte constituent un sujet anciennement étudié par la littérature médicale et anatomique. Leur observation chez les individus en période périnatale est beaucoup plus récente et a posé de nombreuses questions quant à leur caractère systématique ou non dans cette classe d'âge. Si certains auteurs voient dans ces éléments costaux une étape normale de l'ossification du foramen transversaire des hémi-arcs vertébraux, d'autres mettent au contraire en évidence leur association, y compris pour d'autres espèces, avec des anomalies majeures du développement.

L'étude du corpus archéologique a permis d'avoir pour la première fois accès aux fréquences du caractère dans une population ancienne ainsi que de documenter leur variabilité

morphologique, tandis que leur analyse dans le corpus virtuel a offert l'opportunité de croiser ces fréquences avec les informations médicales disponibles pour chacun des individus.

L'étude de la **série de Saï** a montré donc une **fréquence très élevée** de côtes surnuméraires cervicales à l'échelle de l'ensemble des individus immatures (au minimum 44 % d'entre eux en étaient porteurs) et à l'échelle des individus décédés en période périnatale (au minimum 44 % en étaient également porteurs). Ces côtes, d'une longueur moyenne de 8 mm environ, sont majoritairement bilatérales. Leur analyse sur os sec permet pour la première fois de documenter leur variabilité morphologique et de la rapprocher de celle des côtes retrouvées chez les individus adultes.

L'étude du **corpus virtuel** montre également des **fréquences élevées**, puisque 27 % des individus en présentent au moins une. Cette fréquence monte à 41 % pour les sujets décédés avant 2 mois post-partum, et à 37 % des sujets atteints d'anomalies graves du développement, ces différences étant statistiquement significatives. Seuls 8 % des sujets ayant fait l'objet d'une naissance vivante en sont par ailleurs porteurs. Là encore, les côtes sont majoritairement bilatérales (69 % des sujets), sans privilégier l'un ou l'autre des côtés. Le caractère ne montre pas d'expression préférentielle en fonction du sexe ou en fonction des VANM observées.

Les fréquences de ces éléments dans la classe d'âge périnatale ont été comparées entre les deux corpus ainsi qu'avec les données disponibles pour les individus adultes, pour lesquels le trait est retrouvé chez 1 à 3 % des sujets. Plusieurs hypothèses ont été discutées pour expliquer l'écart de fréquence entre les corpus adultes et nos corpus immatures (de 27 à 44 %). Le fait qu'il s'agisse d'un caractère « populationnel », ce qui pourrait expliquer sa fréquence à Saï, ne concorde pas avec celles observées dans le corpus virtuel actuel de Marseille, dont la diversité génétique ne peut pas être qualifiée de faible. L'hypothèse, classiquement considérée dans la littérature scientifique, d'un élément présent de manière systématique au niveau du foramen transversaire ne peut, d'après nos observations, pas davantage être retenue. Les côtes devraient notamment être présentes chez 100 % des sujets du corpus virtuels, chez lesquels les questions de conservation des petits éléments ne se posent pas, contrairement au corpus archéologique.

D'après l'hypothèse que nous privilégions au regard de nos résultats, la différence de fréquences entre les corpus adultes et immatures s'expliquerait par le fait qu'une grande partie des sujets porteurs de côtes au stade périnatal n'atteint en réalité pas l'âge adulte. Cette explication est fondée sur des études mettant en évidence une association entre présence de côtes cervicales et **présence d'anomalies graves du développement**. Les deux seraient

induites par des **mutations précoces des gènes de Hox**, ce qui impliquerait que les fœtus et les nouveau-nés porteurs de côtes cervicales feraient face à un risque accru de mortalité précoce. Même si la présence de côtes surnuméraires cervicales n'implique pas un mauvais état sanitaire, les côtes surnuméraires cervicales peuvent être considérées, dans la classe d'âge périnatale, comme un **critère de morbidité**.

Au-delà des perspectives offertes par l'identification de ce critère de morbidité dans de futures études, l'obtention de ces résultats dans la série de l'île de Saï constitue un préalable particulièrement intéressant pour la reprise de l'étude archéo-anthropologique du site et le croisement des données archéologiques avec ces données biologiques.

Partie V.
Croisement de données bio-archéologiques
et conclusion générale

Chapitre XV.

La nécropole 8B-51 de l'île de Saï, étude archéo-anthropologique et croisement de données bio-archéologiques

« L'interprétation des sources disponibles, entre une Égypte dont l'influence est parfois difficile à apprécier et une Afrique orientale dont on doit se contenter de deviner le poids et la diversité, constitue un véritable pari » (Bonnet, 2000, p. 2).

L'absence de système d'écriture dans les civilisations Kerma a longtemps eu pour conséquence une interprétation des vestiges en contrepoint, si ce n'est comme un pâle reflet, de la civilisation égyptienne voisine (Gratien, 1985 ; Bonnet, 2000). Les sites archéologiques d'importance majeure, c'est-à-dire en premier lieu le patrimoine bâti et les nécropoles, représentent ainsi les seules sources de données pour l'interprétation du mode de vie de ces populations au cours des mille ans d'existence du royaume. Si les immenses sites funéraires (comme ceux de la capitale éponyme ou encore de l'île de Saï) ont permis de documenter de manière précise les modes d'inhumation attribués aux adultes, les informations manquent concernant les traitements réservés aux enfants (Gratien, 1985). Le site de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï est donc exceptionnel à plus d'un titre : il offre en premier lieu un cadre unique pour la documentation des pratiques funéraires dont ont pu faire l'objet les jeunes sujets immatures, et en particulier les nouveau-nés. Le fait qu'il ait été en activité dans une période charnière (au cours de l'apogée du royaume et juste avant son annexion par l'empire égyptien) apporte, de même, des éléments de réflexion quant aux problématiques des relations et influences culturelles réciproques entre les deux puissances. La question de l'éventuelle empreinte égyptienne sur les dispositifs funéraires kermas peut ainsi être posée.

La problématique de notre étude archéo-anthropologique a été de documenter les pratiques et la gestion funéraire de la nécropole grâce aux données biologiques (l'âge au décès estimé et révisé des individus, tout comme les résultats relatifs à leur variabilité non métrique), dans le but de questionner l'implication affective des adultes vis-à-vis de la mort des sujets immatures.

Outre la documentation des pratiques observées dans la nécropole 8B-51, l'analyse s'est concentrée particulièrement sur les ressemblances et différences de traitement entre les enfants et les adultes du Kerma, de même que sur la question de la proximité des pratiques mises en œuvre avec celles connues pour l'empire égyptien. L'étude s'est fondée sur les données partiellement exploitées après la fin de la dernière campagne de fouilles (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006), sur les nouvelles sous-classes d'âges proposées. Elle a été couplée, dans le cadre de notre travail, à la réalisation d'un Système d'Information Géographique (*Cf. infra*, chap. XV).

I. Cadre historique et culturel

I.1. Les cultures Kerma - Rappels historiques

La civilisation Kerma se constitue entre 2400 et 1450 av. J.C. autour du site éponyme de la ville principale en Haute Nubie, devenant l'un des plus importants empires africains antiques (Gratien, 1985). Les évolutions de ce royaume koushite sont intimement liées à celles de l'empire égyptien contemporain, de par leurs conquêtes de territoire autant que par leurs relations commerciales (Gratien, 1985 ; Bonnet, 2000). Elle est précédée par la culture du Pré-Kerma (figure 209, 3500 et 2400 av. J.C.) qui en constitue le véritable substrat culturel (Honegger, 2006).

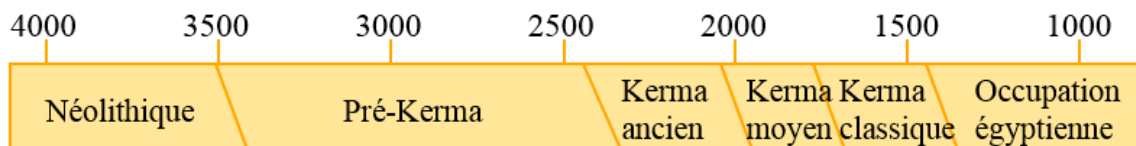


Figure 205. Frise chronologique de la civilisation Kerma

Elle est partiellement contemporaine du Groupe A de Basse-Nubie, dont elle se distingue par une implantation géographique distincte et des différences au niveau de la céramique (Honegger, 2006). Les limites de l'extension territoriale du Pré-Kerma, entre la 2^e cataracte et la plaine de Kerma (figure 210), restent mal connues.

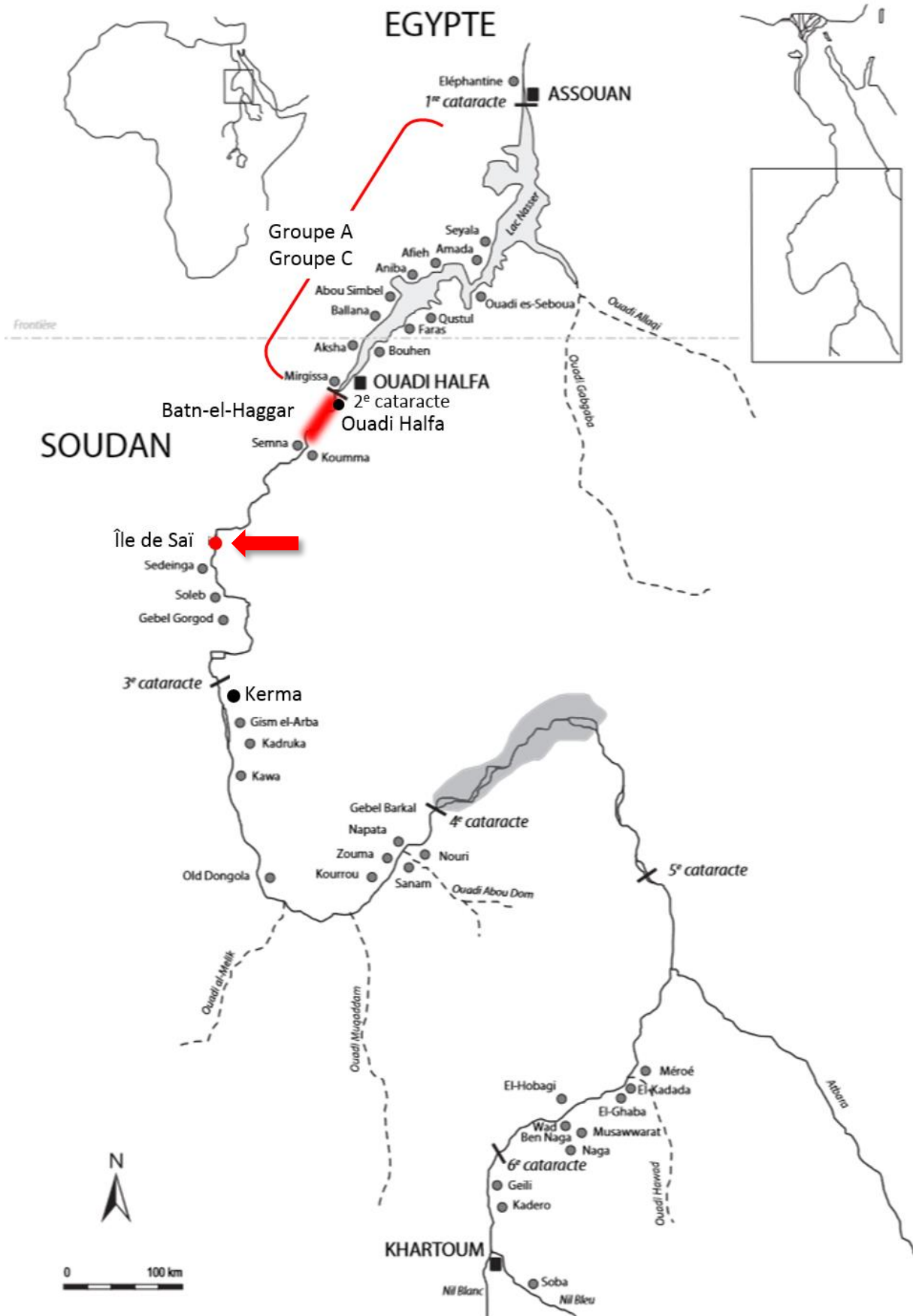


Figure 206. Localisation de l'île de Saï et des principaux sites mentionnés, carte modifiée d'après Valbelle (2006, p.11)

Des sites d'habitat datant d'environ 3000 av. J.C. ont ainsi été identifiés dans les environs de Kerma (Bonnet, 1988 ; Privati, 1988 ; Reinold, 1993 ; Honegger, 2002), sur l'île d'Arduan (Osman et Edwards, 2000) ainsi que sur l'île de Saï (Geus, 1988). La civilisation Kerma qui en dérive est habituellement divisée en trois périodes (Gratien, 1978 ; 1982, 1984, 1986a ; b, 1988, 1990, 1991, 1992a ; b, 1993, 1995, 1997, 1999, 2000, 2001, 2006 ; 2003, 2006, 2009). Le Kerma ancien (2400-2050 av. J.C.) s'érige à partir de la capitale Kerma (figure 209). Elle rassemble les chefferies sous l'autorité d'un monarque unique et poursuit le processus de hiérarchisation sociale (Soulé-Nan, 2002). Au nord, le territoire est occupé par les peuplades du Groupe C (*Cf. supra*, chap. IV, I.1.) qui pacifient leurs relations avec l'Égypte, pour laquelle le royaume de Kerma commence à constituer une menace sur les expéditions commerciales (Honegger, 2006). Cette période se caractérise par des productions de céramique très proches de celles du Groupe A, rouge à bord noir, incisée et polie. Le travail du cuir est également une activité importante (Gratien, 1985). Le Kerma moyen (figure 209) est daté de 2050 à 1750 av. J.C. (Bonnet, 2000). Le mobilier se diversifie avec toujours des bols lustrés rouges à bords noirs mais également des jattes à pâte noire plus grossière qu'au Kerma Ancien (Gratien, 1985). Les relations commerciales se développent fortement le long de l'axe du Nil. La culture reste proche du Groupe C, intermédiaire entre le royaume koushite et l'empire égyptien, jusqu'à ce que ce dernier annexe la région jusqu'au Batn-el-Haggar (figure 210), au sud de la 2^e cataracte et aujourd'hui Ouadi Halfa (Bonnet, 2000). Le Kerma classique (figure 209), période contemporaine de la fin du Moyen Empire et de la Deuxième Période Intermédiaire, est datée entre 1750 et 1500 / 1450 (Bonnet, 2000). Elle est considérée comme l'apogée du royaume et s'étend jusqu'à la 1^{ère} cataracte et Assouan. Les populations se sédentarisent au fur et à mesure que l'agriculture prend le pas sur l'élevage (Honegger, 2006). La poterie se rencontre sous la forme de "beakers" ou « tulipes », bols lustrés au profil en S, dont la couleur rouge est séparée d'un bord noir par une bande blanchâtre (Gratien, 1985). Le royaume est ensuite annexé par la XVIII^e dynastie égyptienne, et le pouvoir remplace le souverain par le vice-roi de Koush (Gratien, 1985).

I.2. Bref aperçu des relations entre les civilisations Kerma et égyptienne

La question de l'empreinte culturelle mutuelle entre les dynasties égyptiennes et le royaume de Kerma sous-tend toutes les interprétations historiques. Les royaumes égyptien et koushite ont entretenu des rapports tantôt pacifiques et commerciaux, tantôt belliqueux, suivant les contextes internes et géopolitiques.

Les traces de ces échanges remontent au Prédynastique égyptien, avec par exemple de la céramique nubienne apparemment importée découverte à Adaima dans la tombe d'un enfant âgé d'environ 2 ans (Power, 2011). Au pré-Kerma ces relations s'effectuent par l'intermédiaire du Groupe A (figure 210), avant de prendre de l'ampleur au Kerma ancien (Honegger, 2006). À Kerma un fragment de vase en albâtre daté de l'Ancien Empire ainsi qu'un bol en provenance du bassin méditerranéen montrent des relations si ce n'est directes, au moins indirectes par l'intermédiaire du Groupe C (Soulé-Nan, 2002). Sur l'île de Saï on trouve en contexte d'habitat des tessons de jarre ainsi que des empreintes de sceau datées des premières dynasties égyptiennes (Geus, 2004). Ces échanges sont confirmés par les sources écrites qui mentionnent les expéditions commerciales égyptiennes de VI^e dynastie vers les populations soudanaises du pays de *Iam*, et font allusion à la venue de Nubiens à la Résidence royale du pharaon (Gratien, 1985 ; Obsomer, 2007).

Le contrôle des relations commerciales le long de la vallée du Nil devient très vite primordial pour le pouvoir égyptien, qui commence au Moyen Empire à mener les premières campagnes de ce que la rhétorique royale appelle la « pacification » de la région. Autour de l'an 18 du règne de Sésostri Ier (XII^e dynastie), une expédition militaire effectue ainsi une incursion jusqu'à Saï, et probablement jusqu'à Kerma. Les vestiges d'un campement témoignent également du passage de Sésostri III sur l'île (Tallet, 2005). S'il n'y a pas d'occupation de la région et que la frontière reste maintenue à Bouhen au niveau de la II^e cataracte (Gratien, 1985 ; Obsomer, 2007), cela permet néanmoins au pouvoir égyptien de maintenir la zone dans sa sphère d'influence jusqu'à la chute du Moyen Empire et l'avènement de la Deuxième Période Intermédiaire.

À partir de cette période, l'usage de l'égyptien s'impose dans le royaume koushite comme la langue des élites et des échanges internationaux (Bonnet, 2000). Elle est utilisée dans les pourparlers entre Kerma et Avaris, capitale du royaume Hyksôs, nouvelle puissance militaire qui émerge au Proche-Orient et menace le pouvoir égyptien à l'est du delta du Nil (Gabolde, 2012). La « seconde stèle de Kamosis », dernier roi de la Deuxième Période Intermédiaire, mentionne ainsi l'interception d'une dépêche secrète envoyée par le souverain Hyksôs *Âaouserenrê-Apopi* au souverain de Koush pour lui proposer d'attaquer le pharaon à sa frontière sud, tandis que le chef asiatique lancerait lui-même l'offensive sur le front nord. Cette attaque en tenaille aurait pour but de partager le territoire entre les deux puissances.

La stèle précise que cette proposition ferait suite à une expédition militaire de l'Égypte contre Kerma au tout début du règne de Kamosis : « Ainsi (déclare le chef Hyksôs) tu n'as pas pu voir ce que l'Égypte a fait contre moi ! Le souverain qui y réside, Kamosis, gratifié de vie, m'attaque sur mon territoire – quoique je ne l'aie pas provoqué – à l'image de tout ce qu'il a (déjà) fait contre toi. » (Gabolde, 2012, p. 116). Une inscription à El-Kab mentionne à l'inverse des incursions du pouvoir koushite alors à son apogée en territoire égyptien (Davies, 2003). Cette menace, alliée à la nécessité de sécuriser les axes commerciaux, apparaît comme le déclencheur des campagnes égyptiennes d'expansion territoriale vers le sud qui marquent le début de la XVIII^e dynastie du Nouvel Empire (Valbelle, 1998).

La campagne de Kamosis contre Koush ainsi que la prise de Saï par son successeur et premier pharaon du Nouvel Empire Ahmosis ont toujours été considérées comme vraisemblables par les historiens (Vandersleyen, 1971 ; Gabolde, 2012). Un réexamen des sources a cependant récemment permis de privilégier l'hypothèse selon laquelle l'implantation du pouvoir égyptien à Saï serait en réalité due à Aménophis Ier, lequel aurait institué une vénération posthume de son père Ahmosis en lui attribuant la primauté de ces conquêtes (Budka, 2011 ; Gabolde, 2012). La mention sur la stèle du vice-roi Iahmès, découverte à Saï, d'une « expédition vers le sud pour détruire les *iountyou sétyou* (archers de Nubie) » constituerait ainsi l'un des premiers témoignages du déclin du royaume koushite (Soulé-Nan, 2002, p. 170).

II. Pratiques funéraires dédiées aux enfants dans les sociétés nilotiques de l'Antiquité : bilan et approche comparative avec les pratiques dédiées aux adultes

II.1. La place de l'enfant dans la société égyptienne

Les proximités autant géographiques que culturelles entre les deux sociétés nilotiques justifient de poser la question du statut accordé aux enfants kerma par rapport à celui accordé aux enfants égyptiens. Pour la période dynastique, ces derniers font l'objet d'un paradoxe, dans la mesure où ils sont « partout et nulle part à la fois » : présents en nombre au cœur de la société, ils sont rares en contexte funéraire et rarissimes dans l'iconographie mortuaire (Tristant, 2012, p. 17). L'enfant vivant est particulièrement présent dans les sources épigraphiques, iconographiques ou encore mobilière. Sa naissance est un moment attendu, comme en témoignent par exemple le papyrus traitant des maladies des femmes de Kahun (Moyen-Empire), découverts par Pétrie en 1889 (figure 211), ou encore du papyrus Ebers (Nouvel

Empire), découvert par Smith en 1862. Ces écrits détaillent les maladies de la grossesse ainsi que les soins à apporter aux parturientes et à l'enfant, cela afin de garantir que l'événement ait lieu dans les meilleures conditions à grand renforts d'amulettes et de formules de protections contre les mauvais esprits (Desroches-Noblecourt, 1986 ; Halioua et Ziskind, 2013 ; Marshall, 2015).



Figure 207. Papyrus de Kahun, XII-XIII^e dynasties, musée Pétrie d'archéologie égyptienne de l'University College de Londres, à droite, jouet, Thèbes, Nouvel Empire

Le nourrisson reçoit alors immédiatement son nom, acte primordial puisqu'il lui sera nécessaire pour se présenter devant les dieux le jour du passage dans l'au-delà. Il est souvent paré d'un grand nombre d'amulettes à caractère prophylactique, comme des portions de texte magiques, un œil d'Horus ou une figuration du génie Bès (Tristant, 2012). L'enfant plus âgé est par la suite souvent représenté auprès de ses parents dans des scènes de vie quotidienne. Si sa classe sociale ne lui permet pas de recevoir une éducation, il aide ses parents dans les tâches journalières (cuisine, agriculture, chasse ou élevage) et joue un rôle social important (Janssen et Janssen, 1990). Cela ne l'empêche pas de faire l'objet de nombreuses attentions, comme en témoignent les jouets retrouvés en contexte archéologique (figure 211).

Paradoxalement, et alors que l'enfant vivant est donc largement représenté, l'enfant mort est quant à lui rarissime dans les sources iconographiques. Les stèles funéraires le montrent le plus souvent vivant sur les genoux de sa mère (*e.g.* stèle funéraire de Merysekhmet, XVIII^e dynastie, *British Museum*). Une occurrence exceptionnelle de ce thème est la déploration du corps de la deuxième fille royale Maketaton par ses parents Akhénaton et Néfertiti, scène du mur F de la chambre alpha de la tombe royale de Tell-el-Amarna (Gabolde, 1998 ; Tristant, 2012). Les données littéraires et iconographiques relatives aux pratiques funéraires dont font l'objet les sujets immatures en Égypte ancienne restent donc très rares.

II.2. Traitements funéraires des individus immatures dans les sociétés égyptiennes, du Paléolithique Moyen aux périodes dynastiques

II.2.1. Aperçu général des données archéologique

Qu'en est-il des données archéologiques ? La plus ancienne sépulture d'enfant connue en Égypte est découverte par P. Vermeersch en 1994 à Taramsa Hill, près de Qena en Haute-Égypte. Le sujet est âgé d'entre 8 et 10 ans, sa datation absolue par OSL remonte à 55 000 BP environ (Vermeersch *et al.*, 1998 ; Crèvecoeur, 2006). L'individu est un sujet immature anatomiquement moderne inhumé en fosse sur un site d'extraction de silex. La nécropole préhistorique soudanaise du Jebel Sahaba, découverte en 1968 sur la rive est du Nil et datée des environs de 13740 BP, a livré parmi 59 individus treize sujets immatures (Wendorf, 1968). Au Néolithique, on connaît des inhumations en fosses de stockages en zone d'habitat (Tristant, 2012), comme par exemple sur le site d'El-Omari au sud du Caire (4700-4300 av. J.C.). Douze sujets parmi les quarante-trois exhumés sur le site sont des enfants. Ils reposent tous sur le côté gauche en position contractée, la tête orientée au sud et le visage majoritairement tourné vers l'ouest. Ils ont été enterrés avec un vase puis protégés par une natte.

La période prédynastique a quant à elle livré un matériel exceptionnel, notamment sur le site d'Adaïma en Haute-Égypte (Crubézy *et al.*, 2002 ; Midant-Reynes, 2003, 2012). La nécropole de l'Est, datée de Nagada IIIA-D (3350-2700 av. J.C.) est réservée aux sujets immatures et livre près de 600 tombes (Crubézy *et al.*, 2002). Les études ont montré que ce recrutement spécifique était lié à une phase épidémique de tuberculose (Dabernat et Crubézy, 2010). Les sujets sont inhumés dans des fosses simples peu profondes ou dans des jarres (parfois en contexte de réemploi), en décubitus latéral gauche, tête au sud et regard portant vers l'est (figure 212). Certains sont également déposés dans des coffres en terre crue, avec un pot globulaire à l'angle sud (*e.g.* S934, figure 212). Les inhumations en jarre ne sont pas spécifiques à la classe d'âge périnatale, comme en témoigne une (S649) où un enfant âgé d'entre 1 et 4 ans a fait l'objet d'un dépôt dans un panier, lui-même glissé dans une céramique. Les sujets sont par ailleurs accompagnés d'un mobilier funéraire de grande qualité dont des céramiques, des palettes, des peignes, des épingles et des parures en matériaux plus ou moins précieux de type os, cornaline, fritte, coquille d'œuf d'autruche, voire améthyste, stéatite et cuivre (Minotti, 2015). Pour ces périodes précédant les premières dynasties, on constate ainsi l'existence d'une séparation dans les lieux d'inhumation entre les adultes et les individus immatures (comme à Adaïma), sans que cette séparation soit néanmoins systématique (ce n'est pas le cas à El Omari).



Figure 208. Exemples de traitements funéraires des immatures à Adäïma, haut et milieu : S636, S753 et S721 (Nagada III A-D), en bas (Nagada III-D), Crubézy et al (2002), figures reprises par Tristant (2012, p. 24, 25, 26, 32)

Aucun dispositif funéraire spécifique aux sujets immatures n'est identifié et l'utilisation conjointe de différents traitements pour une même classe d'âge est courante. On observe en revanche progressivement, et quel que soit l'âge des individus, un mouvement de généralisation des contenants. Les individus immatures ne sont pas dépourvus de mobilier, et ne sont pas inhumés avec un mobilier moins riche que les adultes. La plus grande des tombes découvertes sur la nécropole d'Armant 43 (T1461, Nagada IC) appartient à un sujet immature et est cinq fois plus grande que la plus petite sépulture d'adulte, ce qui montre que de possibles différences de statut social, y compris pour les enfants, pourraient être identifiables dès le 4^e millénaire av. J.C.

D'une manière générale, les modes d'inhumation des individus immatures aux débuts de l'Ancien Empire restent diversifiés (Tristant, 2012). Au même moment et au même endroit (mastaba d'Ima-Pépy, VI^e dynastie), on constate par exemple l'existence de deux types d'inhumation de nouveau-nés, l'un en jarre dans le mastaba et l'autre dans un caisson en briques dans la descenderie (Minault-Gout, 1992). Une nouveauté est l'apparition de coffres de papyrus (Hélouan) ou de bois comme à Abou Rawach et Elkab (Tristant, 2012). Les enfants accèderaient toujours à de hauts statuts dans la société, comme en témoignent le cercueil en bois et feuilles d'or d'un enfant de 2 ans environ, découvert dans la tombe sud du complexe funéraire de Djéser (III^e dynastie). Les inhumations sous des grands bols de terre cuite sont à l'origine attribués autant aux enfants qu'aux adultes (Badari, II-IV^e dynasties), mais sont progressivement remplacés pour les adultes dans le courant de la V^e dynastie par des cercueils en bois, terre ou céramique (Tristant, 2012). L'inhumation en vase pour les sujets immatures se maintiendra jusqu'au début du XX^e dans les régions rurales de l'Égypte et du Soudan (Tristant, 2012).

Le Moyen-Empire voit se poursuivre l'utilisation de paniers, cercueils en tiges végétales et en bois autant pour les enfants que les adultes. Seul le sarcophage en pierre semble dédié aux adultes : la seule occurrence contraire concerne deux sujets immatures inhumés dans le coffre en calcaire d'un adulte masculin sur le site de Tourah, ce qui pourrait davantage refléter un geste circonstanciel (Engelbach et Bunn, 1923). Les enfants pouvaient être accompagnés de mobilier de valeur : un sujet de Harageh a par exemple été enterré avec une parure mentionnée comme exceptionnelle (Engelbach et Bunn, 1923).

Au Nouvel Empire, les cercueils adoptent pour les classes sociales supérieures une forme anthropoïde caractéristique, ce qui est le cas également pour les enfants de ces milieux privilégiés (Tristant, 2012). L'exemple le plus marquant remonte à la XVIII^e dynastie (figure 213) avec les deux fœtus retrouvés dans la tombe du pharaon Toutankhamon (Leek, 1972 ;

Tristant, 2012). Momifiés dans la même position que les adultes (membres supérieurs et inférieurs en extension), ils ont subi le même processus d'éviscération et ont été déposés dans un ensemble de sarcophages gigognes. Leur seule spécificité est que leurs bandeaux d'inscription sont dépourvus de nom, ce qui est remarquable au vu de l'importance de ce dernier dans les rites funéraires égyptiens (Assmann, 2011). Le nom marque l'inclusion de l'individu dans la communauté, et sa mention *post-mortem* garantit la « survie » de ce dernier en tant que membre à part entière (Assmann, 2011). L'absence de nom pourrait indiquer que les deux fœtus, bien que d'essence royale, ne font pas partie de la communauté exactement au même titre que des nouveau-nés ayant survécu assez longtemps pour en avoir un.

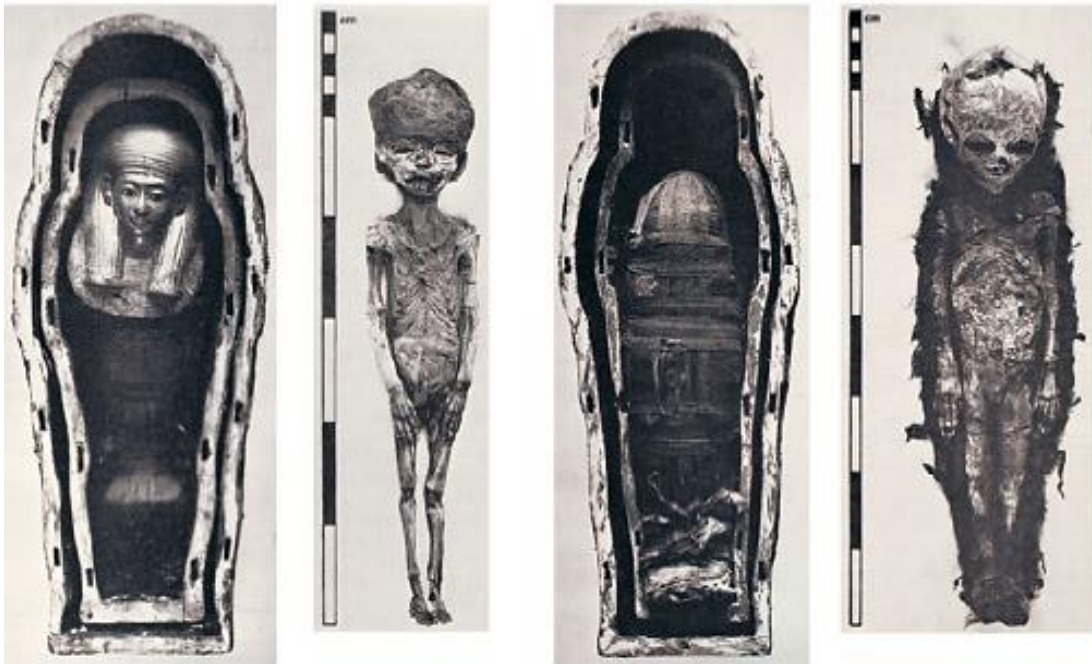


Figure 209. Fœtus de 5 mois et 7 mois in utero inhumés dans la tombe de Toutankhamon (XVIII^e dynastie), dans un coffre près du sarcophage royal, d'après Leek (1972)

II.2.2. Apport des recherches les plus récentes

Concernant les périodes dynastiques, il a fallu attendre 2011 et le travail de thèse de R. Power pour avoir accès à une synthèse concernant les modes d'inhumation des sujets immatures en Égypte antique (Power, 2011). Les données ont été obtenues à partir d'une étude poussée de la littérature égyptologique, permettant de constituer un corpus de 240 sites. Ce travail considérable a nécessité de limiter le cadre chronologique à la période couvrant les premières dynasties jusqu'au Moyen-Empire (entre 3300 et 1650 av. J.C.), c'est-à-dire juste avant la période d'activité de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï. Ce travail n'étant ni publié, ni disponible en bibliothèque en Europe, nous n'avons eu accès qu'au tome de texte et non au tome comprenant les fréquences détaillées et les figures.

Le manque d'informations détaillées sur l'âge des individus (classés parmi les fœtus, les enfants en bas âge et les jeunes enfants) ainsi que sur les dispositifs funéraires dans les publications sources a également limité notre travail de comparaison. En raison des effectifs réduits par catégories, les analyses n'ont pu être menées que par rapport aux différentes périodes, puis en fonction des classes d'âge des individus. Nous n'avons donc pas d'informations croisant les données à la fois par âge et par période.

Entre la période Prédynastique et l'Ancien Empire, les sujets immatures sont principalement déposés en décubitus latéral gauche (Power, 2011). Le décubitus latéral droit est observé en deuxième position préférentielle, et les dépôts en décubitus dorsal et procubitus sont rares. Les occurrences de ces trois positions de dépôt minoritaires augmentent en revanche au Moyen Empire, jusqu'aux changements de la Première Période Intermédiaire où le décubitus dorsal prend le pas devant le décubitus latéral droit, et se maintient au Moyen Empire. Ces évolutions correspondent en tous points à ce qui est observé pour les individus adultes (Grajetzki, 2004). Pour les enfants en bas âge plus précisément, la position majoritaire est le décubitus latéral gauche puis le décubitus latéral droit. Les fœtus présentent plus de variabilité en étant presque autant déposé du côté droit ($n = 4$) que du côté gauche ($n = 3$), même si les effectifs sont très faibles.

Au début de la Période Dynastique, tous les individus (adultes et enfants) sont majoritairement orientés au sud (Power, 2011). Cette préférence s'inverse à l'Ancien Empire et se poursuit à la Première Période Intermédiaire ainsi qu'au Moyen Empire, avec une orientation majoritaire au nord. Une variabilité existe tout du moins avec des orientations vers l'est ou l'ouest, même si elles sont très minoritaires à la Première Période Intermédiaire. Concernant les orientations en fonction des âges, l'orientation au nord est majoritaire parmi les enfants en bas âge ($n = 15$), mais presque aussi fréquente que celle au sud ($n = 14$). Les fœtus sont orientés au sud ($n = 3$) puis à l'ouest ($n = 2$), à l'est et au nord-est (respectivement $n = 1$) mais les effectifs sont là-encore extrêmement réduits. Les membres supérieurs sont majoritairement en flexion quel que soit l'âge de l'individu depuis les premières dynasties jusqu'à la Première Période Intermédiaire (Power, 2011). Durant cette dernière période, les occurrences de la position en extension augmentent jusqu'à devenir majoritaires au Moyen Empire, ce qui reflète les positions observées chez les adultes. Les membres inférieurs des sujets immatures de tous les âges sont majoritairement en flexion durant les premières dynasties et l'Ancien Empire, tout comme les adultes. La position en extension augmente pour les enfants et les adultes à la Première Période Intermédiaire, avant de devenir majoritaire au Moyen

Empire. Quelle que soit la période, les enfants présentent majoritairement les membres inférieurs en flexion, et minoritairement les membres inférieurs en extension, avec une seule occurrence de fœtus avec les membres inférieurs en position semi-fléchie. Concernant les dispositifs funéraires, le dépôt du défunt sur un lit fait en roseaux est identifié à la période Thinite et à l'Ancien Empire, mais devient rare à la Première Période Intermédiaire, puis non documenté au Moyen Empire. Les effectifs sont cependant extrêmement faibles ($n = 5$ pour l'ensemble des observations). Le dépôt sur lit en bois n'est observé qu'à quatre reprises dans le corpus de Power (2011), trois à l'époque Thinite et un à l'Ancien Empire. Parmi les éléments mobiliers associés aux inhumations, les plus fréquemment retrouvés sont en ordre décroissant les bijoux, les céramiques et les amulettes. Bijoux et céramiques sont retrouvés dans toutes les classes d'âges immatures, y compris les fœtus. La gestion funéraire des sujets immatures entre les premières dynasties et la fin du Moyen Empire en Égypte se caractérise ainsi par le fait qu'elle est dans la grande majorité des cas identique à celle des adultes.

II.3. Pratiques funéraires attribuées aux adultes dans les populations Kerma

La première tombe datant du pré-Kerma été découverte en 1999. Il s'agit d'une femme déposée en décubitus latéral gauche en position fléchie, tête orientée à l'est. Elle est inhumée avec du matériel de tradition néolithique, à savoir palette à fard, mortier à pigments, peigne, lisseur, épingle et alène en cuivre et encore bol en grès (Gratien, 1985). Au Kerma Ancien les sujets font majoritairement l'objet d'inhumations primaires individuelles dans des fosses profondes et ajustées, circulaires ou ovales. Les individus reposent la tête orientée à l'est, face vers le nord en position de décubitus latéral droit, les membres très contractés (talons sous le bassin et les mains souvent près du visage). Ils sont accompagnés de poteries, souvent des bols rouges à bord noirs, et des palettes et objets personnels déjà observés au pré-Kerma (Gratien, 1985). Du matériel en cuir, par exemple des couvertures sous et parfois sur le corps, ainsi que des parures en coquillages sont également présentes (Soulé-Nan, 2002). La hiérarchisation de la société devient particulièrement visible avec l'apparition de « sépultures royales » sous la forme de tumuli de grands diamètres, recouverts de graviers blancs, entourés de cercles de pierres noires et comportant des céramiques à l'est. À la fin de la période apparaissent les sacrifices d'animaux avec d'impressionnants cercles concentriques de bucranes en périphérie des tumuli (Chaix, 1986, 1988, 2003), et ce qui est interprété comme des sépultures d'élite. Elles peuvent comporter ce qui apparaît comme des morts d'accompagnement (Testart, 2004), sujets déposés dans les couloirs menant aux chambres funéraires des vastes tumuli (Albert et Midant-Reynes, 2005 ; Honegger, 2017).

Au Kerma Moyen, ce type de superstructure se développe avec des fosses plus profondes, plus grandes, les dimensions du tumulus ainsi que le nombre des inhumations décrites comme celles de morts d'accompagnement exprimant le statut social (Gratien, 1985). Les sujets sont toujours inhumés en position de décubitus latéral avec les membres fléchis (Gratien, 1985). Les sacrifices d'animaux (bucranes, moutons, agneau ou chien) souvent disposés au sud et à l'est de la tombe, prennent une part centrale dans le dispositif funéraire (Chaix, 1986, 1988, 1998, 2003). Ils peuvent reposer sur une peau de bœuf. Des moutons parés d'une coiffe composée d'un disque et de plumes ont été identifiés (Gratien, 1985). Le matériel associé au défunt principal se diversifie avec de la résine, des onguents et des objets métalliques. On trouve des coupes, des assiettes, des jarres et des bols qui peuvent être alignés au nord de la fosse, avec une céramique globalement moins soignée. Une différenciation du mobilier en fonction du sexe a été évoquée, avec des sépultures masculines comportant des arcs, flèches, dagues et couteaux en bronze (Gratien, 1985).

Au Kerma Classique on observe, outre les tumuli, des tombes sous forme de puits rectangulaires. Les sujets ne sont plus déposés sur des peaux de bœuf mais sur un lit traditionnel en bois appelé « angareb ». Les sacrifices d'animaux (et en particulier le dépôt de bucranes) se maintiennent et le nombre de inhumations de « morts d'accompagnement » augmente, jusqu'à atteindre parfois plusieurs centaines par tombe principale (Gratien, 1985 ; Honegger, 2017). La céramique retrouve la patine lustrée de bonne facture du Kerma ancien, et des vases en tulipe apparaissent (Gratien, 1978). La toute fin de la période connaît une égyptianisation des pratiques funéraires, avec des sujets retrouvés en décubitus dorsal, membre inférieur en extension, bras croisés sur la poitrine ou le long du corps. La tête du défunt est désormais orientée à l'ouest.

III. Contexte du site

III.1. Situation géographique de l'île

L'île de Saï est située sur le Nil entre la II^e et la III^e cataracte, à mi-chemin entre le Ouadi Halfa au nord et Dongola (figure 210) au sud (Van Peer *et al.*, 2003). Avec des dimensions de 11 km sur 4,5 km, elle fait partie des plus grandes îles du Nil (Vercoutter, 1958, 1986 ; Geus, 1996). Elle se trouve à quelques dizaines de kilomètres au sud du verrou rocheux du Batn-el-Hagar (figure 210), région de cataractes successives dont le nom (« le Ventre de Pierre ») est issu des affleurements de roches précambriennes traversés par le fleuve sur 150 km environ

(Geus, 1996). La région constitue une sorte de « marche naturelle » séparant la Haute de la Basse Nubie.

À l'échelle locale, son intérêt stratégique est important du fait de sa position de verrou : elle constitue alternativement un poste militaire égyptien avancé pour la Haute et la Basse-Nubie, facilitant les mouvements de troupes dans l'une ou l'autre des directions. L'île se situe à la jonction entre l'axe nord-sud du désert de l'Ouest et le cours du Nil. Sa position est appuyée par la proximité de l'oasis de Sélima, carrefour emprunté par les caravanes quittant le désert pour poursuivre leur cheminement en suivant la vallée. Elle est dominée par le Gebel Adou, relief en grès de 75 m de hauteur recouvrant le "*Basement complex*" (figure 214), lui-même constitué de schistes et de veines de quartz (Geus, 1996 ; Draganits, 2014). À l'ouest, à l'est et au nord, son sol est recouvert de dépôts fluviaux gravillonnaires dont le niveau varie en fonction des cycles d'inondation (Geus, 1996). Les études géomorphologiques ont montré que son système de terrasses alluviales était conservé, et ont permis de retrouver la chronologie de ses contours et les déplacements du rivage (Geus, 1996).

L'île de Saï est le site le plus important à l'échelle du royaume de Kerma après la capitale elle-même (Gratien, 1978). Elle a constitué un foyer de peuplement régional, fonction favorisée par sa surface importante à l'échelle des autres îles du Nil, de même que par l'accumulation des limons fertiles sur ses berges au gré des cycles de crues (Geus, 1996). Située au sud du verrou de la deuxième cataracte (figure 210) qui constitue un obstacle majeur pour le transport fluvial, l'île acquiert très tôt une position stratégique (Geus, 1996). Jusqu'au Nouvel Empire, elle fait office pour les habitants de Kerma de poste de surveillance des mouvements de l'empire égyptien, et de base ponctuelle pour les incursions égyptiennes dès le Moyen Empire (Vercoutter, 1986). La situation s'inverse durablement à la XVIII^e dynastie lorsque l'empire égyptien amorce la conquête de la Nubie et utilise l'île comme pôle militaire et administratif, et cette fonction stratégique se maintient jusqu'aux débuts de l'époque coloniale (Geus, 1996).

Le nom de l'île dérive de l'égyptien hiéroglyphique. Elle est nommée au Moyen Empire sous le nom de Shaat (*Š3't*), puis au Méroïtique sous le nom Shaâe, avant d'acquérir le nom de Saï en arabe.

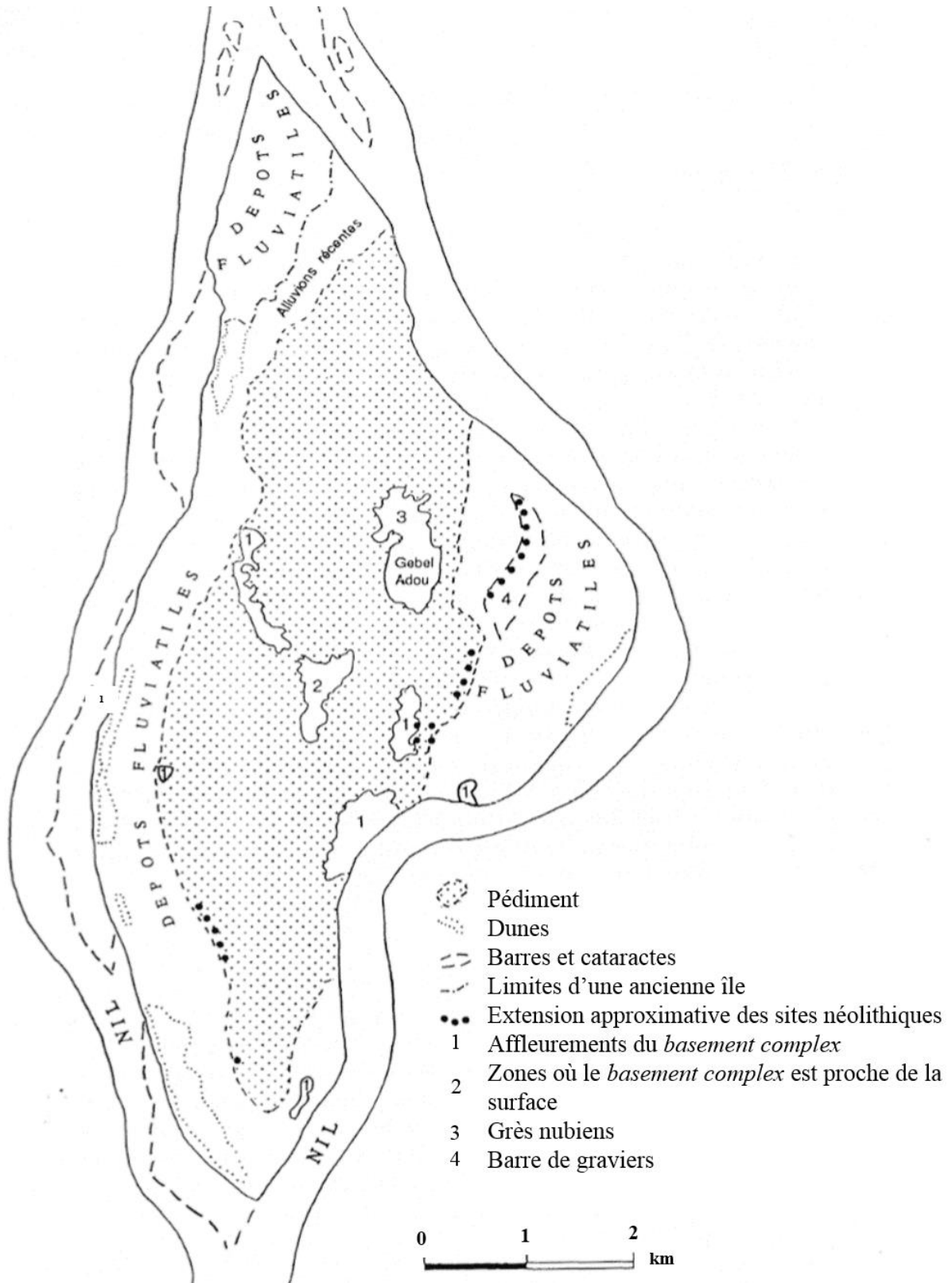


Figure 210. Carte géologique, modifiée d'après Geus (1996, p.1171)

III.2. Contexte archéologique de l'île

L'exploration des sites archéologiques de l'île est ancienne et a bénéficié, après les travaux de Vercoutter (Vercoutter, 1958, 1974, 1986 ; Gradel, 2009), d'une campagne de recherche pluridisciplinaire dirigée par F. Geus (Geus, 1996). La prospection a permis d'identifier huit gisements paléolithiques, dont deux datés respectivement du Paléolithique moyen et final (figure 215). Des sites d'habitat néolithique ont été découverts disposés en cordon le long des anciennes rives orientale et occidentale de l'île (Geus, 1996). Les photographies aériennes ont permis d'identifier des structures de formes similaires et répétitives. Les sondages ont confirmé la datation en livrant du matériel typique de la période, à savoir de l'outillage lithique, des œufs d'autruches et surtout de la céramique dotée de décors ponctués "*dotted wavy line*" (Geus, 1996), caractéristique du "*Khartoum Variant*" (Hassan, 1986).

Outre le fort ou le temple pharaonique, l'un des sites de l'île est la nécropole Kerma, caractérisée par la présence d'énormes tumuli (Gratien, 1985) recouverts de galets blancs et ceints de schiste noir, dont le diamètre peut atteindre 40 m (figure 215). Leurs grandes dimensions les ont amenées à être interprétées comme des sépultures d'élites, et en premier lieu des princes locaux nommés administrateurs de la région par le souverain de Kerma (Gratien, 1985 ; Geus, 1996 ; Van Peer *et al.*, 2003). Ce site a été utilisé pour l'établissement de la chronologie de la culture éponyme dans les années soixante-dix (Gratien, 1978). À l'est de cette nécropole s'étend également un site d'habitat dont l'état de conservation est limité (Gratien et Olive, 1981). Un autre site d'habitat a été daté de la période séparant le *Khartoum Variant* et le Kerma. Il est matérialisé par des silos ayant livré des vases rouges à bord noirs ainsi que quelques tessons identifiés comme des productions égyptiennes de la première moitié du III^e millénaire, qui témoignent des premiers échanges commerciaux entre l'Égypte et cette région de la Nubie (Geus, 1996). Parmi les sites majeurs, les ruines d'une ville comportant un temple et deux nécropoles témoignent de la période postérieure à la conquête égyptienne du début de la XVIII^e dynastie (figure 215), de même que deux grands bâtiments administratifs situés à l'emplacement du fort ottoman (Azim, 1975). La fouille de la nécropole principale a livré des tombes datées du Kerma ancien à la fin du Kerma classique (Gratien, 1985). Au nord s'étend le second cimetière pharaonique, caractérisé par des tombes plus modestes. Il s'est développé de manière continue jusqu'à la période moderne en direction du nord et de l'ouest, jusqu'à comprendre des dizaines de milliers de tombes sur une surface de 75 ha (Geus, 1996).

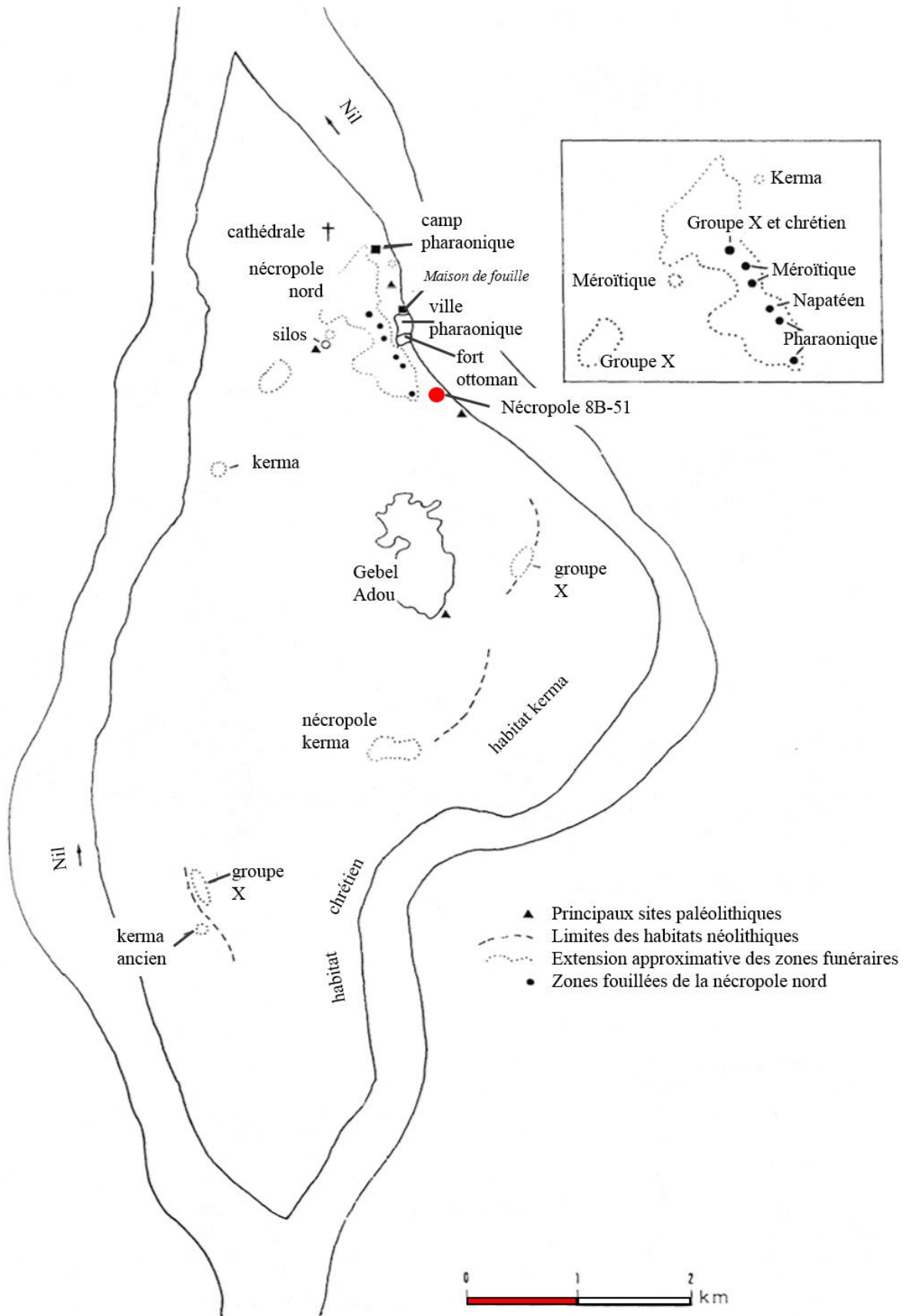


Figure 211. Localisation des principaux sites archéologiques sur l'île de Saï, modifiée d'après Geus (1996, p.1167)

Les secteurs d'inhumation napatéen, méroïtique et médiéval ont fait l'objet de plusieurs campagnes de fouille (Geus *et al.*, 1995). Les zones napatéenne et méroïtique sont presque intégralement pillées mais ont livré du matériel varié et parfois de très bonne qualité. La ville pharaonique à côté de la nécropole nord semble avoir été occupé de manière continue jusqu'à l'époque ottomane, comme l'illustrent le fort et la cathédrale du Moyen-Âge (Vercoutter, 1958).

IV. Le site de la nécropole 8B-51

IV.1. Campagnes de terrain

La nécropole 8B-51 s'étend le long de la côte est de l'île, à l'extrémité d'un ouadi. Comme expliqué précédemment (*Cf. supra*, chap. IV, I.2.3.), sa numérotation première est 8B-SP14 (pour « sépulture paléolithique »), puis 8B-31 et enfin 8B-51, relativement au quadrillage géographique du Soudan en carrés de 20 km de côté proposé par F. Hinkel (Hinkel *et al.*, 1977). Une première fouille, réalisée en 1996 par B. Maureille, M de Dapper et R. Goossens, a livré les sépultures primaires individuelles de quatre sujets, un adulte, deux nouveau-nés et un fœtus (Maureille et Van Peer, 1998 ; Maureille *et al.*, 2006). La campagne a été poursuivie en 1997 par le décapage d'une surface de 200m² au sud de la tombe de l'adulte. Huit sépultures primaires individuelles avec du matériel Kerma classique ont été fouillées par B. Maureille et une équipe d'ouvriers locaux. Le décapage a également livré du matériel archéologique (perles, fragments de céramiques et un vase tulipe Kerma classique) ainsi que 38 zones circulaires ou quadrangulaires, présentant en surface un sédiment grisâtre contrastant avec le gravier et les sables orangés de la terrasse alluviale. Un autre décapage sur 350 m² à l'est de la zone a permis de préciser les limites probables de la nécropole, qui a été exhaustivement fouillée par B. Maureille, P. Murail, D. Peressinotto et une équipe de fouilleurs locaux lors de trois campagnes en 1999, 2000 et 2001 (Maureille *et al.*, 2006).

Au total, 66 sépultures ainsi que 4 dépressions d'origine anthropique ont été identifiées sur une surface de 150m². Elles ont été creusées dans une ancienne terrasse alluviale du Nil recouverte par une couche de 20 à 40 cm de sédiments éoliens et de silts. Le fond de certaines tombes entamait toutefois directement le substrat de grès nubien (Geus *et al.*, 1995 ; Geus, 2004). La couche de sédiments présente des passages indurés probablement issus de la décantation d'eau stagnante. Un plan complet de la nécropole a été élaboré au fur et à mesure des campagnes, puis informatisé.

Chaque sépulture a été fouillée selon les principes de l'archéothanatologie (Duday *et al.*, 1990, 1995 ; Tillier et Duday, 1990a), intégrant l'enregistrement de la position des vestiges et l'observation *in situ* des connexions anatomiques. Une couverture photographique a été réalisée. Une attention particulière s'est portée sur les petits éléments (côtes surnuméraires cervicales, points d'ossification). Un grand nombre d'informations relatives à l'orientation, à la position de l'individu, à la forme de la fosse ou encore de son architecture ont été relevées et intégrées dans une base de données (*Cf. infra*, chap. XV.). Une première estimation de l'âge sur la base de la maturation squelettique a été réalisée *in situ* afin d'éviter toute perte d'information.

Les sédiments très fins du substrat ont causé dans certains cas un colmatage progressif, (phénomène qui se distingue de celui intervenant dans un environnement tempéré) des volumes laissés vacants par la décomposition des tissus, ce qui a donné lieu à la conservation de certains éléments osseux dans des positions anatomiques d'ordinaires instables (figure 216, S23). C'est le cas par exemple pour l'individu S23, dont les volumes intracérébral et intrathoracique sont remarquablement conservés.

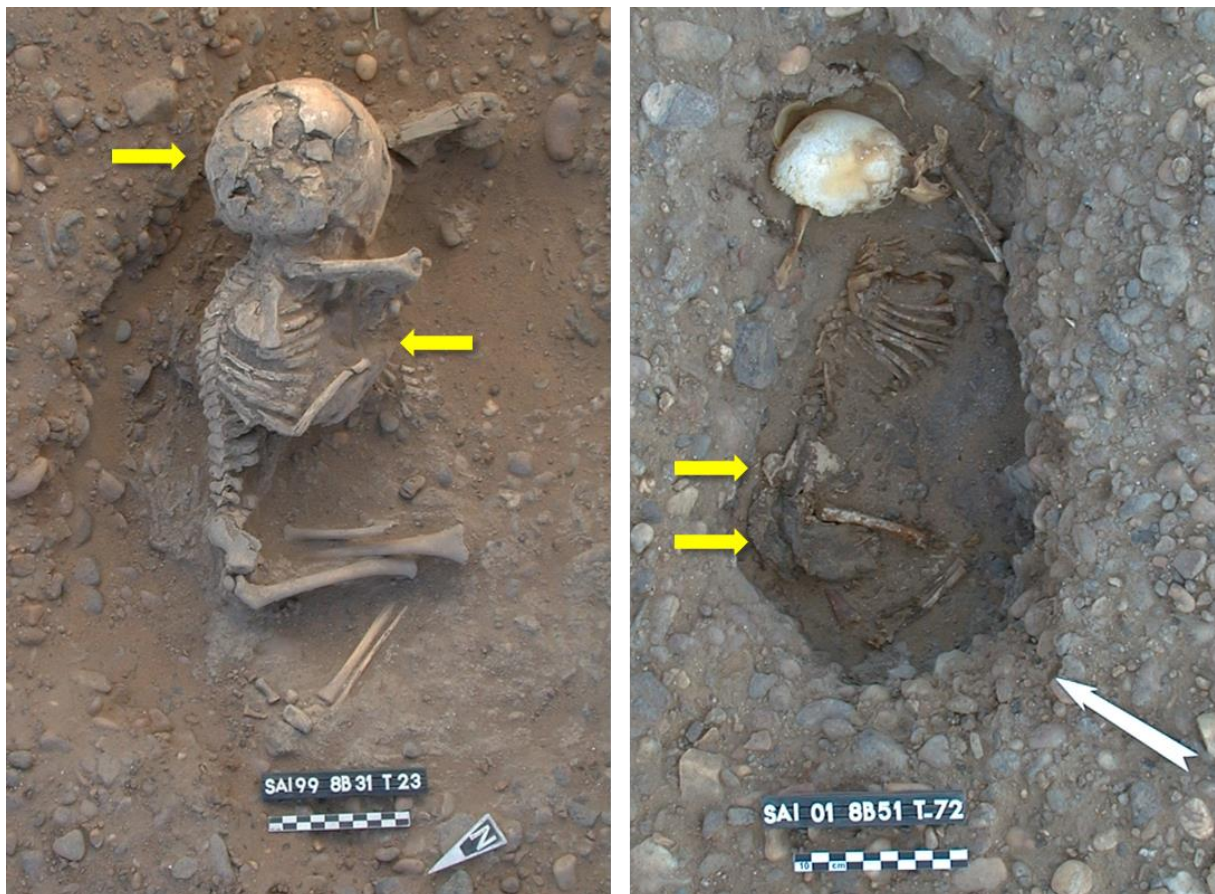


Figure 212. À gauche, exemple de colmatage progressif ayant conservé les volumes de la cage thoracique et du neurocrâne (flèches jaunes), à droite, exemple de momification partielle des tissus mous (flèches jaunes), photos D. Peressinotto et P. Murail

Du fait des conditions environnementales, plusieurs individus ont également fait l'objet de phénomènes de dessiccation (figure 216, S72) conduisant à une momification naturelle partielle et variable en fonction des tissus et des sujets (cheveux, ongles, tissus mous, cartilages). Ces phénomènes ont favorisé la conservation de connexions anatomiques très labiles et ont été pris en compte dans l'étude taphonomique (Maureille et Sellier, 1996).

La chronologie de fonctionnement de la nécropole a été établie à partir des objets découverts (vases Kerma) ainsi que par quatre analyses ^{14}C directes sur des matières organiques humaines (tableau 135).

Sujet	Datation ^{14}C	Âge calendaire calibré
S1	3305 +/- 30 BP	1582 ± 40 calBP
S10	3290 +/- 25 BP	1570 ± 35
S32	3345 +/- 25 BP	1633 ± 42
S66	3380 +/- 25 BP	1685 ± 38

Tableau 135. Datations par ^{14}C , d'après Maureille et al (2006), <http://www.calpal-online.de/>

Les datations obtenues sont homogènes et se rapportent toutes à la fin du Kerma classique, ce qui semble indiquer une utilisation de la nécropole sur une période courte, inférieure à un siècle (Maureille *et al.*, 2006).

IV.2. Premières études biologiques et composition par âge

L'étude biologique post-fouilles en laboratoire a comporté le relevé de certaines variations anatomiques non métriques et la confirmation des estimations de l'âge au décès à partir de la maturation dentaire (Moorrees *et al.*, 1963b ; a) et des longueurs diaphysaires (Fazekas et Kósa, 1978). Les sujets ont été regroupés en classes d'âge, dont les définitions sont en partie différentes de celles utilisées dans notre étude (tableau 136). La correspondance entre les deux est présentée en annexe (*Cf.* annexe 16). Les « grands prématurés » (autour de 6-7 mois lunaires) sont définis comme « mort-nés ». La classe des « périnataux » exclue ces grands prématurés (âge inférieur à 9 mois lunaires) et comprend les sujets jusqu'à un mois post-partum. L'appellation de « nourrissons » regroupe les sujets âgés de 1 mois à 1 an. Les mort-nés, les périnataux et les nourrissons forment la classe des 0 an. Un profil de mortalité (figure 217) a pu être établi à partir de la méthodologie de Sellier (1996). Cette méthode compare les quotients de mortalité calculés à partir de l'échantillon étudié à un schéma de mortalité archaïque ou pré-jennérienne (Ledermann, 1969).

Âge au décès		Effectifs
Classe [0]		59
	dont mort-nés	3
	périnatales (< 1 mois)	49
	nourrissons (1mois – 1 an)	7
Classe [1-4 ans]		5
Classe [5-9 ans]		0
Classe [10-14 ans]		0
Classe [15-19 ans]		0
Adultes (>20 ans)		2
Total		66

Tableau 136. Distribution par âge des individus de la nécropole, d'après Murail et al. (2004) et Maureille et al (2006)

Les calculs des quotients de mortalité de l'échantillon de Saï ont permis d'établir un profil de mortalité pour cette population et, selon les recommandations de Sellier (1996), ce dernier a été comparé à celui relevant un schéma de mortalité archaïque ou pré-jennérienne (figure 217).

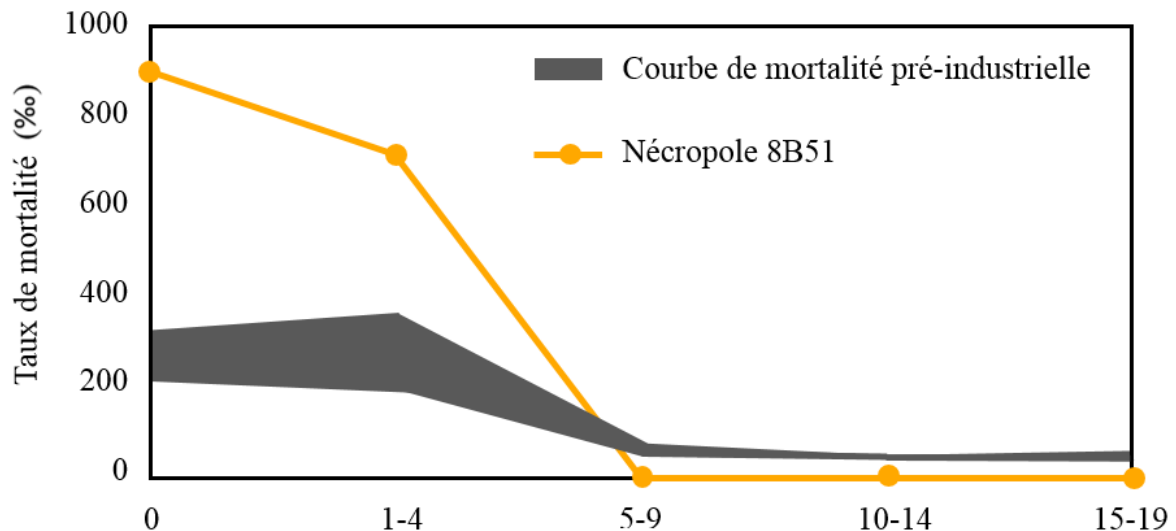


Figure 213. Comparaison de la courbe de mortalité de Saï et de la courbe de mortalité naturelle, modifié d'après Murail et al. (2004)

Les individus appartenant aux classes d'âge des 0 an et des [1-4 ans] sont surreprésentés, et parmi eux particulièrement ceux de la classe d'âge des 0 an (88 %) et ceux décédés autour de la naissance (figure 217). Les individus immatures entre 5 et 19 ans sont absents, et seuls deux adultes sont présents. La distribution des individus, très différente de celle attendue dans le cadre d'une mortalité naturelle, démontre ainsi qu'il s'agit d'une nécropole dédiée aux individus en bas âge, et en particulier aux sujets décédés autour du terme (Murail et al., 2004 ; Maureille et al., 2006).

V. Matériel et méthodes

Les premières études archéo-anthropologiques du site ont été publiées par Murail et collaborateurs (2004) et Maureille et collaborateurs (2006). Nous proposons de revenir sur leurs discussions et de compléter cette étude, avec pour objectif de questionner les pratiques et la gestion de l'espace funéraire en fonction de l'âge au décès réévalué, et grâce au croisement entre la base de données regroupant toutes les observations indispensables et un Système d'Information Géographique (SIG) que nous avons réalisé. La prise en compte des « nouvelles » sous-classes d'âge a pour but d'apporter des éléments de discussion quant à l'implication affective des adultes dans l'inhumation de très jeunes individus.

Nous avons utilisé la base de données élaborée à partir des informations de terrain lors de la fouille. Elle inclue des données relatives aux orientations géographiques des individus, à l'attitude des corps (position générale, positions des membres inférieurs et supérieurs), à l'aménagement des tombes (lit funéraire, natte), ainsi qu'à la présence de mobilier et de végétaux accompagnant les individus. La particularité de ce travail a été de pouvoir intégrer certaines données biologiques, comme la présence de côtes cervicales (*Cf. supra*, chap. XV.). Une partie des données de la base de données des fouilleurs ainsi que les relevés et les photographies de terrain de B. Maureille, P. Murail et D. Peressinotto ont été utilisés pour réaliser un catalogue de sépultures (*Cf. annexe 17*). À partir de cette base de données et du plan informatisé élaboré par P. Murail (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006), nous avons réalisé, en collaboration avec A. Sécher, un Système d'Information Géographique (SIG). Il s'agit d'un système de gestion spatiale des données comportant des informations à la fois géographiques, archéologiques et biologiques et permettant une restitution cartographique des résultats des analyses. D'une manière générale, les SIG peuvent être utilisés à une échelle régionale ainsi qu'à l'échelle du site archéologique (Le Roy, 2015). Dans le cas présent, seule l'échelle du site a été prise en compte. Le système de coordonnées était un système de coordonnées relatives mis en place lors de la fouille. L'établissement de cet outil d'analyse spatiale avait pour but de discuter de l'organisation spatiale des sépultures à l'échelle de la nécropole en facilitant le croisement de données archéologiques et biologiques. Le SIG a été réalisé sur le logiciel libre QGIS 2.18.16. Les dessins des différentes structures ont été réalisés manuellement, et les analyses de dispersion ont utilisé le *plug-in* "standard deviational ellipse" de Crimstat (Wang *et al.*, 2015).

VI. Résultats

VI.1. Répartition générale des sépultures

Les sépultures étudiées sont réparties sur un espace d'environ de 150 m² (figure 218).

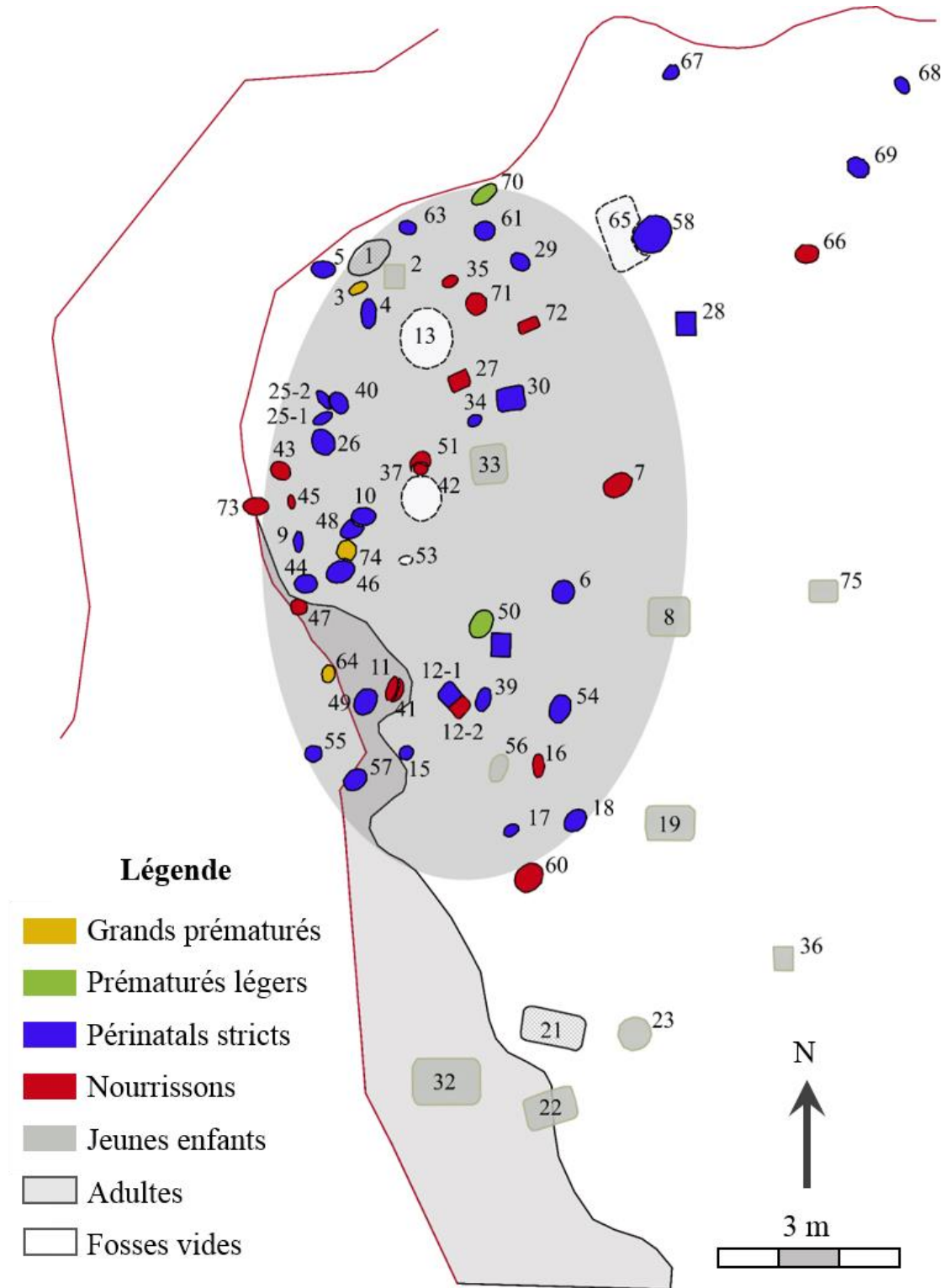


Figure 214. Répartition spatiale des sujets en fonction des sous-classes d'âge, zone grisée : affleurement du grès, lignes rouges : limites supérieures et inférieures de la pente du ouadi, ellipse : ellipse de déviation standard des fosses, plan modifié sur SIG d'après le plan de P. Murail et al (2004)

Elles sont concentrées dans la partie nord-ouest de la nécropole, plus dispersées dans sa partie est, comme le montre l'ellipse de déviation standard obtenue sur l'ensemble des fosses (figure 218). On peut considérer que les deux sépultures d'adultes marquent les limites septentrionales et méridionales du site, mais il est difficile d'estimer quelle surface du site a disparu à l'ouest et au nord-ouest. Les ellipses de déviation standard respectives des périnataux stricts et des nourrissons sont presque superposées l'une par rapport à l'autre (figure 219).

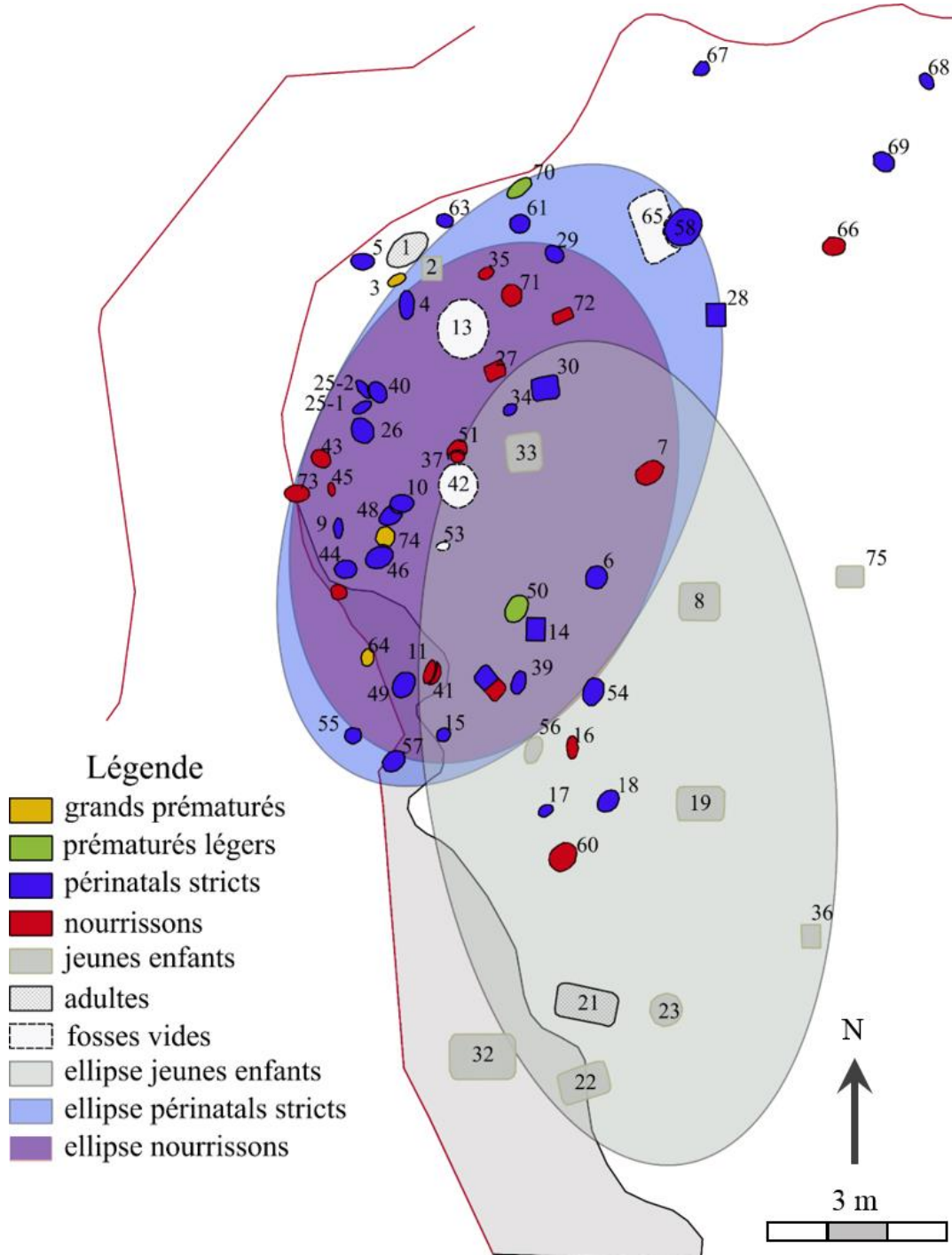


Figure 215. Ellipses de déviation standard indiquant la répartition spatiale des sujets périnataux stricts et des nourrissons, zone grisée : affleurement du grès, lignes rouges : limites supérieures et inférieures de la pente du ouadi, plan modifié sur SIG d'après le plan de P. Murail et al (2004)

De même, les deux ellipses sont toutes deux presque superposées à celle traduisant la dispersion de l'ensemble des sépultures (figure 218). Les sépultures de grands prématurés et des prématurés légers apparaissent comme dispersées, même si leurs ellipses de déviations n'ont pas été représentées, leurs faibles effectifs les rendant peu pertinentes. L'ellipse de dispersion des sépultures de jeunes enfants se distingue en revanche des ellipses produites à partir des tombes de sujets plus jeunes (figure 219).

Les deux tombes d'adultes sont excentrées, l'une au niveau de la bordure nord et l'une vers la bordure sud de la nécropole (figure 218). D'après nos résultats, **il ne semble pas exister de regroupement spatial spécifique** (figure 219) **des sépultures des enfants venant de naître** (grands prématurés, prématurés légers et périnataux stricts) **ou de ceux ayant vécu quelques semaines** (nourrissons). Les tombes des **sujets plus âgés** (de 2 mois à 4 ans), sans être complètement isolés des autres, ont en revanche tendance à être **regroupées dans la partie sud de la nécropole**.

VI.2. Format des fosses et répartition spatiale

Aucun regroupement spatial en fonction des formes de fosses n'est identifiable à l'échelle de la nécropole. Si aucune forme de fosse n'apparaît comme strictement associée à une sous-classe d'âge, les différences de distribution entre les sous-classes d'âges et les formes de fosses (tableau 137) sont cependant statistiquement significatives d'après le test exact de Fisher pour données non appariées ($p = 0,011$).

Sous-classes	Ovale		Circulaire		Rectangulaire		Indéterminée	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	1	33	1	33	0	0	1	33
Prématurés légers	1	50	0	0	0	0	1	50
Périnataux stricts	20	63	2	6	3	9	7	22
Nourrissons	12	71	0	0	2	12	3	18
Jeunes enfants	1	10	1	10	6	60	2	20

Tableau 137. Distribution des formes de fosses en fonction des sous-classes d'âge des individus inhumés, « indéterminé » désigne les fosses pour lesquelles aucune forme précise n'a pu être identifiée à la fouille ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge

Cela indique qu'il existe tout de même une logique de répartition des formes de fosses en fonction du critère de l'âge. Ces différences de distributions sont hautement significatives entre les sous classes de périnataux stricts, nourrissons et jeunes enfants ($p = 9,8 \times 10^{-4}$ lorsque l'on écarte les formes de fosse indéterminées). Elles ne le sont toutefois plus lorsque l'on compare uniquement les périnataux stricts et les nourrissons ($p = 0,829$ sans considérer les formes indéterminées). Ces résultats semblent confirmer qu'il existe bien une différence

d'attribution des formes de fosses entre les sujets en période périnatale d'une part, et les sujets ayant vécu plus longuement (plus âgés que 2 mois post-partum). Les enfants âgés de plus de 2 mois font plutôt l'objet d'inhumations en fosses rectangulaires, tandis que les sujets plus jeunes sont plus fréquemment inhumés dans des fosses ovalaires. Seuls les sujets inhumés dans des fosses rectangulaires permettent d'observer des différences de répartition spatiale en fonction de l'âge au décès. Les plus jeunes (périnatals stricts, nourrisson et jeunes enfants de moins de 1 an) sont plutôt inhumés dans la partie nord de la nécropole, tandis que les deux sujets âgés entre 2 et 3 ans le sont dans la moitié sud de la nécropole.

VI.3. Orientations des tombes et des individus

VI.3.1. Orientations des fosses

Les fosses sont majoritairement orientées dans une direction est / ouest, voire nord-est / sud-ouest et nord / sud. Une minorité d'entre elles présente des orientations différentes. D'après le test de Fisher pour données non appariées, les orientations ne sont pas spécifiques en fonction des sous classes ($p = 0,561$ pour l'ensemble des individus, et $p = 0,464$ pour les sous-classes d'âge de sujets en période périnatale). L'analyse ne peut pas inclure la sous-classe des prématurés légers car un seul individu est renseigné quant à l'orientation de sa fosse et de sa tête.

Orientations cardinales	Grands prématurés	Prématurés légers	Périnatals stricts	Nourrissons	Jeunes enfants	Adultes
N - S	1	0	2	3	2	0
NE - SW	1	0	7	4	0	0
E - W	1	0	16	8	7	2
SE - NW	0	0	2	0	1	0
S - N	0	0	1	0	0	0
SW - NE	0	1	0	1	0	0
W - E	0	0	2	1	0	0
NW - SE	0	0	2	0	0	0
Indéterminée	0	1	0	0	0	0

Tableau 138. Détails des orientations des fosses en fonction des sous-classes d'âge, « indéterminé » : fosses pour lesquelles aucune orientation précise n'a pu être identifiée

VI.3.1. Orientations des individus

Les orientations des individus par rapport aux points cardinaux peuvent varier légèrement par rapport aux orientations des fosses. Pour trois d'entre eux, elles n'ont pas pu être identifiées, contrairement à l'orientation de leurs fosses. Deux individus, un adulte (S1) et un jeune enfant (S2) présentaient une orientation de l'axe du corps contraire à l'orientation de la fosse (têtes au nord et au sud pour une fosse orientée est / ouest).

Un seul individu en période périnatale (S25-1) présentait un décalage léger avec la tête orientée au nord-est pour une fosse orientée est / ouest. Les orientations majoritaires de la tête des individus sont à l'est et au nord-est (figure 221 et tableau 139).

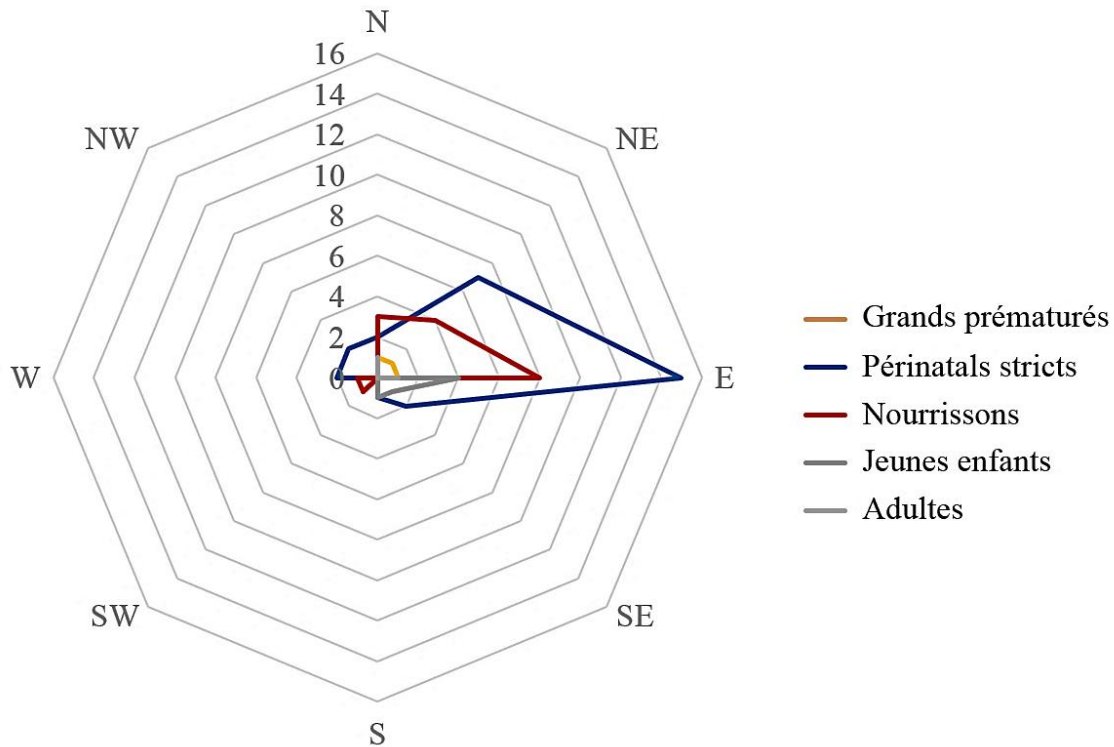


Figure 216. Orientations de la tête des individus inhumés en fonction des sous-classes d'âge

D'autres orientations (au nord, au nord-ouest, à l'ouest, au sud-ouest, au sud et au sud-ouest) apparaissent comme minoritaires. Aucune n'apparaît comme significativement associée à une sous-classe d'âge d'après le test de Fisher pour données non appariées ($p = 0,533$ pour l'ensemble des sujets, $p = 0,493$ pour les sous-classes des individus en période périnatale, et $p = 0,732$ pour les sujets périnatals stricts et nourrissons). La sous-classe des périnatals stricts présente par rapport aux autres sous-classes d'âge une plus grande variabilité au niveau de l'orientation de la tête des individus, puisque la seule qui n'est pas représentée est l'orientation sud-ouest (tableau 139).

Sous-classes	Orientation de la tête								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Indet.
Grands prématurés	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Prématurés légers	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Périnatals stricts	2	7	15	2	1	0	2	2	0
Nourrissons	3	4	8	0	0	1	1	0	0
Jeunes enfants	1	0	4	1	1	0	0	0	0
Adultes	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tableau 139. Orientations de la tête des individus en fonction des sous-classes d'âge, N : nord, E : est, S : sud, W : ouest ; indet. : orientation indéterminée

Aucun regroupement spatial en fonction des orientations de la tête des individus n'est identifiable à l'échelle de la nécropole (figure 221). Pour chacune des sous-classes d'âge, il n'y a pas non plus de regroupement spatial évident en fonction des orientations de la tête des individus. On peut cependant identifier une répartition en fonction du caractère majoritaire ou minoritaire des orientations de la tête. Pour la sous-classe des périnataux stricts, on remarque que les sépultures des sujets inhumés avec des orientations majoritaires (tête à l'est et au nord-est) sont dispersés, tandis que les sujets inhumés avec des orientations minoritaires sont plutôt localisés le long d'une frange nord-ouest de la nécropole (figure 221). Concernant la sous-classe d'âge des nourrissons, les sujets inhumés avec des orientations minoritaires sont également plutôt localisés à proximité du bord ouest de la nécropole (figure 221).

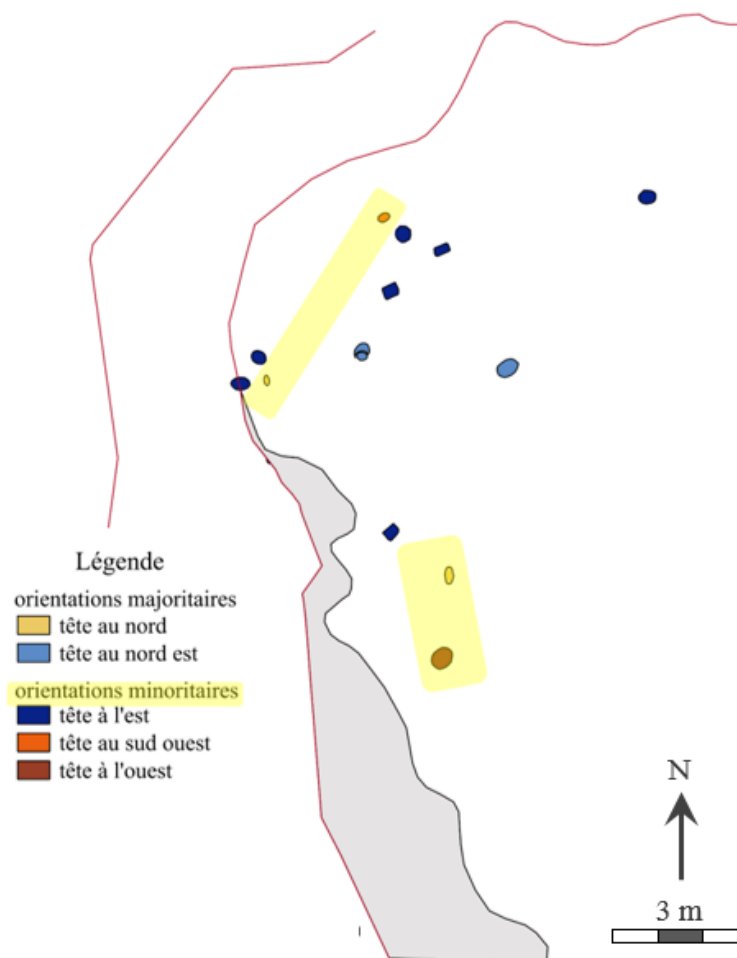


Figure 217. Distribution spatiale des sujets appartenant à la sous-classe d'âge des nourrissons en fonction de leur orientation

VI.4. Architecture des fosses

La forme des fosses, par exemple leur ajustement au corps ou l'aménagement des pentes et du fond, peut être un indicateur du soin apporté à leur réalisation.

VI.4.1. Bords des fosses

Les bords des fosses ont été décrits sur observation visuelle comme étant soit en pente, soit verticaux (tableau 140). Concernant les adultes, les bords de celle de l'individu S21 étaient en pente, et ceux de celle de l'individu adulte S1 indéterminés. Concernant les sujets immatures, l'observation a pu être réalisée pour 56 sépultures, tandis que 8 sont restées indéterminées.

Sous-classe	Vertical		En pente		Indet.	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	2	67	1	33	0	0
Prématurés légers	1	50	1	50	0	0
Périnataux stricts	12	38	16	50	4	13
Nourrissons	10	59	5	29	2	12
Jeunes enfants	5	50	3	30	2	20

Tableau 140. Bords des fosses verticaux ou en pente en fonction des sous-classes d'âge, n : effectifs ; % : fréquence dans la classe d'âge ; indet. : type de bord indéterminé

Concernant l'ensemble des inhumations de sujets immatures, les bords des fosses étaient verticaux pour 30 sépultures, en pente dans 26 sépultures, et indéterminés dans 8 sépultures. Même si les bords verticaux et en pente sont identifiés dans toutes les sous-classes d'âge, on remarque toutefois l'existence d'une tendance (tableau 140) : alors que les pentes des fosses sont plus fréquemment en pente pour les sujets périnataux stricts (50 % des cas contre 38 % de bords verticaux), les pentes des fosses deviennent majoritairement verticales pour les nourrissons (59 % des cas contre 29 % de bords en pente). La tendance est confirmée pour les jeunes enfants, qui sont inhumés dans 50 % des cas dans des fosses aux bords verticaux, et dans 30 % des cas dans des fosses aux bords en pente. Ces différences de distribution des bords de fosse en fonction des sous-classes d'âge ne sont toutefois pas significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 0,852$).

Les fosses sont comblées d'un mélange de limons du Nil et de sédiments très fins issus de la terrasse alluviale. Les différences au niveau des bords de fosse auraient pu être liées à des variations dans ce sédiment, avec par exemple des bords en pente pour les zones plus sableuses, et des bords verticaux dans les zones de sédiments plus indurés. Dans ce cas, des regroupements devraient pouvoir être identifiés à l'échelle de la nécropole. On remarque que les fosses dotées de bords en pente sont plutôt réparties selon un arc suivant le bord occidental de la nécropole (à l'exception d'une tombe appartenant à un jeune enfant), tandis que les fosses dotées de bords verticaux sont plus largement réparties entre l'est et l'ouest (figure 222). Ces tendances ne peuvent cependant pas être considérées comme illustrant des regroupements spatiaux, et l'hypothèse selon laquelle les bords de fosses seraient principalement dépendants de la nature plus ou moins indurée du sédiment ne semble pas pouvoir être retenue. Nous privilégions donc

l'hypothèse selon laquelle il existerait une tendance à apporter un peu plus de soin à l'architecture des tombes des individus les plus âgés, ou qu'il s'agirait d'une nécessité liée à la présence d'autres éléments d'aménagement (Cf. *infra*, chap. XV, VI.5.).

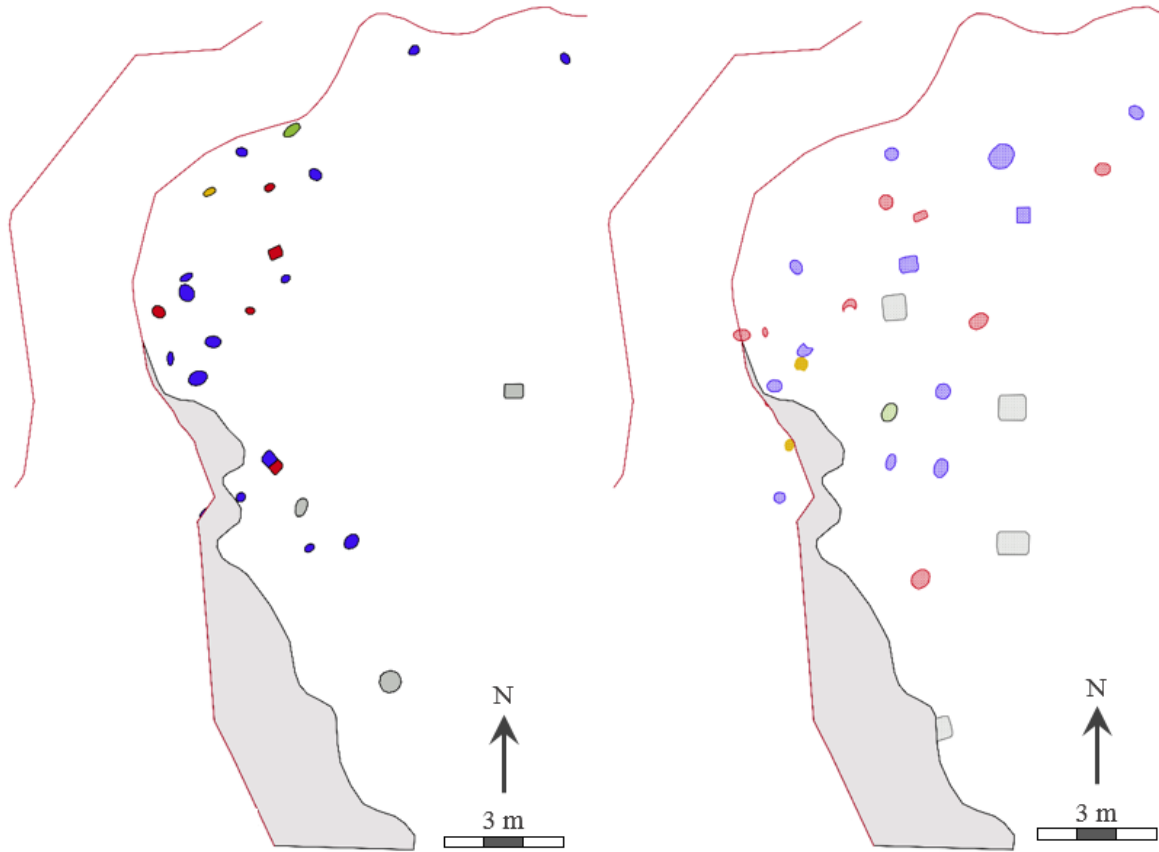


Figure 218. À gauche : fosses avec des bords en pente, à droite : fosses avec des bords verticaux, en jaunes : grands prématurés, en vert : prématurés légers, en bleu : sujets périnataux stricts, en rouge : nourrissons, en gris : jeunes enfants

D'après les observations de terrain, le limon retrouvé dans certaines fosses pourrait également avoir été déposé intentionnellement afin d'aménager la structure. La couche de limon, pouvant dans certains cas atteindre 5 cm d'épaisseur, pourrait ainsi relever d'un geste volontaire de « tapissage » du fond.

VI.4.2. Surélévation des membres

Les fosses sont apparues souvent comme très ajustées, et il était fréquent qu'une partie du corps soit en appui sur le bord de la fosse. Nous avons synthétisé les observations relatives à ces surélévations en distinguant plusieurs cas (figure 223).

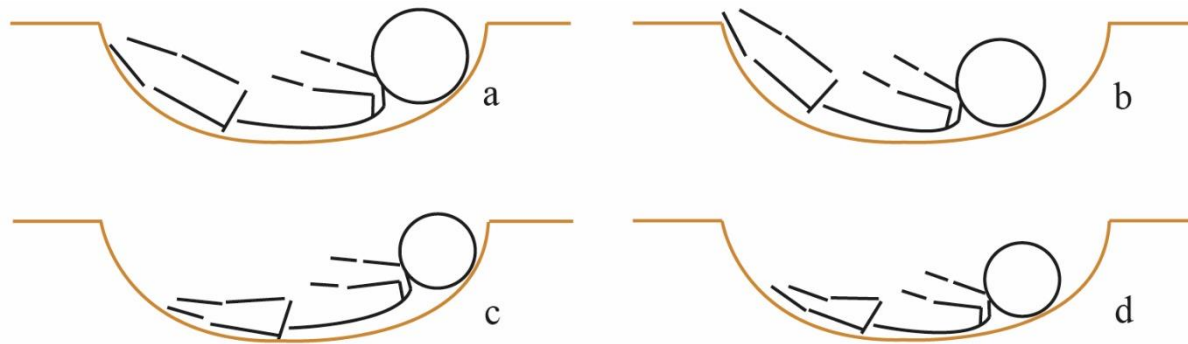


Figure 219. Différentes possibilités de surélévation des membres, a : surélévation de la tête et des pieds, b : surélévation des pieds uniquement, c : surélévation de la tête uniquement, d : absence de surélévation de la tête ou des pieds

Les sujets inhumés dans des fosses très ajustées peuvent présenter une surélévation de la tête et des pieds, voire de l'une des deux régions anatomiques. Dans d'autres cas, lorsque la fosse est plus grande ou l'individu en position contractée, on peut constater une absence de surélévation. La surélévation d'au moins une extrémité du corps est identifiée dans toutes les sous-classes d'âge, même chez les individus les plus âgés (tableau 141). Ces résultats confirment les observations de Maureille et collaborateurs (2006), qui indiquent que cela semble relever d'un geste funéraire particulier.

Sous-classe	Surélévation tête + pieds	Absence de surélévation	Surélévation de la tête	Surélévation des pieds	indet.
Grands prématurés	0	0	0	2	1
Prématurés légers	0	0	1	0	1
Périnataux stricts	10	4	2	6	10
Nourrissons	7	2	2	2	4
Jeunes enfants	4	0	2	0	4
Adulte	0	0	0	1	1

Tableau 141. Détails des surélévations de la tête et des pieds ; indet. : observation indéterminée sur au moins une des deux régions anatomiques observées

VI.5. Positions et attitudes des sujets

VI.5.1. Positions générales

Les positions générales des sujets ont été documentées sur place (figure 224 et tableau 142), puis révisées sur photographies en laboratoire (Cf. annexe 17). Quatre positions principales ont pu être déterminées (figure 224). On constate que la position majoritaire dans toute la classe d'âge des sujets en période périnatale (grands prématurés, prématurés légers, périnataux stricts et nourrissons) est le décubitus latéral droit ($n = 22$), puis le décubitus latéral gauche ($n = 16$), suivie par le décubitus dorsal ($n = 10$) et le procubitus, position minoritaire ($n = 3$).

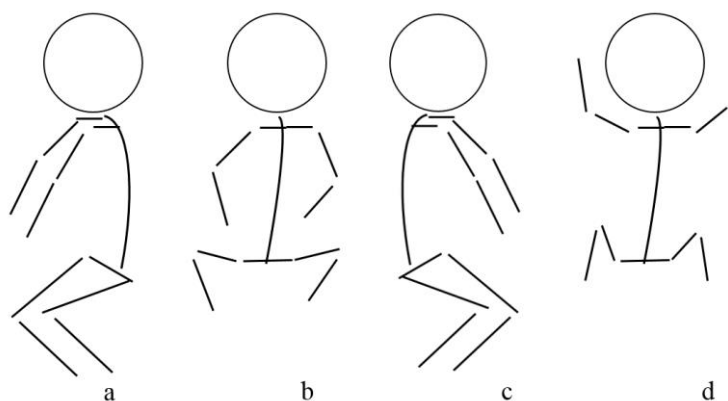


Figure 220. Schématisation des positions générales, a : décubitus latéral droit, b : décubitus dorsal (en vue antérieure), c : décubitus latéral gauche, d : procubitus ventral (en vue postérieure)

Les jeunes enfants sont majoritairement en position de décubitus latéral droit, avec un individu en décubitus dorsal (tableau 142).

Sous-classe	Décubitus latéral droit		Décubitus dorsal		Décubitus latéral gauche		Procubitus	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	1	33	0	0	2	67	0	0
Prématurés légers	1	100	0	0	0	0	0	0
Périnataux stricts	15	48	6	19	8	26	2	6
Nourrissons	5	31	4	25	6	38	1	6
Jeunes enfants	8	89	1	11	0	0	0	0

Tableau 142. Positions générales des sujets immatures en fonction des différentes sous-classes d'âge, n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe

Les différences de distribution entre les positions et les sous-classes ne sont pas significatives d'après le test exact de Fisher pour données non appariées à l'échelle de tous les sujets immatures ($p = 0,879$), ni pour la classe d'âge des sujets en période périnatale ($p = 0,335$), ni entre la sous-classe d'âge des périnataux stricts et des nourrissons ($p = 0,754$). Les différences de distribution sont en revanche significatives lorsque l'on compare les sujets de la sous-classe d'âge des nourrissons et celle des jeunes enfants ($p = 0,024$), ce qui tendrait à montrer que **les individus les plus âgés présentent bien une position générale spécifique** par rapport aux sujets âgés de quelques semaines post-partum.

Les positions détaillées ont été précisées sur photographies pour les sujets de la classe d'âge périnatale lorsque c'était possible (tableau 143). Les positions d'inhumation des tous petits présentent une variabilité importante, supérieure dans la sous-classe d'âge des périnataux stricts par rapport à celle des nourrissons (tableau 143).

Position détaillée précisée	Grands prématurés	Prématurés légers	Périnataux stricts	Nourrissons
Décubitus latéral droit	0	1	11	4
Décubitus latéral droit comp. dorsale	1	0	2	1
Décubitus latéral droit comp. ventrale	0	0	2	0
Décubitus dorsal	0	0	1	4
Décubitus dorsal droit	0	0	4	0
Décubitus dorsal gauche	0	0	1	0
Décubitus latéral gauche comp. dorsale	0	0	1	0
Décubitus latéral gauche	2	0	7	6
Procubitus ventral	0	0	1	1
Procubitus latéral droit	0	0	1	0

Tableau 143. Positions générales des sujets en période périnatale précisées à partir des photographies de terrain, comp. : avec composante

Les grands prématurés présentent les mêmes positions que les sujets plus âgés. À l'échelle de l'ensemble des individus et concernant les positions « majoritaires » (décubitus latéral gauche et droit), aucun regroupement spatial entre sujets inhumés dans la même position n'est identifié (figure 225).

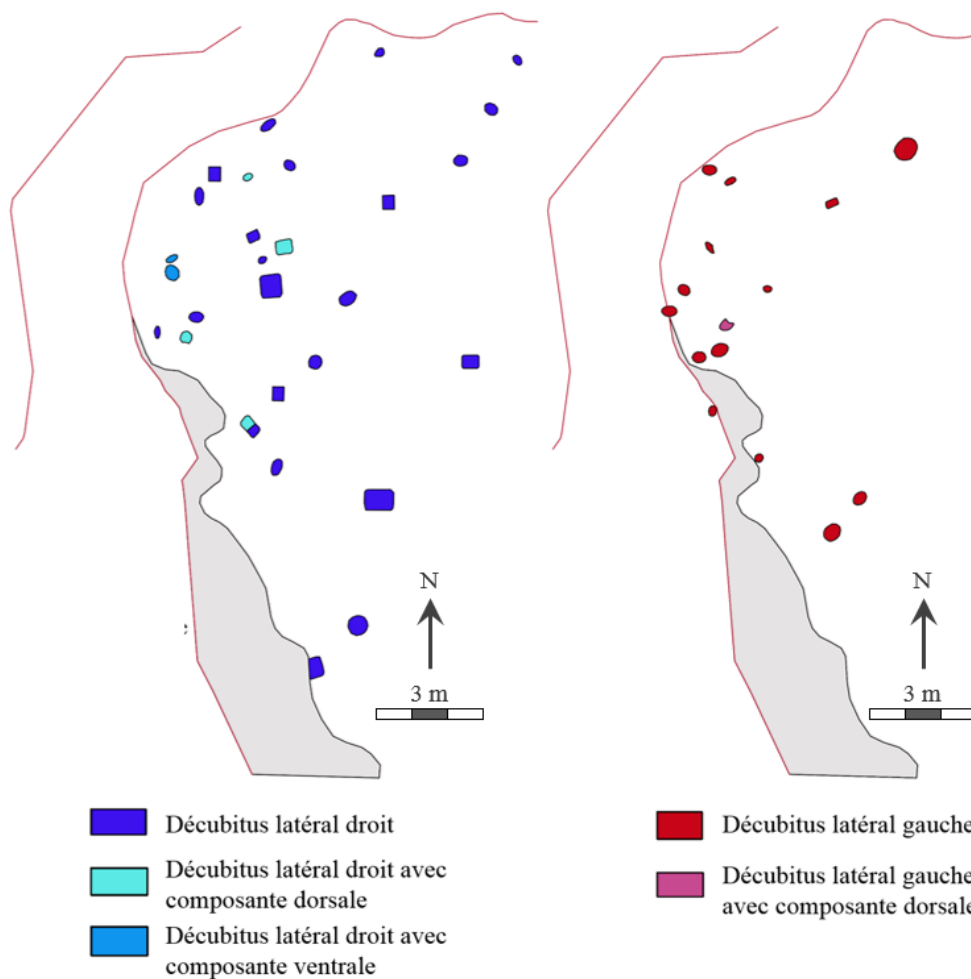


Figure 221. Répartition spatiale des sujets décédés en période périnatale inhumés en position de décubitus latéral droit et décubitus latéral gauche

De même, aucun regroupement n'est décelable pour les sujets inhumés dans des positions « minoritaires », c'est-à-dire décubitus dorsal et procubitus (figure 226). On peut toutefois noter que les trois sujets inhumés en procubitus sont localisés dans la partie nord de la nécropole (figure 226). À l'échelle de chacune des sous-classes d'âge, aucun regroupement en fonction des positions générales d'inhumation n'a pu être identifié.

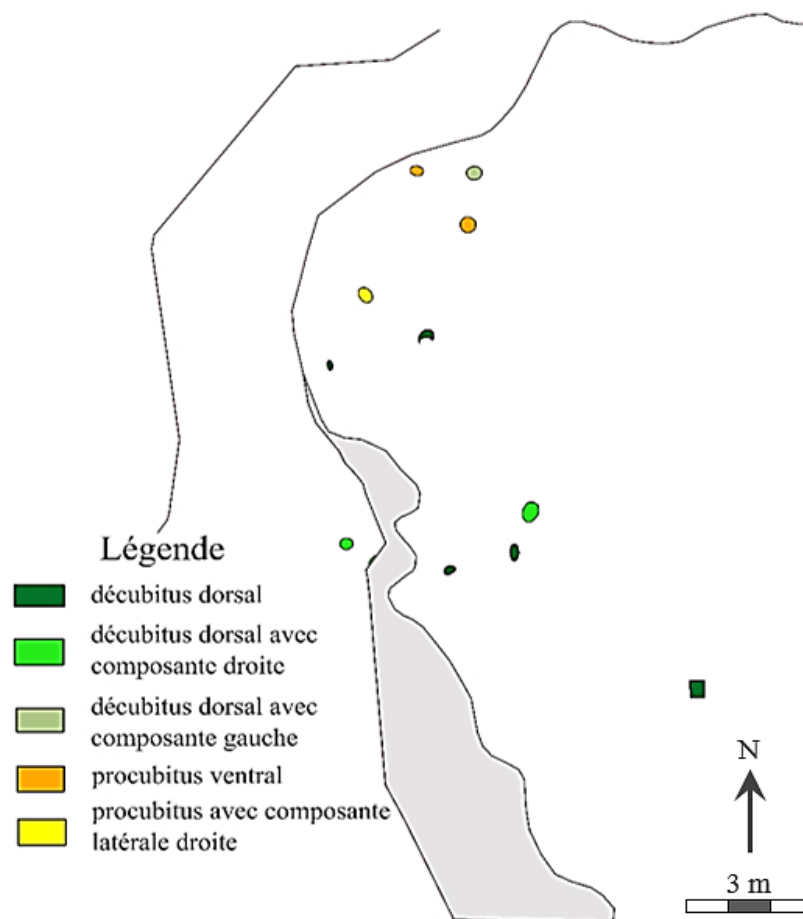


Figure 222. Répartition spatiale des sujets en période périnatale inhumés en positions de décubitus dorsal et de procubitus

VI.5.2. Attitudes des membres supérieurs

Les positions des membres supérieurs par rapport à l'axe du corps (proximité du bloc crânio-facial, au thorax, au bassin) et par rapport au membre lui-même (pronation ou supination) ont été documentées au cours de la fouille lorsque la conservation des ossements et des connexions le permettait. Pour faciliter les analyses, nous avons synthétisé ces informations à partir de la position des bras et des avant-bras et défini plusieurs « attitudes » générales (figure 227 et tableau 144) :

- a – mains en position haute, c'est-à-dire au niveau de la face, des épaules ou du thorax
- b – mains en position basse, c'est-à-dire au niveau de l'abdomen ou du bassin

c – mains en position mixte, l’une en position haute et l’une en position basse.

d – mains en position indéterminée, lorsqu’aucune des deux ou seulement une seule des deux n’est observable.

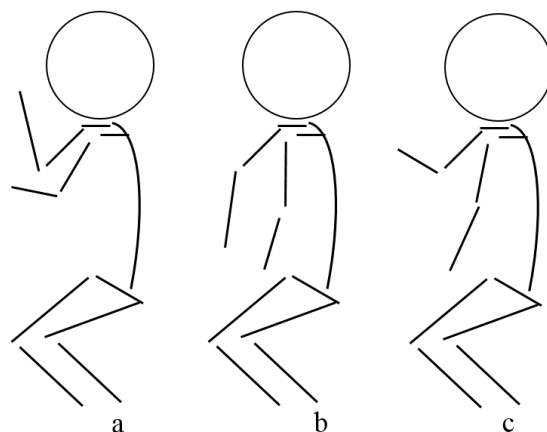


Figure 223. Schématisation des différentes attitudes des mains des individus inhumés, a : haute, b : basse, c : mixte

Pour l’ensemble des individus immatures, les attitudes des mains (figure 228 et tableau 144) varient entre une position haute majoritaire (52 %), puis des positions mixtes (14 %). Les individus présentant les mains en position basse sont minoritaires (figure 228).

Sous-classe	Hautes		Basses		Mixtes				Indéterminées			
					G haute / D basse		G basse / D haute		indet. des deux côtés		1 / 2 côté observable	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	1	33	1	33	0	0	0	0	1	33	0	0
Prématurés légers	1	50	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0
Périnataux stricts	17	53	4	13	3	9	3	9	4	13	1	3
Nourrissons	8	47	1	6	2	12	1	6	3	18	2	12
Jeunes enfants	6	60	1	10	0	0	0	0	3	30	0	0

Tableau 144. Positions des mains des individus immatures, détails, n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d’âge ; G : gauche, D : droite ; indet. : indéterminé

Si l’on excepte les positions indéterminées et que l’on considère ensemble les positions mixtes (tableau 144), aucune différence significative de distribution des attitudes des mains entre toutes les sous-classes d’âge n’a été identifiée d’après le test exact de Fisher ($p = 0,736$), ni entre les sous classes des sujets périnataux stricts, des nourrissons et des jeunes enfants ($p = 0,734$), ni entre les sujets périnataux stricts et les nourrissons ($p = 0,583$).

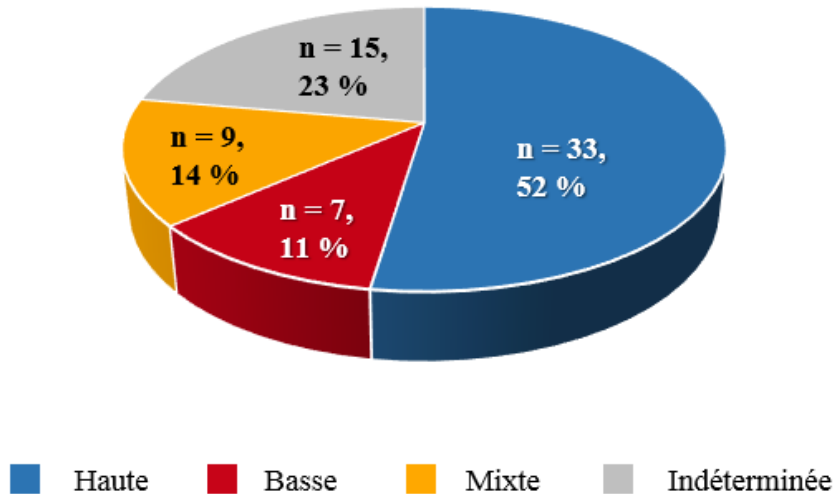


Figure 224. Attitudes des mains dans l'ensemble du corpus immature

VI.5.3. Attitudes des membres inférieurs

Les positions des deux membres inférieurs des individus ont également été documentées au cours de la fouille lorsque la conservation des ossements et des connexions le permettait. Comme pour les membres supérieurs, nous les avons synthétisées et classées selon différentes attitudes (figure 229).

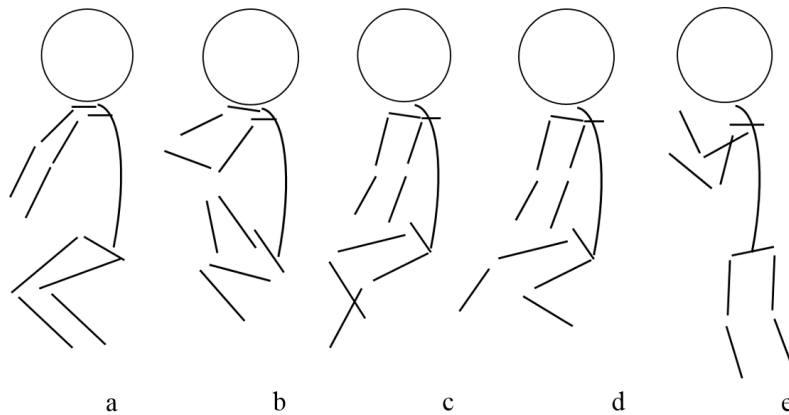


Figure 225. Schématisation des attitudes des membres inférieurs ; a : flexion, b : hyperflexion, c : flexion du membre droit et extension du membre gauche, d : flexion du membre gauche et extension du membre droit, e : extension

On observe une variation entre l'extension et l'hyperflexion, en passant par des attitudes intermédiaires associant l'extension et la flexion de l'un des deux membres seulement (figure 229 et figure 230). Les sujets immatures (figure 230) sont majoritairement inhumés avec les membres inférieurs en flexion (55 %) ou en hyperflexion (11 %). Les sujets dont les membres inférieurs sont en extension totale ou partielle sont minoritaires.

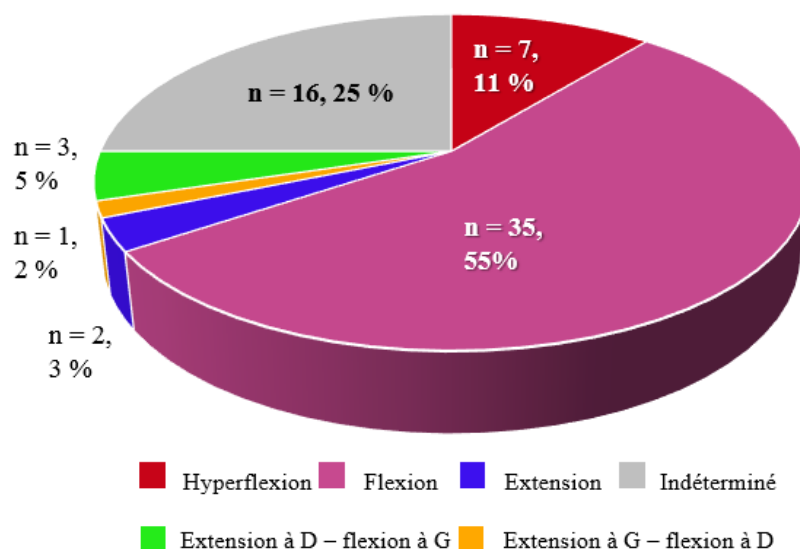


Figure 226. Distributions des positions des membres inférieurs des sujets immatures ; G : gauche ; D : droite ; n : effectif ; % : fréquence dans le corpus de sujets immatures

La flexion ou l'hyperflexion des membres inférieurs est identifiée dans toutes les sous-classes d'âge (tableau 145).

Sous-classes	Hyper-flexion		Flexion		Extension		Extension / flexion		Flexion / extension		Indet.	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	1	33	1	33	0	0	1	33	0	0	0	0
Prématurés légers	0	0	1	50	0	0	0	0	0	0	1	50
Périnataux stricts	3	9	16	50	2	6	0	0	1	3	10	31
Nourrissons	3	18	10	59	0	0	0	0	2	12	2	12
Jeunes enfants	0	0	7	70	0	0	0	0	0	0	3	30

Tableau 145. Positions des membres inférieurs des individus immatures, indet. : indéterminé, n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge

Aucune attitude des membres inférieurs ne semble significativement associée à une sous-classe d'âge parmi tous les sujets immatures ($p = 0,37$) ou parmi les sujets décédés en période périnatale d'après le test exact de Fisher ($p = 0,354$). Ces différences ne sont pas non plus significatives si l'on regroupe les différents types de flexion d'une part, et les différents types d'extensions (totales ou partielles), et que l'on teste leurs distributions entre les sous-classes de sujets immatures ($p = 0,583$). Il n'y a **pas de différences significatives d'attitudes des membres inférieurs** entre les jeunes enfants et les sous-classes de sujets décédés en période périnatale.

VI.5.4. Association des attitudes des membres supérieurs et inférieurs

Les associations entre les attitudes des membres inférieurs et les celles des mains ont été analysées (figure 231).

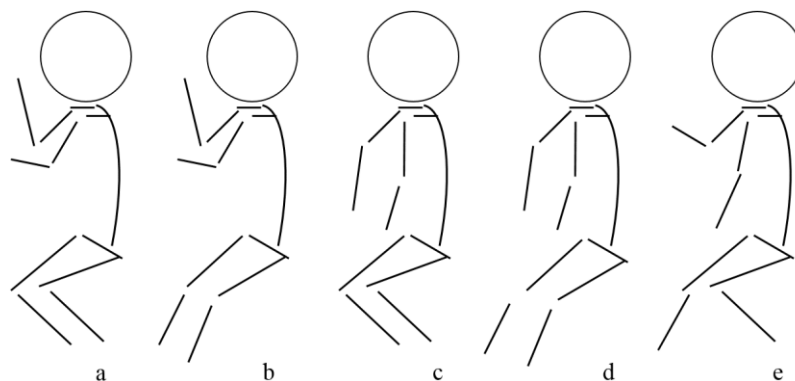


Figure 227. Schématisation des positions combinées des membres inférieurs et des mains, a : flexion des membres inférieurs et position haute des mains, b : extension des membres inférieurs et position haute des mains, c : flexion des membres inférieurs et position basse des mains, d : extension des membres inférieurs et position basse des mains, e : exemple de positions mixtes

Dans chacune des sous-classes d'âges auxquelles appartiennent les individus, l'attitude générale majoritaire des sujets associe une flexion des membres inférieurs et une position haute des mains (tableau 146).

Mains	Position haute						Position basse						Mixte	Indet.		
	Flex.		Mixte		Ext.		Flex.		Mixte		Ext.					
Membres inf	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%		
Grands prématurés	1	33	0	0	0	0	0	0	1	33	0	0	0	0	1	33
Prématurés légers	1	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	50
Périnataux stricts	12	38	0	0	2	6	3	9	1	3	0	0	0	0	14	44
Nourrissons	7	41	1	6	0	0	1	6	0	0	0	0	1	6	7	41
Jeunes enfants	5	50	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	4	40

Tableau 146. Attitudes générales des membres supérieurs et inférieurs, sup : supérieur, inf : inférieur, indet. : l'attitude d'un des membres ou des deux est indéterminée, % : fréquences dans la classe d'âge

Une attitude minoritaire associant une flexion des membres inférieurs et une position basse des mains est observée uniquement parmi les sujets à partir du terme (sujets périnataux stricts, nourrissons et jeunes enfants). Une autre, associant une extension des membres inférieurs et une position haute des mains, n'est observée que parmi les sujets périnataux stricts. Même si ces observations doivent être nuancées par rapport aux effectifs réduits sur lesquels elles sont fondées, on constate qu'il semble exister des attitudes spécifiques attribuées aux sujets en fonction de leur âge.

VI.5. Aménagements des sépultures et dépôts de matériel funéraire

VI.5.1. Présence d'un lit funéraire (angareb)

L'existence d'un dispositif funéraire comportant un lit a pu être identifiée dans cinq sépultures de sujets immatures (S8, S19, S22 ; S32 et S33) et non dans les sépultures d'adultes, grâce à la présence de pieds en bois ou par les concrétions laissées par les termites (figure 232).



Figure 228. Lit de l'individu S32, a : vue générale, b : détail du cadre, c : pieds, photos P. Murail

Ces lits traditionnels sont des « angareb », sur lesquels le défunt est déposé dans la tombe. Nous ne pensons pas qu'ils aient pu être utilisés pour le transport du défunt (figure 233).



Figure 229. Exemple similaire de cadre de lit en bois égyptien antique, Nouvel Empire, Thèbes, British Museum (EA18196)

La présence d'un lit n'est identifiée que dans les sépultures des jeunes enfants âgés de plus de 2 mois post-partum, et dans plus de la moitié d'entre elles (tableau 147).

Sous-classes	Présence de lit		Absence de lit		Indet.	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	0	0	3	100	0	0
Prématurés légers	0	0	2	100	0	0
Périnataux stricts	0	0	32	100	0	0
Nourrissons	0	0	16	94	1	6
Jeunes enfants	5	50	4	40	1	10

Tableau 147. Présence d'un lit funéraire en fonction des sous-classes d'âge, présence : présence d'indices matériels permettant d'identifier un lit, absence : absence d'indices matériels permettant d'identifier un lit, indet : observation impossible ; n : effectifs ; % : fréquence dans la classe d'âge

Les différences de distribution de cet élément en fonction des sous-classes d'âge sont, de fait, hautement significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 2 \times 10^{-4}$). Toutes les sépultures présentant les traces de l'existence d'un lit sont de forme rectangulaire, même si toutes les fosses rectangulaires ne comportent pas les traces de la présence d'un lit (seulement 5 sur 12). Un des jeunes enfants est par ailleurs inhumé en fosse rectangulaire sans trace de lit.

VI.5.3. Structures et dépôts matériels divers

Certaines variations sont identifiables dans l'aménagement des sépultures (figure 234). La tombe du sujet S30 a également pour particularité de présenter une structure construite en grès au-dessus de l'individu et dans sa partie est.



Figure 230. Sépultures avec dalles de grès, à gauche : S30, à droite : S49, photos D. Peressinotto

Celles de S49 (41,7 s.a.) et de S4 (39,1 s.a.) sont aussi recouvertes d'une dalle (figure 234). Les individus S66 (43,5 s.a.) et S75 (53,6 s.a.) sont quant à eux recouverts d'une peau, probablement d'ovicapriné (figure 235). Parmi les variations des dispositifs funéraires, les sujets décédés autour du terme peuvent donc voir leur sépulture signalée et protégée par une « chape » en pierre, tandis que les sujets plus âgés peuvent donc se voir attribuer des dispositifs similaires à ceux trouvés aux époques antérieures pour les adultes, à savoir le dépôt sur une peau d'animal. Le sujet S45 (45,1 s.a.) est le seul de la nécropole à avoir été inhumé avec un morceau de faune (extrémité distale sciée d'un fémur gauche d'ovicapriné sur son thorax), élément qui peut être discuté relativement aux pratiques connues pour les adultes (*Cf. infra, chap. XV, VII.2.*).



Figure 231 : peau d'ovicapriné dans la tombe du sujet S75, détail, photo P. Murail

VI.5.2. Présence de végétaux

Aucune des deux tombes d'adultes ne présente de traces d'assemblage végétal dans la structure funéraire, contrairement aux sépultures de sujets immatures, chez lesquels cela reste rare. Ce matériau n'est identifié que dans 10 tombes. La présence de végétaux n'est pas identifiée dans les sépultures des sujets grands prématurés, mais, elle l'est en revanche dans chacune des sous-classes d'individus plus âgés (tableau 148).

Sous-classe	Présence		Absence		Indet	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	0	0	3	100	0	0
Prématurés légers	2	100	0	0	0	0
Périnataux stricts	3	9	28	88	1	3
Nourrissons	5	29	12	71	0	0
Jeunes enfants	2	20	8	80	0	0

Tableau 148. Présence de végétaux dans la structure funéraire, détails en fonction des sous-classes d'âge, n : effectifs ; % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible

Les différences de distribution entre les sous-classes d'âge ne sont pas statistiquement significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 0,07$), même si l'on observe que les traces de végétaux sont un peu plus fréquemment observées parmi les sépultures de nourrissons (tableau 148). Aucun regroupement spatial des sépultures comportant des végétaux n'est identifié. Ces végétaux peuvent toutefois désigner des structures différentes. Il peut s'agir d'un véritable aménagement de la tombe (comme le tapissage du fond de la fosse), ou d'une enveloppe végétale destinée à contenir le corps, qui fait donc partie du dépôt funéraire. Il est cependant difficile de distinguer les deux au vu de la préservation du matériau. Dans certains cas (S6) les végétaux sont retrouvés sous l'individu, tandis que pour d'autre la présence d'une enveloppe peut être suspectée (S29, S70, S60 et S41). L'individu S56 présente par exemple des végétaux tressés sur le membre inférieur gauche, et le sujet S60 des végétaux à l'intérieur de la cavité buccale. Pour d'autres le matériau n'est présent qu'à l'état de traces (S71 et S73). Huit individus (S50, S32, S11, S66, S73, S12-2, S10 et S61) présentent également des restes de cordelette en fibre végétale. Ces cordelettes ne sont toutefois pas retrouvées chez les individus pour lesquels la présence d'une enveloppe végétale est suspectée, ce qui ne va pas dans le sens de l'hypothèse selon laquelle ces cordes auraient pu servir à maintenir la couverture végétale autour du corps.

VI.5.3. Présence de tissu

Aucune trace de tissu n'est identifiée dans les deux sépultures d'adultes. Parmi les individus immatures, cette matière est identifiée dans certaines tombes de sujets faiblement prématurés, de nourrissons et de jeunes enfants (tableau 149).

Sous-classe	Présence		Absence		Indet	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	0	0	3	100	0	0
Prématurés légers	1	50	1	50	0	0
Périnataux stricts	0	0	31	97	1	3
Nourrissons	2	12	15	88	0	0
Jeunes enfants	1	10	9	90	0	0

Tableau 149. Présence de restes de tissus dans les sépultures, détails en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible

Les différences de distribution de cet élément en fonction des sous-classes d'âge ne sont pas significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 0,092$), ce qui indiquerait que, par rapport à la conservation du matériau, la présence de tissu ne dépend pas du critère d'âge. Aucun regroupement spatial des sépultures comportant du tissu n'a été identifié. Là-encore, la présence de tissu peut traduire l'existence de vêtements, tout comme celle d'un autre type de contention

que l'enveloppe végétale, par exemple un linceul. Sur les 4 tombes dans lesquelles la présence de tissu a été identifiée, deux (S50 et S66) comportent également des restes de cordelette qui aurait pu servir à maintenir un linceul. Cette question de l'existence d'une éventuelle contention fera l'objet d'une discussion particulière par la suite (*Cf. infra, chap. XV, VI.6.2.*).

VI.5.4. Présence de céramique

Parmi le reste des éléments du dépôt funéraire, plusieurs individus ont été inhumés avec des céramiques. Trois types distincts de céramiques ont pu être identifiés. Il s'agit pour certains de vases-tulipes (figure 236) caractéristiques du Kerma classique, et pour d'autres de pots globulaires avec ou sans anses, morphologie qui ressemble à celle identifiée dans la tradition égyptienne sous l'appellation de pot-*nou*. Une particularité intéressante est la présence d'un biberon dans la tombe de S66 (*Cf. annexe 4*), individu âgé de deux à trois semaines environ (figure 236).



Figure 232 : à gauche : vase-tulipe, à droite : biberon, tombe de S66, photos B. Maureille

Aucun des deux adultes n'a été inhumé avec une céramique, ce qui est contraire au dispositif funéraire habituel identifié pour cette période (Gratien, 1985). Ce type d'objet n'est retrouvé que dans 5 sépultures, 4 appartenant à des enfants d'âge supérieur à 2 mois post-partum, 1 appartenant à un sujet classé parmi les nourrissons (tableau 150).

Sous-classes	Présence		Absence		Indet	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	0	0	3	100	0	0
Prématurés légers	0	0	2	100	0	0
Périnataux stricts	0	0	32	100	0	0
Nourrissons	1	6	16	94	0	0
Jeunes enfants	4	40	5	50	1	10

Tableau 150. Présence de céramiques dans les sépultures, détails en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible

Les différences de distribution des vases en fonction des sous-classes d'âge sont, de fait, hautement significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 0,002$), ce qui signifie que le critère d'âge est déterminant dans l'attribution de ces vases aux individus immatures les plus âgés. Aucun regroupement spatial des sépultures comportant des vases n'a été identifié (Cf. *infra*, chap XV, VI.5.7.).

Sujet	Sous-classe	Âge	Nombre de vases	Localisation dans la tombe
S8	Jeune enfant	19,2 m.l.	1	angle NE de la fosse, sous le lit
S33	Jeune enfant	15,2 m.l.	4	quart NE de la fosse
S66	Nourrisson	10,9 m.l.	1	NE de la fosse
S75	Jeune enfant	13,4 m.l.	1	près de la face, NE de la fosse
S32	Jeune enfant	26 m.l.	1	angle NE de la fosse

Tableau 151. Détails des sépultures dotées de céramiques en fonction des âges estimés au décès des sujets, E : est, NE : nord est ; ml : mois lunaires

On compte un vase par sépulture, à l'exception de celle du sujet S33 (figure 237), qui en présente quatre à lui-seul.



Figure 233. Localisation des céramiques sous l'individu S33, à gauche avant prélèvement du squelette, à droite après, photos D. Peressinotto

VI.5.5. Bracelet de perles et perles isolées

Plusieurs sujets immatures sont inhumés avec un bracelet de perles à la cheville ou un collier de perles autour du cou (tableau 152). La nature des perles n'a toutefois pas pu être

identifiée, ce qui ne permet pas de déterminer si elle est semblable entre les individus entre les régions anatomiques concernées. Aucun des deux adultes n'est inhumé avec des bijoux de ce type.

Sous-classes	Présence de bracelet		Absence de bracelet		Indet.	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	0	0	2	67	1	33
Prématurés légers	0	0	2	100	0	0
Périnataux stricts	1	3	30	94	1	3
Nourrissons	2	12	14	82	1	6
Jeunes enfants	2	20	6	60	2	20

Tableau 152. Sujets inhumés avec un bracelet de perles à la cheville, détail en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible

Parmi les individus immatures, les bracelets ou colliers sont retrouvés à cinq reprises, chez un sujet périnatal strict, deux nourrissons et deux enfants âgés de plus de 2 mois post-partum (tableau 152). Une perle isolée a également été retrouvée dans la sépulture S7 ainsi que dans la sépulture S36 (jeune enfant). Les différences de distribution des bracelets et colliers en fonction des sous-classes d'âge ne sont pas significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 0,124$), ce qui indique qu'ils ne semblent pas être attribués spécifiquement en fonction de l'âge au décès. Aucun regroupement spatial des sépultures comportant des bracelets ou des perles isolées n'a été identifié (*Cf. infra, chap XV, VI.5.7.*).

VI.5.6. Amulettes

Trois amulettes ont été identifiées au cours de la fouille, en place à proximité du rachis cervical (figure 238). Nous n'avons eu accès qu'à la photographie post-fouille de celle retrouvée dans la sépulture S33. Elle a été identifiée comme un babouin par Murail et collaborateurs (2004), attribution que nous proposons cependant de discuter (*Cf. infra, chap. XV, VII, 3*). Celle de S75 (figure 238) a quant-à-elle été identifiée comme un faucon, potentiellement assimilé à Horus.



Figure 234. À gauche, amulette en place sous la clavicule droite du sujet S33, à droite, amulette en place à proximité du gril costal de S75, photos D. Peressinotto

Pour cette dernière ainsi que celle de S56, nous n'avons eu accès qu'à des photographies en cours de dégagement, et il n'a pas été possible de rediscuter l'entité représentée. Aucun des deux adultes n'a été inhumé avec une amulette, mais ces dernières ont été retrouvées dans les sépultures de trois enfants âgés de plus de 2 mois post-partum (tableau 153).

Sous-classe	Présence		Absence		Indet	
	n	%	n	%	n	%
Grands prématurés	0	0	3	100	0	0
Prématurés légers	0	0	2	100	0	0
Périnataux stricts	0	0	32	100	0	0
Nourrissons	0	0	17	100	0	0
Jeunes enfants	3	30	6	60	1	10

Tableau 153. Détails de la présence d'amulettes en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible

Les différences de distribution des amulettes en fonction des sous-classes d'âge sont, de fait, très significatives d'après le test exact de Fisher ($p = 0,006$). Le critère d'âge apparaît donc comme prépondérant dans l'attribution de cet objet. Aucun regroupement spatial des sépultures comportant des amulettes n'a été identifié (Cf. *infra*, chap XV, VI.5.7.).

VI.5.7. Synthèse des sépultures avec matériel

Ces résultats permettent de distinguer plusieurs sépultures qui comportent un ou plusieurs biens mobiliers, c'est-à-dire une amulette, un bracelet, un collier, une perle, un vase ou un lit (ce dernier étant ici considéré comme un bien mobilier). Ces éléments témoignent d'un soin particulier apporté à l'aménagement de la tombe et à la dotation du défunt.

Sujet	Sous-classe	Âge (m.l.)	Détails des artefacts
S7	Nourrisson	11,7	bracelet à la cheville et perle en arrière de la tête
S8	Jeune enfant	19,2	lit, céramique et collier
S19	Jeune enfant	26	lit
S22	Jeune enfant	32,6	lit
S32	Jeune enfant	25,6	lit et céramique
S33	Jeune enfant	15,2	lit, 4 céramiques, collier et amulette
S36	Jeune enfant	NR.	perle isolée tubulaire bleue
S56	Jeune enfant	12,8	amulette au cou avec brin
S61	Périnatal strict	10,6	collier au cou composé de 5 perles
S66	Nourrisson	10,9	vase et deux bracelets entourant les chevilles
S75	Jeune enfant	13,4	vase et amulette

Tableau 154. Détails du mobilier des sépultures avec matériel en fonction de l'âge des individus, l'âge est donné en m.l. soit mois lunaires pour faciliter la lecture des âges des jeunes enfants

Même si les sujets inhumés avec du matériel sont âgés de plus de 2 mois post-partum pour la plupart d'entre eux (n = 8 / 11), deux d'entre eux sont classés parmi les nourrissons et un parmi les sujets périnatals stricts. Ces sépultures avec matériel ne sont pas regroupées spatialement dans la nécropole, elles sont au contraire dispersées et disséminées parmi les

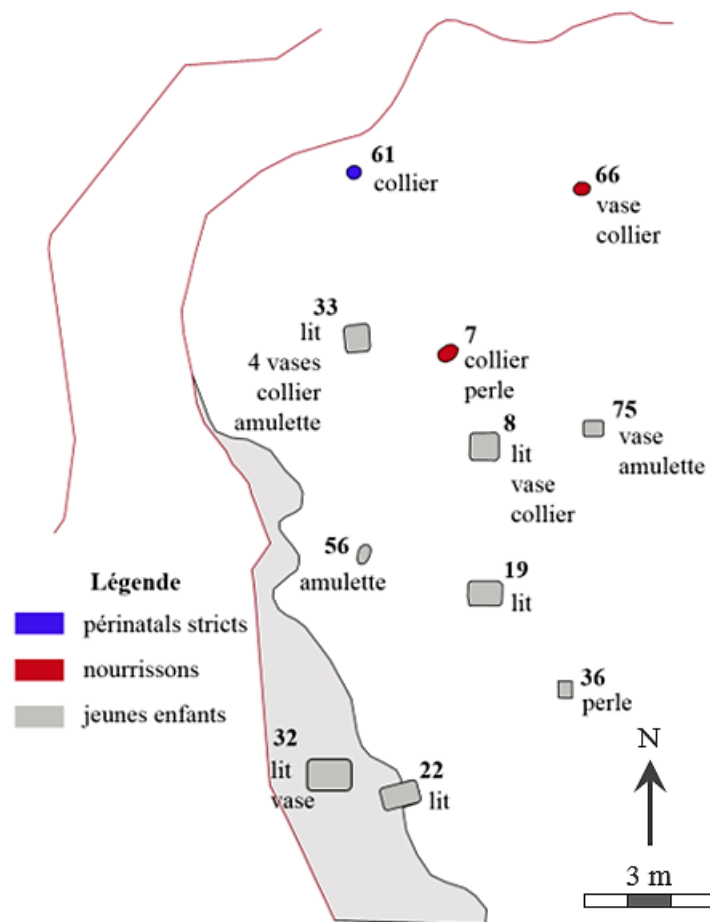


Figure 235. Répartition spatiale des sépultures avec matériel en fonction des sous-classes d'âge et détails du matériel

sépultures simples (figure 239). Même si cela peut être lié à la répartition préférentielle des sujets les plus âgés dans la partie sud de la nécropole, huit des onze sépultures avec matériel (S66, S7, S75, S8, S19, S36, S22 et S32) sont réparties « en cordon » le long de la bordure méridionale et orientale de la nécropole (figure 239). Elles semblent, dans une certaine mesure, délimiter la nécropole : aucune tombe sans matériel n'est identifiée plus au sud ou à l'est de ce cordon. Parmi ces sépultures avec matériel localisées sur la bordure de l'espace funéraire, deux ont par ailleurs livré les datations ^{14}C (tableau 135) les plus anciennes du site, entre (S66 : 1685 ± 38 et S32 : 1633 ± 42).

À l'exception de S56, qui est orienté tête au nord, et de S7, orienté tête au nord-est, tous les individus inhumés avec du matériel sont orientés à l'est. Aucun ne présente d'orientation identifiée comme minoritaire. Mis à part S36 qui est déposé en décubitus dorsal, et S61 qui est en décubitus dorsal avec composante latérale gauche, tous les sujets sont en décubitus latéral droit. Tous ont leurs membres inférieurs fléchis, à l'exception de S8 et S36 pour lesquels ce critère reste indéterminé. Leurs mains sont majoritairement en position haute ($n = 6 / 11$), moins fréquemment en position basse ($n = 3 / 11$). Aucune de ces sépultures ne comporte de végétaux dans sa structure funéraire, et seules deux d'entre elles ont présenté des traces de tissus.

VI.6. Mode de dépôt des individus

VI.6.1. Inhumation primaire ou secondaire

Les sépultures sont en « pleine terre » ou plutôt en « plein sédiments ». Elles sont individuelles, et ce quel que soit l'âge des individus, même si la question d'une sépulture double se pose dans deux cas. Les individus S12-1 et S12-2 sont inhumés à quelques centimètres l'un de l'autre dans une fosse dont les limites ont été déterminées à la fouille (Cf. annexe 4), Les sujets S25-1 et S25-2 sont également enterrés très proches l'un de l'autre (Cf. annexe 4), sans qu'il soit possible de déterminer les limites de la ou des fosses. Il s'agirait dans les deux cas soit d'une sépulture double, soit de deux sépultures individuelles dont la première aurait été identifiée en surface, ce qui aurait pu permettre la seconde inhumation sans perturber la première.

Les inhumations sont primaires, à l'exception de la tombe de S50 (figure 240), pour laquelle la question d'une inhumation secondaire s'est posée dès la fouille²⁶. Contrairement à la majorité des cas, la fosse est loin d'être ajustée à l'individu, puisque tous les restes de ce

²⁶ Étude d'après les notes de P. Murail prises au cours de la fouille de S50

dernier sont concentrés dans son quart nord-est. Il manque de nombreux éléments de la partie gauche du squelette (membre supérieur et inférieur, hémi-mandibule et coxal), bien que des éléments de petites dimensions soient présents (*e.g.* corps vertébraux) et plusieurs connexions maintenues. Le membre supérieur droit, le membre inférieur droit et le pied droit sont en connexions strictes, la ceinture scapulaire droite, l'articulation temporo-mandibulaire et la partie thoracique du rachis sont en connexions lâches. D'autres éléments osseux sont cependant dispersés (coxal droit, éléments du rachis), et plusieurs effets de paroi sont identifiables. L'absence des segments anatomiques, le déplacement de certains éléments osseux, les traces de végétal ainsi que de restes de cordelette et de linceul ont amené P. Murail à proposer un prélèvement, un transport de l'individu dans un contenant souple, puis un dépôt secondaire.

La présence de petits éléments (*e.g.* pied droit) souvent perdus dans le cadre d'un déplacement du corps pourrait également s'expliquer par des phénomènes de dessiccation naturelle ayant préservé des articulations habituellement labiles, même si les tissus en question n'ont pas été préservés jusqu'à aujourd'hui (Maureille et Sellier, 1996)



Figure 236. Fouille de S50, à gauche : décapage intermédiaire montrant une partie des éléments osseux en logique anatomique, à droite : décapage final dévoilant notamment la scapula droite en vue antérieure, photos P. Murail

Même si l'hypothèse de la sépulture secondaire expliquerait à la fois les déplacements d'ossements et le maintien de certaines logiques anatomique, elle ne permet pas complètement de comprendre l'absence de segments entiers appartenant tous à la partie gauche du squelette.

Dans le cas d'un dépôt de l'individu sur le côté droit, une perturbation accidentelle avec « raclage » de la surface pourrait expliquer la disparition de l'hémi-mandibule gauche ainsi que celle des membres supérieur et inférieur gauches. L'hypothèse d'un dépôt sur le côté droit pourrait potentiellement être appuyée par la découverte de la scapula et de la clavicule droites dans la partie inférieure de la fosse (figure 240). La mobilisation de certains éléments osseux, de même que les effets de paroi (identifiés par les fouilleurs sur S21, S30, S61, S70 et S12-2), seraient aussi compatibles avec la présence d'un contenant souple ayant à la fois donné lieu à une contrainte et au maintien d'espaces vides. L'hypothèse d'une tombe primaire avec perturbation postérieure et accidentelle pourrait ici être privilégiée (d'autant plus que l'existence de pratiques d'inhumations secondaires n'est pas documentée pour le Kerma), même si celle de la réinhumation ne peut pas être écartée.

VI.6.2. Milieu de décomposition

L'analyse taphonomique a montré que certains individus avaient fait l'objet d'une décomposition en espace colmaté, dans des fosses très ajustées et sans qu'aucun élément osseux ne sorte du volume du corps (*e.g.* figure 241, S18).



Figure 237. À gauche S18, décomposition en espace colmaté sans contrainte particulière apparente, à droite S40, décomposition en position très contrainte, photos P. Murail

D'autres présentent des positions très contractées dans des fosses plus grandes. C'est le cas de S40, dont le membre supérieur droit est en hyperflexion, l'axe de la main formant un angle droit avec l'avant-bras, tous les os étant en connexion stricte (*e.g.* figure 241, S40). La

position très contrainte de l'individu, alors même que les dimensions de la fosse auraient permis une inhumation dans une position plus classique et plus naturelle, pourrait correspondre au dépôt d'un élément périssable dans l'angle nord-est de la fosse. Dans d'autres cas encore, cette position très contrainte du corps constituerait davantage un argument en faveur de l'existence d'un contenant souple en matière périssable (figure 240). La question peut se poser par exemple pour S30, au niveau duquel on peut identifier au moins deux effets de paroi (figure 242). On observe d'une part qu'une contrainte semble avoir été appliquée le long du genou droit, de l'avant-bras droit et la main droite, laquelle semble avoir été maintenue contre la face de l'individu (figure 242). Le pied droit présente d'autre part une hyperflexion qui l'a amené à se décomposer le long du tibia, position qui n'est pas physiologique.

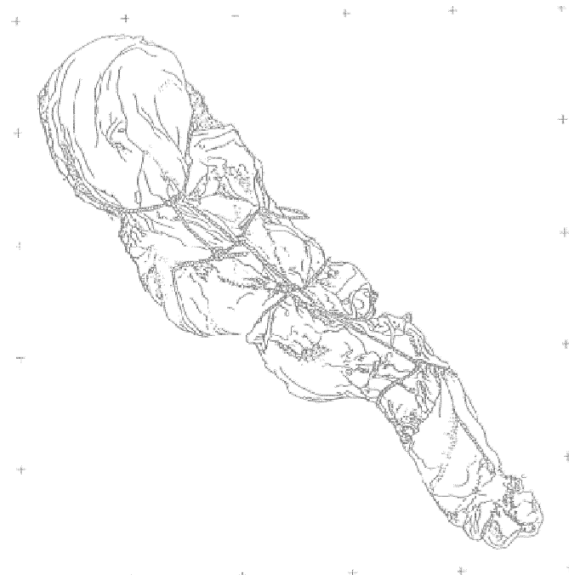


Figure 238. À gauche S30 avec indications des effets de paroi, photo D. Peressinotto ; à droite Sujet T176 dans son linceul, secteur nord de la nécropole de l'époque chrétienne, dessin L Soldati, d'après Peressinotto et al (2001, p.131)

Ces éléments pourraient indiquer correspondre à la présence d'un contenant périssable qui, bien que souple, aurait exercé une contrainte sur le corps au cours de la décomposition. Les vestiges de tissu, de matière végétale et de cordelette pourraient appuyer cette hypothèse. L'existence pour des individus immatures de linceuls très contraignants (figure 242) est par ailleurs documentée en Nubie et sur l'île de Saï à des périodes postérieures (Peressinotto *et al.*, 2001).

VI.7. D Proximités biologiques et organisation spatiale de la nécropole

VI.7.1. Les côtes surnuméraires cervicales

Comme exposé précédemment, les côtes surnuméraires cervicales pourraient être associées à des anomalies graves du développement (Cf. *supra*, chap. XIV.), anomalies dont l'apparition pourrait elle-même être favorisée par une faible diversité biologique, voire une endogamie. Il apparaît donc nécessaire de discuter l'hypothèse selon laquelle les sujets porteurs du trait, potentiellement atteints de pathologies graves et visibles, pourraient être inhumés d'une manière particulière. Il serait aussi envisageable que les individus soient porteurs de ce caractère car ils auraient des proximités génétiques importantes, qui pourraient aussi se refléter dans leur traitement funéraire. Il apparaît premièrement que les sujets immatures porteurs de ces côtes cervicales ne sont pas regroupés spatialement, et qu'ils sont au contraire dispersés sur toute l'emprise de la nécropole (figure 243).

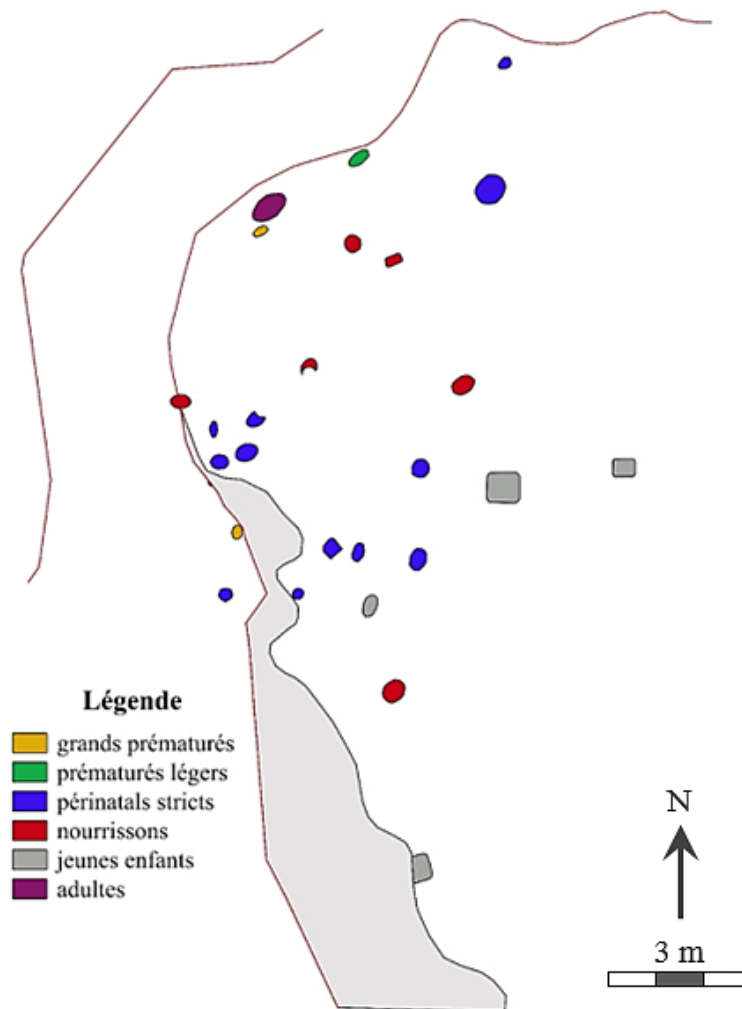


Figure 239. Répartition spatiale des tombes des sujets porteurs de côtes cervicales en fonction des sous-classes d'âge

Afin d'identifier si les individus immatures porteurs du trait pourraient faire l'objet d'un dépôt selon une orientation particulière (tableau 155), la présence ou l'absence des côtes cervicales a été croisée avec les orientations géographiques majoritaires (est, nord-est et nord) ou minoritaires (ouest, sud-ouest, nord-ouest, sud).

Sujets	Orientations majoritaires	Orientations minoritaires	Indet.
Porteurs de côte cervicale	24	3	1
Non porteurs de côte	24	9	3

Tableau 155. Orientations des individus et présence ou absence de côte surnuméraire cervicale ; indet. : orientation indéterminée

D'après le test exact de Fisher, il n'y a pas de différences significatives de distribution des effectifs entre les sujets porteurs ou non de côtes cervicales et les orientations majoritaires ou minoritaires ($p = 0,286$).

La relation entre la présence du caractère et les positions générales des individus a également été discutée à l'aide d'un test exact de Fisher (tableau 156). Les sujets porteurs de côtes cervicales sont trouvés, comme les autres, plus fréquemment en décubitus latéral, même si toutes les positions sont observées.

Sujets	Décubitus latéral droit		Décubitus latéral gauche		Procubitus ventral		Décubitus dorsal		Indet	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Porteurs de côte cervicale	9	32	11	39	1	4	4	14	3	11
Non porteurs de côte	21	58	5	14	2	6	7	19	1	3

Tableau 156. Positions générales des individus immatures et présence de côtes surnuméraires cervicales ; indet : sujets pour lesquels la position générale est indéterminée ; n : effectifs, % : fréquence parmi les sujets porteurs ou non porteurs du caractère

Les différences de distributions ne sont pas statistiquement significatives ($p = 0,0627$). Nous ne pouvons donc pas conclure que les sujets porteurs de côtes cervicales présentent des positions générales préférentielles. L'hypothèse selon laquelle les sujets porteurs de côtes cervicales pourraient être dotés de plus ou moins de biens mobiliers que les autres a aussi été testée grâce à un test exact de Fisher (tableau 157).

Sujets	Céramique		Absence de céramique	
	n	%	n	%
Porteurs de côte cervicale	2	7	26	93
Non porteurs de côte	3	9	32	91

Tableau 157. Présence ou absence de céramiques dans les sépultures des sujets immatures porteurs ou non de côtes cervicales ; n : effectifs, % : fréquence parmi les sujets porteurs ou non du trait

Les individus porteurs du trait n'apparaissent pas comme spécifiquement dénués ou au contraire dotés de céramique (tableau 157, $p = 1$), et la présence ou l'absence d'amulette ne semble pas non plus corrélée à ce caractère biologique (tableau 157, $p = 0,577$).

Sujets	Porteurs d'amulette		Non porteurs d'amulette	
	n	%	n	%
Porteurs de côte cervicale	2	7	26	93
Non porteurs de côte	1	3	35	97

Tableau 158. Présence ou absence d'amulettes chez les sujets immatures porteurs ou non de côtes cervicales ; n : effectifs ; % fréquences parmi les sujets porteurs ou non du caractère

D'après nos résultats, les individus porteurs du trait ne semblent donc pas faire l'objet d'un traitement funéraire spécifique, qui pourrait traduire d'éventuelles proximités biologiques ou la prise en compte de pathologies visibles.

VI.7.2. Variations anatomiques non métriques

Trois caractères non métriques apparaissent comme spécifiques aux individus décédés en période périnatale de la série de Saï (figure 244).

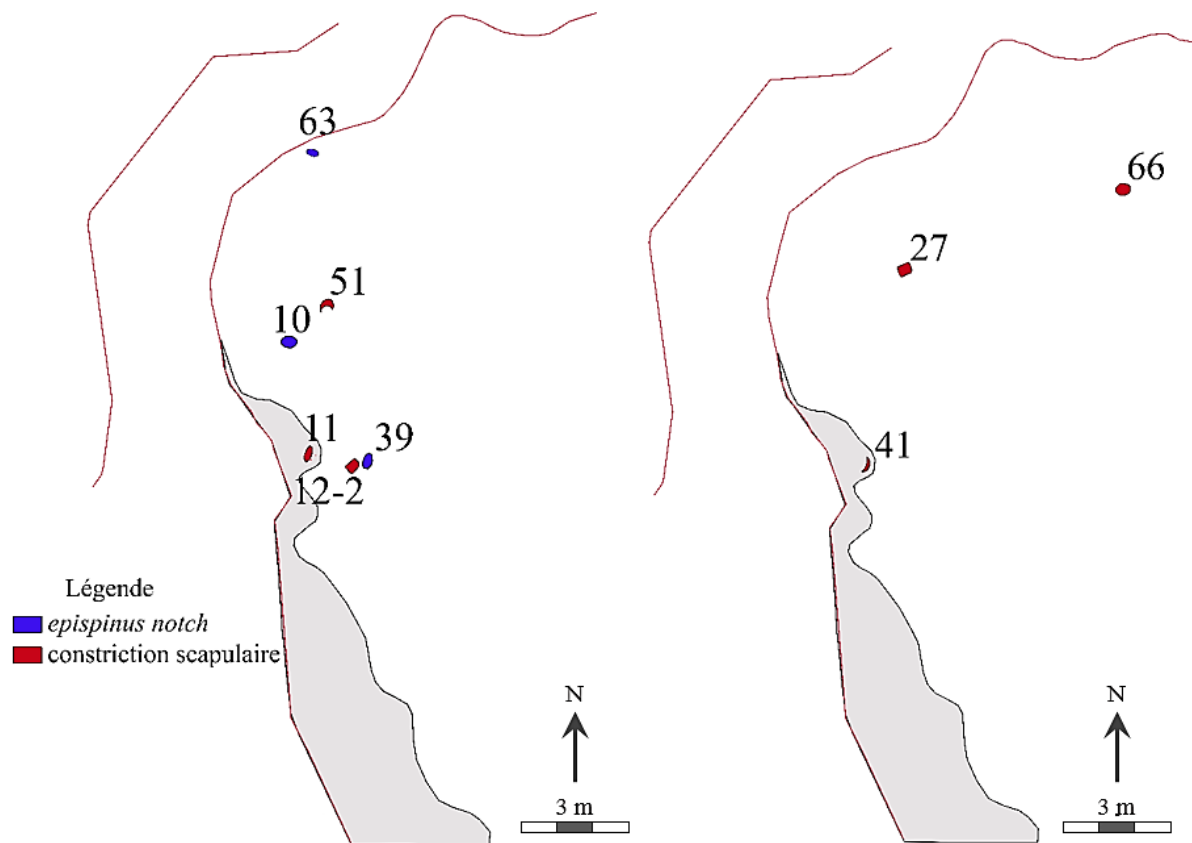


Figure 240. À gauche : distribution spatiale des individus porteurs d'epispinus notch et de constriction scapulaire, à droite : individus porteurs d'une perforation de la face linguale du germe dentaire, plan modifié sur SIG d'après le plan de P. Murail et al (2004)

L'*epispinus notch* est présent dans les échantillons de Provins et Blandy mais plus fréquemment observé dans l'échantillon kerma, tandis que la constriction scapulaire et la perforation du germe dentaire ne sont identifiées que dans ce dernier. Aucun regroupement spatial entre les individus porteurs des deux VANM de la scapula n'est toutefois identifié à l'échelle de la nécropole, tout comme aucun regroupement n'est visible entre les individus porteurs de la perforation de la face linguale du germe dentaire (figure 244).

L'hypothèse selon laquelle les sujets porteurs de ces caractères seraient potentiellement proches génétiquement et pourraient faire l'objet de regroupements n'est pas soutenue par nos observations.

VII. Synthèse et discussion

VII.1. Synthèse des pratiques funéraires et comparaison avec les résultats de la première étude (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006)

Les tombes de la nécropole présentent des caractéristiques communes. Elles correspondent presque toutes à des sépultures individuelles, et ce quel que soit l'âge des individus. À l'exception de la tombe de S50, il s'agit d'inhumations interprétées *in situ* comme primaires. Les réinterventions ultérieures, qui concernent 22 tombes de sujets immatures sur 64, regroupent majoritairement des pillages ou des perturbations de surface secondaires et accidentelles. Les fosses sont peu profondes, ce qui peut expliquer le décapage taphonomique de certaines, même si le niveau du sol de l'époque reste inconnu. Elles sont majoritairement ajustées à la taille du sujet et la surélévation des pieds et du crâne est fréquente, y compris pour les individus les plus âgés (tableau 141). Les fosses sont restreintes, même pour les sujets inhumés sur un lit funéraire (*Cf.* annexe 4). Nos résultats vont donc dans le sens des observations de Maureille et collaborateurs (2006), selon lesquels l'inhumation dans une fosse très ajustée aux dimensions corporelles relèverait d'un geste funéraire particulier.

Certaines différences de traitement funéraire en fonction de l'âge au décès sont toutefois identifiées. L'analyse de la répartition spatiale des sépultures grâce au SIG montre qu'il existe une **distinction géographique** entre les enfants les plus âgés (plutôt inhumés dans la partie sud et sud-est de la nécropole) d'une part, et les sous-classes des grands-prématurés, prématurés légers, sujets périnataux stricts et nourrissons d'autre part, concentrés dans la partie nord et nord-ouest (*Cf. supra*, chap XV, VI. 1).

Ces regroupements sont moins strictement observés que dans les études antérieures, dans lesquelles la sous-classe des sujets décédés en période périnatale comprend les individus jusqu'à 1 mois post-partum (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006). Outre les sujets les plus âgés au sud, les auteurs font état d'une distinction entre les nourrissons (entre 1 mois et 1 an) dans la partie orientale et les sujets périnatals (âge inférieur à 1 mois) dans l'angle nord-ouest de la nécropole. Même si nous ne distinguons pas de sous-classes entre 2 mois post-partum et 4 ans, et que nous ne retrouvons pas nettement cette répartition, les résultats de nos analyses vont dans le même sens que les études antérieures quant à l'existence d'une organisation spatiale des sépultures en fonction de l'âge au décès des individus.

Les orientations des sujets par rapport aux points cardinaux ont ici été analysées de manière plus détaillée que dans les études antérieures (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006), avec la prise en compte des points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et également des points inter-cardinaux (nord-est, sud-est, sud-ouest et nord-ouest). Nos analyses montrent l'existence d'orientations majoritaires en direction de l'est et du nord-est (figure 221 et tableau 139). À l'exception des prématurés légers très faiblement représentés, ces deux orientations sont majoritaires quels que soient les âges des individus. D'autres orientations (au nord, au nord-ouest, à l'ouest, au sud-ouest, au sud et au sud-ouest) sont minoritaires et observées dans toutes les sous-classes d'âges (tableau 135). On observe toutefois, comme souligné dans les études antérieures, une **plus grande variabilité d'orientation dans les sous-classes d'âge des sujets autour du terme**, variabilité qui tend à diminuer pour les individus les plus âgés (tableau 135).

Comme pour les deux individus adultes, les individus immatures sont majoritairement inhumés en position de décubitus latéral droit, et ce quelles que soient leurs sous-classes d'âge. La position du décubitus latéral gauche est la deuxième position la plus fréquente, suivie par le décubitus dorsal. Comme dans les études précédentes (Murail *et al.*, 2004 ; Maureille *et al.*, 2006), on observe que plus les individus sont âgés, plus leurs positions sont homogènes (tableau 142). Les différences entre nos sous-classes sont toutefois, là-encore, moins nettes que dans les études précédentes. D'après nos résultats, il existe une importante variabilité dans la sous-classe des sujets périnatals stricts (comme le montrent les positions détaillées avec composantes, tableau 143) avec des positions minoritaires identifiées jusque dans la sous-classe d'âge des nourrissons (tableau 142). Contrairement à la tendance générale, ces derniers sont même légèrement plus nombreux à être déposés en décubitus latéral gauche (tableau 142, n = 6 contre n = 5 en décubitus latéral droit). Les sujets, à tout âge, sont le plus souvent inhumés avec les

mains en position haute et les membres inférieurs fléchis. Les restes de végétaux, de tissus et de cordelettes, de même que certaines positions non physiologiques peuvent permettre de soulever la question de l'existence d'un dispositif contraignant en matière périssable de type linceul.

Les paramètres relatifs à l'attitude du corps permettent d'identifier des tendances générales, avec un **mode d'inhumation** « **typique** » mais susceptible de varier. Le **mobilier associé et les aménagements des tombes** constituent en revanche des indicateurs beaucoup plus nets d'une gestion spécifique en fonction de l'âge. Même si ces observations doivent être nuancées par rapport à la possible disparition des vestiges (taphonomie ayant touché les éléments en bois, perturbations anthropiques, etc.), la présence d'un lit et / ou d'amulettes est spécifiquement associée aux individus âgés de plus de deux mois post-partum. Trois individus appartenant aux sous-classes des sujets périnataux stricts et des nourrissons sont toutefois inhumés avec des colliers, bracelets ou vases, indiquant que ce type de bien mobilier est aussi attribué à des individus ayant vécu à peine quelques semaines (tableau 154). Si le critère de l'âge apparaît ainsi comme important par rapport à la gestion funéraire des sujets immatures, la possibilité d'une hiérarchisation de la société et d'un statut social de certains individus doit également être prise en considération. Certaines tombes sont par exemple plus « richement dotées » que les autres. C'est le cas notamment de S33 qui comporte quatre vases, un lit, un collier et une amulette, alors que l'individu n'est âgé que de 5 à 7 mois post-partum. La localisation « en cordon » (le long de la bordure est de la nécropole) des tombes avec matériel, pourrait également traduire une localisation dépendant de l'appartenance à un groupe, ou une certaine antériorité des inhumations (certaines ont livré les plus anciennes datations du site).

VII.2. Comparaison avec les adultes du registre Kerma

La comparaison entre les pratiques documentées sur les adultes kerma et celles identifiées sur la nécropole 8B51 de l'île de Saï met en évidence deux tendances de traitement. La gestion funéraire des individus autour du terme reprend certains éléments seulement du dispositif adulte, avec une variabilité supérieure pour certains critères de position générale ou d'orientation du corps. Certaines caractéristiques de ces inhumations s'insèrent dans la tradition koushite observée chez les adultes (orientation à l'est ou au nord-est, position en décubitus latéral droit ou gauche), tandis que d'autres sont atypiques (orientations et positions minoritaires que l'on ne retrouve pas habituellement chez ces derniers). D'autres éléments comme le lit funéraire, les amulettes ou le dépôt de céramiques ne sont en revanche pas

généralisés, voire pas observés dans cette classe d'âge des tout-petits, et semblent réservés aux sujets immatures plus âgés.

Plus les individus immatures avancent en âge, plus leur dispositif funéraire se rapproche de celui documenté pour les adultes. Les premiers dépôts caractéristiques des dispositifs observés chez les adultes apparaissent chez les sujets décédés dans les premières semaines de vie post-partum. Le sujet S61, âgé de 42 s.a. environ, est par exemple inhumé avec un collier de perles, tandis que S66, âgé autour d'un mois *ex utero* environ, est enterré avec un vase et deux bracelets. Les jeunes enfants au-delà de 2 mois post-partum sont inhumés avec une orientation à l'est, en décubitus latéral droit, dans une fosse rectangulaire. Un seul sujet classé parmi les jeunes enfants (S36) ne fait apparemment pas l'objet d'un dépôt en décubitus latéral droit, mais il s'agit aussi d'une des sépultures les moins bien conservées de la nécropole, dont l'étude taphonomique reste difficile. Deux d'entre eux (S66 et S75) sont même inhumés avec une peau d'animal, élément que l'on retrouve chez les adultes à partir du Kerma ancien. Le sujet le plus jeune déposé sur un lit funéraire, caractéristique des inhumations d'adulte, est âgé de cinq mois post-partum environ (S33).

Parmi les individus de la nécropole 8B-51, un seul sujet (S45, 45,1 s.a.) est inhumé avec un élément osseux de faune, à savoir l'extrémité distale d'un fémur gauche d'ovicapriné déposée sur son thorax, ce qui pourrait rappeler les offrandes animales documentées chez les adultes (Gratien, 1985 ; Chaix, 1986). La définition de « l'offrande » fait toutefois l'objet de débat entre les différentes disciplines archéologiques et anthropologiques. D'après Vandermeersch (1976) et dans le contexte préhistorique, la caractéristique d'une offrande est son caractère unique et exceptionnel par rapport au contexte archéologique dans lequel l'objet est inséré. Dans les travaux sur des périodes plus récentes, l'offrande, et notamment l'offrande alimentaire, se caractérise au contraire par la répétition du geste à l'échelle du site, ce qui traduit son inscription dans les pratiques funéraires du groupe (Lepetz, 1993 ; Méniel, 1998). Cette seconde définition est celle retenue dans les travaux sur Kerma (Bonnet, 1986a), pour lesquels est souligné le fait que les pièces de boucherie font l'objet de découpes stéréotypées (Chaix, 1988).

Si l'on conserve cette acception, il s'avère que l'élément de faune dans la tombe de S45 ne peut pas être considéré comme une offrande du fait de son caractère isolé à l'échelle du site et de l'absence de comparaison avec d'autres nécropoles dédiées aux individus immatures. Elle peut toutefois témoigner d'un geste affectif, d'autant plus si l'on considère que le dépôt s'inscrit dans le souhait de fournir au défunt de la nourriture pour l'au-delà, geste primordial dans la

civilisation égyptienne et que l'on peut présumer en usage dans la population d'éleveurs de Kerma (Chaix, 1988). Le nombre très élevé de ces dépôts de faune dans les inhumations kermas appuie en effet l'hypothèse selon laquelle ces offrandes procéderaient plutôt d'une nécessité rituelle (garantir au défunt l'accès à un grand nombre de vivres) que de la simple pratique symbolique (Chaix, 1986). Dans ce cadre, le dépôt de faune de S45 pourrait relever d'un dernier geste de soin à l'inhumé, comparable au dépôt du biberon dans la tombe de S66 (figure 236).

Ce respect, pour les sujets immatures, d'une partie du traitement observé habituellement chez les adultes est d'autant plus remarquable que les dispositifs funéraires des deux sujets adultes de la nécropole 8B-51 (S1, individu masculin au nord et S21, individu féminin, au sud) ne concordent que très peu avec les dispositifs documentés pour les adultes. Les deux individus sont orientés à l'est, S1 en décubitus latéral droit, mais S21 est en procubitus. Les deux tombes sont totalement dépourvues de matériel, et notamment de lit, céramiques ou bijoux. Le traitement des individus se distingue donc particulièrement de celui habituellement attribué aux adultes au Kerma classique, ce qui pose la question de leur statut au sein du groupe (Gratien, 1985).

VII.3. Comparaison des traitements observés dans la nécropole 8B-51 avec ceux observés en Égypte

Les dispositifs funéraires « minoritaires » de la nécropole 8B-51 pourraient-ils traduire une éventuelle influence égyptienne ? Cette possibilité doit être envisagée dans la mesure où la nécropole est en activité dans une période où la culture koushite est certes à son apogée, mais avec des élites imprégnées de culture égyptienne, des relations commerciales denses et des dynamiques militaires régionales en croissance.

La question peut se poser pour les orientations « minoritaires » des individus, puisque les orientations égyptiennes des enfants en bas âge au Moyen Empire sont majoritairement nord – sud, voire beaucoup plus variables pour les fœtus (Power, 2011). C'est également le cas pour les positions d'inhumation, puisqu'on observe une évolution des positions d'inhumation égyptiennes avec une majorité de décubitus latéral gauche et de décubitus dorsal. La position en flexion des membres inférieurs pour les sujets immatures est la plus courante en Égypte, même si la position en extension comme pour les adultes est observée. Les dépôts de céramiques et de bijoux sont courants, comme dans les cultures Kerma. Ces éléments ne

permettent cependant pas à eux-seuls d'identifier une influence égyptienne directe ou indirecte sur les inhumations aux modalités « minoritaires » de la nécropole 8B51.

Celle-ci pourrait en revanche être discutée relativement au matériel, et en particulier par rapport aux amulettes retrouvées dans la sépulture S33, interprétée comme un babouin (figure 245), et dans la sépulture S75, identifiée comme un faucon. La question de savoir s'il s'agit d'un objet local ou importé est centrale, la présence d'objets importés étant souvent identifiée comme un marqueur de statut socio-économique élevé de l'individu. La distance avec le centre de production est alors perçue comme proportionnelle à la valeur de l'artefact (Richards, 1997 ; Power, 2011). Les amulettes, et en particulier celles en forme de babouin, font partie des objets votifs les plus courants depuis les premières dynasties égyptiennes (Pinch et Weraksa, 2009).

L'animal apparaît en effet très tôt, avant l'Ancien Empire, dans le panthéon des divinités égyptiennes. Il est alors lié à Rê, dieu-soleil dont il célèbre la victoire chaque matin contre les forces de l'obscurité et du chaos. Il n'est ensuite présent que de manière sporadique au Moyen et Nouvel Empire (Larcher, 2016). Il est souvent perçu comme une manifestation de Thot, divinité de la connaissance qui siège au tribunal d'Osiris et juge les actions du mort. L'utilisation du babouin comme hypostase de Thot remonte toutefois au milieu de la XVIII^e dynastie seulement, c'est-à-dire après le Kerma classique, ce qui exclut que l'amulette puisse y faire référence (Larcher, 2016).

Le babouin est également l'une des formes du dieu Baba, « ouvreur des portes du ciel », à qui l'on attribue des facultés prophylactiques. La figuration du dieu est destinée à « écarter le danger de leur propriétaire et à favoriser leur passage d'un état à un autre », en protégeant surtout les femmes, les enfants et les défunts (Larcher, 2016, p. 61). La forme du dieu Baba évolue et passe du babouin au chien dans le courant de la XVIII^e dynastie, après la période d'activité de la nécropole 8B-51 (Larcher, 2016). La possibilité, s'il s'agit bien d'un babouin et d'une influence égyptienne, que cela puisse être une figuration de Baba serait ainsi peu probable, sans être exclue. Murail et collaborateurs (2004) identifient l'amulette en forme de babouin de S33 à Khonsou, dieu égyptien de la lune (F. Geus, com. pers).

Nous n'avons pas, à notre connaissance, d'élément en faveur de l'hypothèse selon laquelle le babouin serait une hypostase de Khonsou. Il peut en revanche être représenté sous la forme d'une divinité hiéracocéphale (à tête de faucon), et cette identification pourrait être proposée pour l'amulette de faucon de S75. La distinction entre les apports extérieurs égyptiens et les traditions indigènes constitue en effet toujours une des problématiques centrales des

études sur la civilisation Kerma (Bonnet, 1990). Des amulettes de babouin sont identifiées dans les sépultures du Kerma classique de la ville éponyme (Reisner, 1923), de même qu'une autre dans une tombe d'enfant (SKT 2 T. 24) de l'île de Saï, et dans une tombe (SKC3, T51) datée du Kerma ancien (Gratien, 1985).

Une autre identification peut néanmoins être proposée pour l'amulette de S33. La forme du museau, rectangulaire, proéminent et projeté en avant (figure 245) pourrait concorder avec les figurations d'hippopotame (E. D'Itria, com. pers.). Seul un réexamen du matériel pourrait toutefois permettre de valider l'une ou l'autre des attributions. On peut donc le voir plus probablement comme issu d'un substrat culturel nilotique très ancien, et non comme le marqueur d'une influence égyptienne.



Figure 241. À gauche : amulette égyptienne représentant un babouin XIII-XVIII^e dynasties, Licht nord, échelle non renseignée, au milieu : amulette de S33 ; à droite : amulette égyptienne représentant l'hippopotame hypostase de Toueris, Glencairn museum, échelle, datation et lieu de découverte non renseignés ; qualité des images dues à l'image d'origine

Ce type d'amulette revenant souvent dans le registre matériel kerma, l'objet n'est donc pas forcément importé, d'autant que la qualité de l'émail (évaluée d'après photographie) semble correspondre aux productions du Kerma classique (B. Gratien, com. pers.).

Synthèse

Nous avons poursuivi les premières études archéo-anthropologiques du site de la nécropole 8B-51 publiées par Murail et collaborateurs (2004) et Maureille et collaborateurs

(2006), avec pour objectif de questionner les pratiques et la gestion de l'espace funéraire en fonction de l'âge au décès réévalué des individus et des nouvelles sous-classes d'âge. Nous avons pour cela utilisé la base de données réalisée lors de la fouille, dont les informations ont été croisées avec un Système d'Information Géographique que nous avons mis en place.

Traitement funéraire des sujets décédés en période périnatale :

Les tombes des sujets décédés en période périnatale sont concentrées dans les zones ouest et nord de la nécropole. Leur traitement funéraire reprend une partie de celui documenté pour les adultes : ils font l'objet d'inhumations primaires majoritairement individuelles dans des fosses peu profondes, souvent en position de décubitus latéral, et fréquemment orientés avec la tête à l'est et au nord-est. D'autres caractéristiques traduisent cependant une plus grande variabilité des dispositifs pour cette classe d'âge : les orientations du corps peuvent varier tout comme les positions d'inhumation (décubitus latéral gauche, décubitus dorsal et parfois procubitus). Les grandes différences de traitement par rapport aux adultes résident dans l'absence de matériel traditionnellement retrouvé dans les sépultures de ces derniers. Les tombes ne sont pas dotées de céramiques et les plus jeunes sujets porteurs de bijoux sont déjà âgés de quelques semaines post-partum. Du point de vue de l'aménagement de la tombe, les sujets ne sont pas inhumés sur un lit funéraire, mais dans des fosses qui sont la plupart des cas ajustées au volume du corps. Les positions fréquemment très contractées reflètent cependant un soin particulier accordé au placement du corps dans une position peu naturelle, et indiquent (malgré la laxité de ce dernier) un geste délibéré de la part des opérateurs.

Traitement funéraire des enfants décédés dans les premiers mois et premières années de vie :

On observe une gradation dans le traitement funéraire en fonction de l'âge au décès des individus immatures. Plus les sujets grandissent, plus ils sont susceptibles d'être inhumés avec une partie du dispositif dédié aux adultes. Certains individus décédés dans les premières semaines post-partum peuvent être inhumés avec des vases et des bijoux, les amulettes apparaissant chez les sujets décédés autour de deux mois après la naissance. Le dispositif adulte incluant le lit funéraire n'apparaît cependant que chez les sujets décédés autour de 5 mois post-partum, sans pourtant être présent chez les deux adultes du site. Des différences dans la richesse du matériel sont identifiables, les tombes des sujets les plus âgés n'étant pas forcément mieux dotées que celles des sujets d'âge inférieur. Le sujet S33 âgé de 5 mois post-partum environ est pas exemple inhumé avec de très nombreux objets, alors que la sépulture du sujet S19, décédé

autour de 16 mois post-partum, ne dispose que d'un lit funéraire. Ces différences pourraient relever soit de gestes individuels, soit éventuellement de différences de statut social. Quelle que soit la classe d'âge des individus, les traitements funéraires s'inscrivent dans la continuité des traditions kermas.

Indicateurs de proximités biologiques :

Aucun regroupement entre les individus porteurs de côtes surnuméraires cervicales ou d'autres variations (VANM de la scapula et perforations du germe dentaire) ne présentent de regroupement à l'échelle de la nécropole. Ces éléments ne vont pas dans le sens de l'hypothèse selon laquelle des individus potentiellement proches biologiquement ou atteints d'anomalies manifestes seraient inhumés à proximité les uns des autres.

Conclusion générale et perspectives

“The osteological study of non-adults occurred independently and at a much earlier period than theoretical concepts of childhood in social archaeology, but both have now reached a level of sophistication that should encourage communication and integration of the disciplines. Only then can we develop a fuller understanding of what it was like to be a child in the past” (Lewis, 2007, p. 19).

L’objectif premier de notre étude était la caractérisation de certains aspects de la diversité biologique de la classe d’âge périnatale, dans le but de distinguer les variations relatives à l’âge au décès ou encore à la variabilité individuelle, intra-individuelle ou populationnelle. Il s’agissait, dans un deuxième temps, de chercher de nouveaux critères permettant d’identifier les individus mort-nés ou ayant au contraire survécu quelques temps après leur naissance. Cette information apparaît en effet comme de plus en plus centrale dans les débats relatifs au statut du nouveau-né dans les populations du passé et à leur utilisation en tant que “proxies” de leur environnement.

Considérant ces objectifs, nous avons choisi d’étudier deux corpus. Le premier est un corpus archéologique composé des 54 individus décédés en période périnatale de la collection de la nécropole 8B-51 de l’île de Saï (Kerma Classique, Nord-Soudan), de 27 individus issus de la série de Blandy-les-Tours (X^e-XII^e siècles, France) et de 35 de la série de Provins (XV^e-XVIII^e siècles, France). Avec 116 individus, il s’agit, à notre connaissance, du **plus grand corpus archéologique rassemblé pour cette classe d’âge**. Il a été élaboré afin que sa distribution par âge, ainsi que sa composition géographique et chronologique, permettent d’aborder les problématiques liées aux variations de croissance et à la diversité populationnelle.

Le second corpus était composé des scanners de **364 sujets actuels**, décédés ou non à l'hôpital de la Timone de Marseille (France) et mis à disposition par l'UMR 7268 ADES. Son intérêt, outre ses effectifs importants, était de comporter des données individuelles, biométriques et médicales (*e.g.* âge et sexe, état de morbidité ou de vitalité).

Pour répondre aux objectifs de l'étude a été privilégiée une approche exploratoire et diversifiée, passant par la mise en place d'un important protocole d'étude métrique et non métrique. Il incluait **près de 200 variables métriques** appliquées à l'ensemble des régions anatomiques du squelette, soit documentées dans la littérature scientifique, soit proposées dans la présente étude. Notre approche incluant des tests inter- et intra-observateurs a permis d'évaluer de manière globale la reproductibilité et la répétabilité de l'ensemble de ces mesures, ce qui n'avait, à notre connaissance, jamais été fait. Le protocole d'étude non métrique comptait quant à lui **quatre indicateurs de maturation squelettique** ainsi que **30 variations anatomiques non métriques** ou VANM (déjà documentées ou inédites), parmi lesquelles nous avons proposé de distinguer les variations **pérennes** (présentes dans toutes les classes d'âge jusqu'à l'âge adulte) et les variations **transitoires** (observables dans certaines classes d'âge selon l'avancée des processus de maturation). Pour l'ensemble de ces variables métriques et non métriques ont été élaborés des protocoles détaillés et illustrés devant favoriser une future application à d'autres séries archéologiques ou virtuelles (Cf. annexes 4, 9 et 10).

Pour le corpus virtuel et conformément à nos objectifs d'étude, un protocole centré sur des observations non métriques (la cotation de **côtes surnuméraires cervicales**, de **sept variations anatomiques non métriques** et d'**un indicateur de maturation**) lui a été appliqué, ce qui permis le croisement entre les données biologiques et les données individuelles. Cette approche large nous a permis d'aborder plusieurs aspects de la diversité ostéologique de la classe d'âge périnatale et d'obtenir des réponses aux questionnements posés.

I. Variabilité inter-individuelle, inter-populationnelle et relative à l'âge

I.1. Variabilité inter-individuelle et diversité liée à l'âge

I.1.1. Résultats généraux

Plusieurs résultats ont illustré l'existence d'une variabilité inter-individuelle, c'est-à-dire pour laquelle aucune corrélation ni à l'âge, ni à des facteurs populationnels ne peut être décelée. Dans le corpus archéologique, les résultats des analyses portant sur les **variations anatomiques non métriques** (VANM) tendent à montrer que celles-ci sont **rarement**

associées à l'un des groupes populationnels. Dans les deux corpus toutefois, la présence des VANM transitoires (présentes uniquement à certains stades de maturation squelettique) demeure par définition corrélée à l'âge de l'individu. Des analyses portant sur un échantillon incluant des individus plus âgés pourraient permettre de préciser cette corrélation ainsi que l'intervalle durant lequel ces critères sont présents au cours des processus de développement.

Certaines **dimensions relatives** ont également traduit l'existence d'une **variabilité inter-individuelle**. C'est le cas de celles de la région du bassin (indice de largeur de l'ilium IL3G et indice ischio-pubien IP1G) qui peuvent ensuite, chez les sujets immatures plus âgés, présenter une corrélation à l'état de maturation du squelette (Garcin, 2009). Dans la classe d'âge périnatale, le bassin n'étant soumis à aucune sollicitation mécanique du fait de la marche ni aucune modification physiologique due à la maturation sexuelle, ses proportions semblent donc davantage refléter une diversité individuelle. Comme attendu, des résultats des analyses métriques et non métriques ont mis en valeur une **variabilité corrélée à l'âge au décès de l'individu**. C'est le cas de nombreuses dimensions relatives entre segments osseux du membre supérieur et de sa ceinture, ainsi que des indices de robustesse du membre inférieur, qui varient de manière linéaire avec l'âge. Ces dimensions traduisent les changements de conformation induits par les processus de croissance longitudinale et transversale. La largeur relative de l'extrémité proximale de la clavicule varie par exemple selon l'âge au décès, tandis que celle de l'extrémité distale traduit davantage une variabilité inter-individuelle.

L'étude dans notre corpus d'individus grands prématurés nous a permis de documenter une autre modalité de cette diversité liée à l'âge au décès, identifiable au niveau des indices anthropométriques. Deux indices de proportions relatives entre segments, l'indice huméro-fémoral IH2 et l'indice intermembral IF5, se caractérisent par une **variabilité importante chez les grands prématurés**, alors que les indices des **sujets plus âgés** montrent au contraire une **forte homogénéité**. Ces changements pourraient traduire l'existence au niveau de ces dimensions d'une variabilité des deux dimensions dépendant principalement de facteurs individuels dans les premiers temps de la grossesse (génomes fœtal ou parentaux, caractéristiques physiologiques maternelles, etc.), et précédant **l'acquisition progressive d'un « pattern biométrique standard »** dans la période du terme. L'existence de disparités des dimensions relatives entre les premiers temps de la grossesse et la période approchant du terme est par ailleurs déjà avancée par Warren (1997), qui identifie des longueurs diaphysaires humérale et fémorale similaires pour chaque individu en début de grossesse, puis un allongement relatif du fémur à l'approche du terme (indice huméro-fémoral IH2).

I.1.2. Une perspective : « l'estimation secondaire » des longueurs diaphysaires, une piste pour l'estimation de l'âge osseux ?

Notre protocole a nécessité l'utilisation conjointe d'estimations de l'âge au décès obtenues *via* des longueurs diaphysaires d'éléments osseux différents, ce qui peut constituer un biais dans certaines analyses, et notamment dans les analyses d'indices anthropométriques (*Cf. supra*, chap. VIII). Dans le but d'éviter, dans une certaine mesure, ce biais et de n'utiliser qu'une seule longueur osseuse pour les estimations d'âge, on pourrait discuter l'hypothèse selon laquelle il serait possible d'estimer de manière fiable une longueur (par exemple fémorale) à partir des mesures des autres os longs. Dans ce cadre, il serait possible d'obtenir une « **estimation secondaire** » de cette longueur (sur le même principe que la diagnose sexuelle secondaire), même dans le cas d'un élément osseux absent ou incomplet, ce qui permettrait l'utilisation d'une méthode portant sur une seule longueur et sur un plus grand nombre d'individus. Cette méthode ne serait envisageable que dans deux cas de figure. Dans le premier cas, elle devrait reposer sur l'existence d'une relation mathématique entre les longueurs conservées qui soit constante entre les individus, et non influencée par des facteurs comme la variabilité populationnelle, individuelle ou encore pathologique. Cette relation impliquerait d'identifier un ou plusieurs indices respectant ces prérequis, ce qui n'est pas le cas dans nos résultats qui mettent au contraire en évidence la variabilité multifactorielle des dimensions relatives. Dans le second cas, elle nécessiterait des régressions propres à chaque contexte qui tiendraient précisément compte de ces facteurs de variabilité. Cette option requerrait de documenter de manière extrêmement précise les dimensions relatives d'un échantillon avant d'y appliquer les régressions obtenues avec les correctifs adaptés. Dans les deux cas, l'élaboration d'une telle méthode ne serait toutefois possible qu'à partir d'un corpus d'âge réel ou dentaires absolus connus, et en se fondant sur une connaissance très approfondie de la variabilité et de ses facteurs déterminants.

I.2. Variabilité inter-populationnelle

Nos résultats ont permis de mettre en valeur l'existence d'une variabilité inter-populationnelle au niveau de certaines proportions anthropométriques (*Cf. supra*, chap. VIII), dont en particulier les indices de robustesse ainsi que les diamètres des extrémités proximales et distales. Les sujets **kermas** apparaîtraient donc comme **plus** « **élancés** » que les sujets **médiévaux**, lesquels présentent une architecture squelettique **plus** « **trapue** ». Il est intéressant de noter que ces résultats concordent dans une certaine mesure avec ceux observés, dans des

contextes archéologiques certes différents, par Garcin (2009) dans sa comparaison d'individus immatures issus de populations urbaines et rurales de France et de République tchèque. L'auteur remarque en effet que les largeurs distales de l'humérus et du tibia sont plus larges chez les individus issus de populations urbaines, comme c'est le cas dans notre corpus pour les individus de Blandy-les-Tours et Provins. Des études complémentaires incluant des sujets immatures plus âgés et des adultes des mêmes contextes seraient nécessaires pour identifier si cette tendance se maintient plus tard, au fur et à mesure des phénomènes de maturation et de croissance. Cette approche est directement envisageable pour de futures études sur le site de Provins pour lequel des adultes ont été exhumés, tandis que la comparaison avec des sujets plus âgés kerma pourrait être envisagée grâce aux fouilles des autres sites funéraires de l'île de Saï.

Une variabilité inter-populationnelle a pu être observée de la même manière au niveau de certains caractères non métriques. La **constriction scapulaire**, les côtes surnuméraires cervicales tout comme la **perforation de la face linguale du germe des incisives supérieures**, ne sont identifiées que dans la série de Saï. Pour le premier caractère, des comparaisons avec des sujets immatures et des adultes pourraient, là-encore, être particulièrement informatives. La forte fréquence des côtes surnuméraires cervicales à Saï ne peut pas, quant-à-elle, être directement interprétée en termes de différences inter-populationnelles, dans la mesure où il est fortement envisageable, sur la base des données médicales, que ces éléments osseux aient aussi été présents dans les sépultures de Blandy-les-Tours et Provins, mais qu'ils n'aient pas été conservés ou identifiés à la fouille. Les **insertions musculaires** se sont vues également montrer des différences entre l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval, avec des régions ostéolytiques spécifiques à ce dernier. Dans la mesure où nous avons privilégié l'hypothèse selon laquelle ces ostéolyses seraient induites par l'immobilisation des membres en raison de l'emballotement, ces écarts ne peuvent pas non plus être interprétés au même titre que les autres critères biologiques de variabilité inter-populationnelles. Ce caractère pourrait néanmoins signaler directement des **différences de pratiques et de comportement**. Cela ouvre un certain nombre de perspectives concernant **l'identification d'interactions biologie / culture dès le plus jeune âge**. L'approfondissement de l'étude de la variabilité des insertions musculaires constitue de fait une perspective importante, non seulement à l'échelle du squelette (pour identifier d'autres régions potentiellement réactives à l'immobilisation post-natale), mais également dans d'autres échantillons (dans lesquels la pratique de l'emballotement serait attestée ou non). À terme, cela pourrait permettre de documenter la variabilité spécifiquement biologique des entheses dans cette classe d'âge en écartant ces facteurs culturels.

I.3. Variabilité intra-populationnelle

Plusieurs critères ont plaidé pour l'hypothèse d'une **plus grande proximité biologique entre les sujets de l'échantillon kerma par rapport aux sujets de l'échantillon médiéval**. Pour plusieurs indices anthropométriques, et en particulier les dimensions relatives des extrémités proximales des membres supérieurs, l'ampleur de la variabilité (représentée par les extrémités des *boxplots*) est supérieure dans l'échantillon médiéval (figure 246). La diversité s'est révélée plus grande dans l'échantillon kerma pour une seule dimension relative uniquement, l'indice de largeur distale du tibia (IT5).

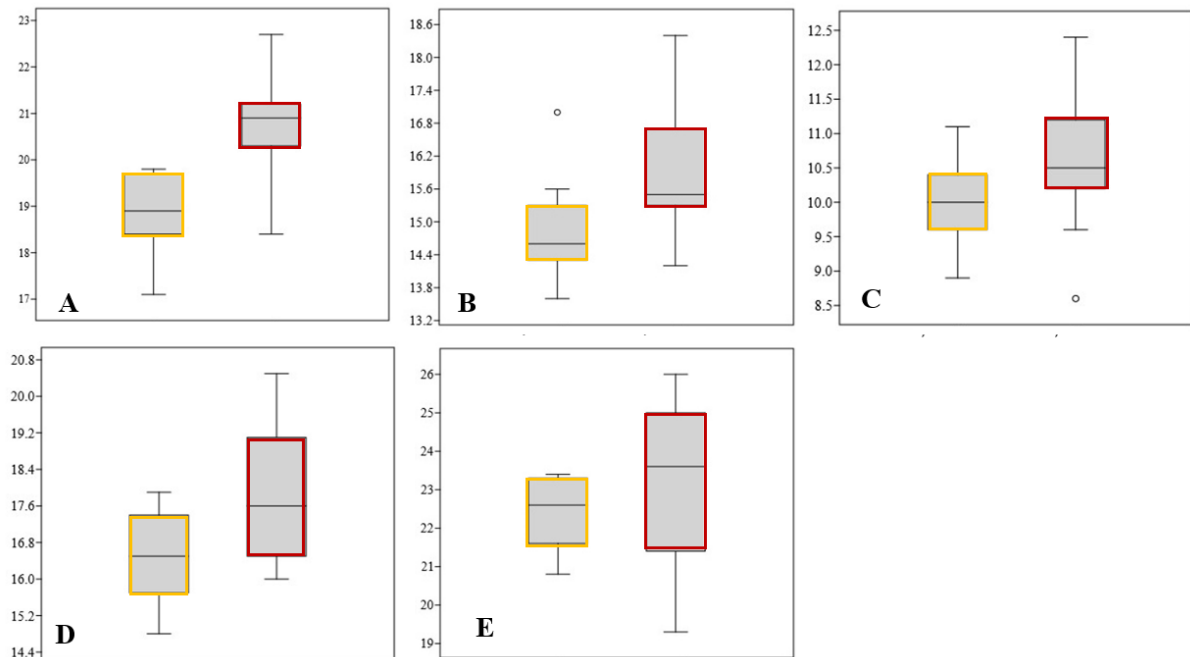


Figure 242. A : indice IH4, Indice de largeur proximale de l'humérus, B : indice IU2 Indice de largeur proximale de l'ulna, C : indice IR3-G indice de largeur proximale ; D : indice IR4-G Indice de largeur distale du radius ; E : indice IT4-G Indice de largeur proximale du tibia, en jaune : distribution des sujets kermas, en rouge : distribution des sujets médiévaux

Les analyses non métriques ont également appuyé cette hypothèse. Si plusieurs VANM (*epispinus notch*, constriction scapulaire) montrent des fréquences plus élevées dans l'échantillon kerma, les caractères de la **perforation du germe dentaire** et des **côtes surnuméraires cervicales** sont à considérer comme des indicateurs de proximité biologique. Pour la perforation du germe, même dans le cadre d'une perturbation mécanique des activités des améloblastes, la récurrence du trait au même endroit sur trois individus différents est un élément en faveur d'une proximité biologique forte, d'autant plus que les processus d'élaboration des tissus dentaires sont identifiés comme faiblement variables. La présence de nombreuses côtes surnuméraires cervicales va également dans le sens d'une proximité biologique importante des individus de l'échantillon soudanais. Si cette forte fréquence reflète

la présence d'anomalies du développement d'origine génétique (hypothèse que nous privilégions), ces dernières peuvent être favorisées par une diversité génétique réduite, ce qui ne contrevient pas à l'hypothèse (qui ne peut pas être exclue en l'état actuel de notre étude) selon laquelle le caractère présente simultanément une composante populationnelle. La présence d'une côte cervicale sur un des adultes du site va par ailleurs dans le sens d'une composante en partie populationnelle.

Une série d'indices a donc permis de suspecter une forte proximité biologique entre les individus de l'échantillon de Saï, proximité que plusieurs hypothèses pourraient expliquer. Il est premièrement envisageable que les sujets soient issus d'un **groupe homogène**, potentiellement isolé par rapport à une population elle-même plus diversifiée. Ce cas peut être rencontré dans le cadre d'un système fonctionnant avec plusieurs classes sociales, dont certaines peuvent être à fonctionnement endogame. Les analyses archéo-anthropologiques des nécropoles de Kerma et de Saï ont montré l'existence à partir du Kerma ancien d'une hiérarchisation sociale structurée autour d'un groupe d'élite (Gratien, 1985 ; Bonnet, 2000). Elle est notamment matérialisée par des superstructures funéraires et un nombre de « morts d'accompagnement » attribués à certains individus (Testart, 2004). Dans ce contexte, il pourrait être envisageable que les sujets immatures de la nécropole 8B-51 soient issus d'une élite locale potentiellement endogame, dont le fonctionnement aurait pu favoriser une diminution de la diversité génétique, l'apparition d'anomalies du développement ainsi qu'une hausse de la mortalité.

La deuxième hypothèse pouvant être avancée pour expliquer la proximité biologique des sujets de l'échantillon kerma est celle d'une **diversité réduite globale de la population**. Divers facteurs comme l'insularité du milieu ou un relatif isolement par rapport au centre populationnel principal de la ville de Kerma seraient à même d'induire une réduction de la diversité biologique du groupe. La fouille d'autres nécropoles de la même période et dédiées aux individus immatures serait ici nécessaire pour discuter l'hypothèse selon laquelle ces sujets auraient pu bénéficier d'un traitement funéraire spécifique par rapport à celui généralement dévolu aux sujets de la classes d'âge périnatales. Les données de comparaison manquent en effet pour envisager que leur dispositif funéraire puisse traduire la possible appartenance à une élite. Des études génétiques et génomiques seraient également intéressantes pour permettre de documenter autant la diversité du *pool* génétique du groupe que de potentiels systèmes de fonctionnement de type endogamique.

L'échantillon médiéval et moderne semble présenter une **diversité plus grande** que celle de l'échantillon kerma, diversité principalement identifiable au niveau des indices anthropométriques. À nouveau, plusieurs hypothèses peuvent être discutées pour expliquer cette variabilité supérieure, la première étant liée à l'origine de l'échantillon. La région de Provins représente en effet à partir du X^e siècle un carrefour commercial à l'échelle européenne ainsi qu'un pôle de mise en nourrice, ce qui pourrait fortement favoriser la diversité biologique locale. Une autre hypothèse est corrélée à l'intervalle chronologique que couvrent les deux séries, entre la fin du X^e et le XVIII^e siècle. Dans la mesure où il est très large, il est envisageable que la variabilité observée pour certaines longueurs relatives puisse refléter des **variations biométriques séculaires**. L'étude biologique d'un nombre plus élevé d'individus pourrait permettre de discuter cette dernière hypothèse, tandis que l'existence d'une forte diversité pourrait être appréhendée, là encore, par des analyses génétiques et génomiques.

Nos analyses ont ainsi apporté des **données inédites relatives à l'impact de multiples facteurs de variabilité** (proximités ou distances biologiques, variations séculaires, pathologies du développement, processus de développement, facteurs génétiques individuels et maternels, pratiques culturelles, etc.) sur la diversité ostéologique des sujets dès le stade périnatal. Ces résultats ont apporté des éléments de réponse aux questionnements du premier axe de la problématique visant à documenter la variabilité ostéologique générale du corpus archéologique, tout comme ils ont été considérés pour les discussions sur la morbidité et vitalité des individus.

II. Critères de vitalité

II.1. Les dimensions relatives, un possible indicateur de vie extra-utérine ?

D'après les résultats des analyses anthropométriques sur le corpus archéologique, certaines dimensions relatives présentent des points d'inflexion de leur droite de régression autour de la période du terme théorique. C'est notamment le cas pour l'indice huméro-fémoral IH2, qui correspond à la longueur maximale de l'humérus relativement à la longueur maximale du fémur (*Cf. supra*, chap. VIII.). Après avoir révélé une grande variabilité jusqu'à 33 s.a. environ (figure 247, ellipse rouge), le rapport entre les deux dimensions tend à se stabiliser jusqu'au terme de la grossesse, avant de diminuer dans les premiers temps de la vie *ex utero* (figure 247, flèche rouge).

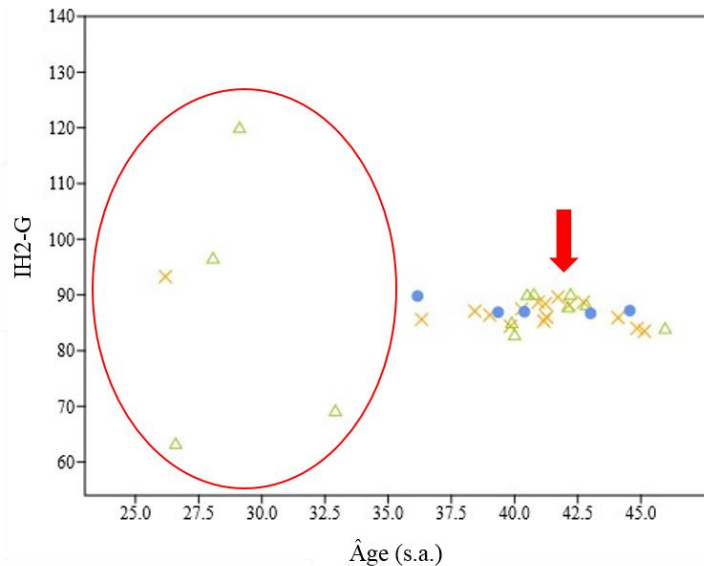


Figure 243. D'après fig. 100 ; distribution de l'indice IH2-G en fonction des âges au décès estimés, les trois échantillons du corpus sont ici distingués avec les individus du site de Saï (croix jaunes), du site de Provins (triangles verts) et du site de Blandy (points bleus). Ellipse rouge : variabilité des cinq individus de moins de 33 s.a., flèche : point d'inflexion

Il apparaît ainsi qu'après le terme théorique, le fémur connaît dans notre corpus une croissance relativement plus rapide que l'humérus. L'existence d'une variabilité des trajectoires de croissance au cours de la grossesse est documentée au niveau de certaines dimensions fœtales (Guihard-Costa et Larroche, 1992 ; Guihard-Costa, 1993, 1994 ; Guihard-Costa *et al.*, 2000). La longueur maximale fémorale connaît par exemple une croissance linéaire jusqu'à la 28^e s.a. avant de ralentir jusqu'à la 36^e s.a. environ (figure 248).

On observe toutefois dans l'échantillon analysé par Guihard-Costa et collaborateurs (2000) entre la 38^e et la 39^e semaine une variabilité importante parmi les individus, la longueur fémorale variant entre 69 (F19) et 78 mm (F22), avant que l'ampleur de la variabilité ne se réduise. On remarque au cours de la 40^e et 41^e s.a. des trajectoires très différentes entre les individus, certains connaissant une croissance forte (F19), d'autre une période de stase (F22), tous acquérant une longueur fémorale entre 74 et 78 mm (figure 248). Plusieurs facteurs rentrent en ligne de compte dans les processus de modulation des dimensions fœtales. Si le patrimoine génétique du fœtus a une action sur la croissance de l'organisme (Dunger *et al.*, 2006), il est cependant très fortement régulé par un facteur non-génétique et non-pathologique, désigné par l'expression de « contrainte maternelle » (Gluckman, 1997 ; Gluckman et Hanson, 2004). Il s'agit d'un ensemble de processus physiologiques maternels et placentaires passant en particulier par le contrôle des apports de nutriments et *via* lesquels la croissance fœtale est limitée. La cinétique de croissance du sujet fait en effet l'objet d'un conflit entre une pression génétique paternelle visant à ce que le sujet naisse avec la stature la plus grande possible (ce

qui optimise ses chances de survie) et une pression phénotypique maternelle ayant pour objectif qu'il conserve des dimensions compatibles avec l'accouchement : "evolution must allow for the mammalian fetus to be delivered vaginally, irrespective of the influence of the paternal/fetal genome. Thus, it is logical to suppose that multiple mechanisms will exist by which maternal factors override of influence the fetus' genomically determined growth trajectory" (Gluckman et Hanson, 2004, p. 420). Selon les auteurs, l'environnement maternel (stature, dimensions utérines, etc.) constituerait ainsi une contrainte majeure pour la croissance fœtale.

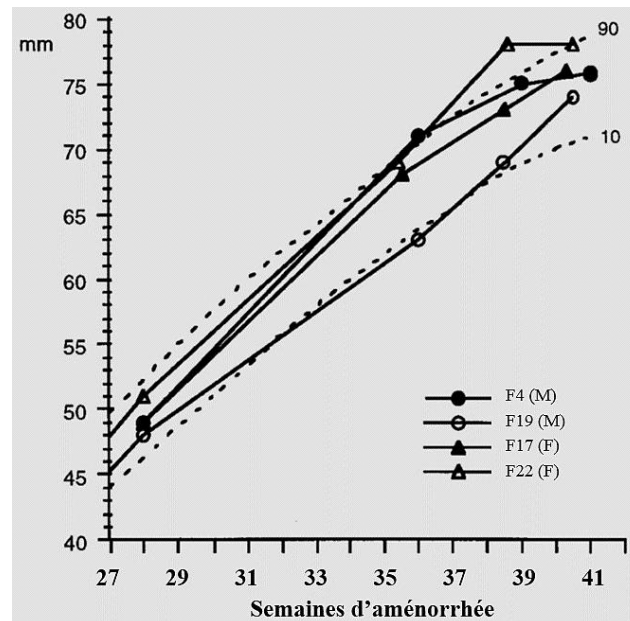


Figure 244. Courbes de croissance de la longueur fémorale de 4 fœtus (F) en bonne santé au cours du troisième trimestre de grossesse. En pointillés : 10^e et 90^e percentiles de la population de référence, modifié d'après Guihard-Costa et al (2000, p. 9)

En discutant nos résultats obtenus sur l'indice huméro-fémoral IH2 à l'aune de ces travaux, on a pu émettre l'hypothèse selon laquelle la tendance observée dans le corpus archéologique à l'issue de la période du terme théorique (une croissance plus forte du fémur par rapport à l'humérus) pourrait correspondre à une **modification de la trajectoire de croissance** de cette dimension relative, **induite par le changement d'environnement**. Après la naissance, l'individu n'étant plus soumis à la pression de régulation maternelle, il peut alors poursuivre son développement en fonction de son patrimoine génétique et de ses conditions de vie (état sanitaire, apports nutritionnels, etc.).

Selon cette hypothèse, et en replaçant un individu dans la variabilité de la classe d'âge périnatale, il pourrait être possible de distinguer si ses proportions correspondent davantage à celles des sujets au stade fœtal ou à celles des sujets ayant déjà fait l'objet de dynamiques de croissance extra-utérines, ce qui revient à **utiliser ces dimensions relatives comme des indicateurs de survie post-partum**. Cette perspective devra être approfondie en travaillant sur

des corpus plus larges et pour lesquels l'estimation de l'âge serait idéalement réalisée sur des critères différents des longueurs diaphysaires, la meilleure option demeurant l'obtention d'un âge dentaire absolu et l'identification de la ligne néo-natale.

II.2. La mécano-sensibilité des enthèses, une piste pour l'identification de marqueurs de vitalité ?

Comme développé précédemment, nous avons privilégié pour les atteintes mises en évidence au niveau de la région bicapitale du radius l'hypothèse d'une hyperostéolyse d'immobilisation induite par des pratiques de contention post-natale. Il s'agit donc de ce qu'on pourrait appeler un « **marqueur d'inactivité** » **du membre**, qui, en se développant autour de deux semaines post-partum, constitue également un indicateur de vitalité à la naissance. Cette hypothèse devra être approfondie en étudiant l'évolution de cette atteinte chez des individus plus âgés et en la mettant en parallèle avec les données historiques disponibles sur les différents types d'emballotement en fonction de l'âge. L'analyse de sujets issus de contextes différents pourra également permettre de discuter l'impact potentiel d'autres types de contention, notamment plus lâches. L'étude d'autres régions anatomiques d'insertion associée à l'acquisition de données scanners devra permettre de savoir si l'atteinte peut être identifiée de manière plus discrète, dans d'autres régions anatomiques squelettiques. Une perspective importante sera d'associer des observations macroscopiques de surface avec des analyses microstructurales de la région d'insertion. L'hypothèse selon laquelle le changement d'environnement biomécanique induit par la naissance pourrait être signalé par une évolution de la micro-architecture trabéculaire est en effet proposée par Colombo (2014). Si cette hypothèse de modification micro-architecturale est confirmée, l'observation conjointe de la surface corticale des enthèses et des trabécules sous-jacentes pourrait permettre d'améliorer la « lisibilité » du signal produit par la naissance vivante.

III. Critères de morbidité

III.1. Les côtes surnuméraires cervicales, un indicateur à exploiter dans de futures études

Notre étude a permis l'identification d'un **critère de morbidité**, à notre connaissance, **inédit en contexte archéologique : les côtes surnuméraires cervicales**. La comparaison des fréquences observées dans l'échantillon de Saï avec les données de la littérature médicale nous permet d'avancer cette hypothèse pour expliquer la récurrence de ce trait dans la série kerma, tout en préservant l'hypothèse d'une composante populationnelle de ce caractère.

L'étude des côtes sur os sec permet également une approche originale de la **variabilité morphologique** de ces éléments pour la classe d'âge périnatale, variabilité qui était aussi, en l'état actuel de nos recherches bibliographiques, non documentée. Cette approche est en effet difficilement réalisable sur des séries actuelles, soit parce que les observations directes (par exemple en cas d'autopsies) sont peu envisageables pour des raisons éthiques, soit parce que l'étude sur scanners pose des problèmes de précision. Le croisement des fréquences de la série virtuelle de Marseille avec les données individuelles (âge et sexe) et médicales (état de santé et de vitalité à la naissance) disponibles confirme quant à lui le lien existant entre morbidité et présence de côtes cervicales dans un échantillon actuel. Le détail de ces données a permis d'obtenir des **résultats inédits** concernant les **fréquences de ce caractère en fonction des différentes causes de mortalité**.

Les perspectives d'études sont multiples, avec en premier lieu la poursuite de la documentation du caractère dans d'autres séries archéologiques. Cette étude passera nécessairement par une attention accrue portée à la reconnaissance de ces éléments sur le terrain, et permettra d'accroître les données concernant leur diversité morphologique. Lorsque les côtes sont conservées et prises en compte, il s'agit d'un **critère de morbidité directement et relativement facilement identifiable en pratique**, ce qui lui confère une **valeur informative cruciale** dans les analyses individuelles autant que populationnelles. D'un point de vue biologique, la mise en place d'études longitudinales permettrait d'aborder à la fois la maturation des éléments costaux au cours de l'enfance et la question de la correspondance entre les morphologies observées chez les individus immatures et les adultes. La recherche d'autres critères de morbidité serait également un axe à investir afin de discuter la présence d'individus mort-nés dans les échantillons issus des populations du passé.

Si les caractères comme la côte surnuméraire lombaire ou la réduction du gril costal n'ont pas semblé être associés de la même manière que les côtes cervicales aux anomalies du développement, la question peut en revanche se poser pour les **côtes bifides**. Elles sont observées sur deux individus de manière bilatérale et unilatérale dans le corpus virtuel (Cf. *supra*, chap. X, II.2.), tous les deux porteurs d'anomalies graves. Des études complémentaires sur un corpus actuel plus grand et documenté seraient à même de confirmer si ces côtes bifides peuvent effectivement être formellement considérées comme des critères de morbidité.

III.2. Les asymétries, un critère de morbidité à investir

L'étude des **asymétries** métriques a permis de documenter la variabilité intra-individuelle de l'échantillon archéologique d'individus décédés en période périnatale. Il s'agit, à notre connaissance, de la **première étude** de ce type de variable dans un corpus d'individus décédés en période périnatale **appartenant à des populations du passé**. Comparativement aux travaux menés sur des séries actuelles, notre étude se distingue également par le **nombre bien supérieur de variables analysées**.

S'il ne semble pas exister de différence en termes de « quantité » d'asymétries entre l'échantillon kerma et l'échantillon médiéval, cela ne remet pas en cause la possibilité d'une interprétation relative aux perturbations du développement. Des études intégrant les mêmes variables et portant sur d'autres échantillons seraient nécessaires pour discuter de la validité de ces observations en termes de critère de morbidité dans les populations du passé. En comparant des échantillons actuels représentatifs d'une population « naturelle » théorique (incluant des nouveau-nés survivants), il serait possible d'en déduire si le corpus archéologique (et en particulier l'échantillon kerma avec la fréquence de côte cervicales élevée) montre effectivement un taux d'asymétries fluctuantes supérieur au taux attendu dans le cadre d'une population non spécifiquement exposée aux perturbations du développement. De même, l'analyse d'un corpus spécifiquement identifié comme confronté à ces perturbations, comme par exemple des sujets immatures ayant évolué dans une région particulièrement polluée, offrirait une possibilité pertinente de comparaison. Dans tous les cas, nos résultats fournissent **les premières données relatives aux asymétries fluctuantes et directionnelles pouvant être attendues** dans le cadre de l'étude d'un **échantillon archéologique** de sujets décédés en période périnatale, et peuvent constituer un référentiel pour de futures analyses.

Les études sur des échantillons archéologiques ne pourraient cependant se limiter à des comparaisons avec des collections actuelles, dans la mesure où il existe de grandes différences au niveau des facteurs de perturbation du développement entre les populations récentes (deuxième moitié du XX^e siècle) et les populations anciennes. Certains facteurs doivent en effet être particulièrement pris en considération pour ces dernières, dont en premier lieu l'exposition *in utero* à l'alcool par l'intermédiaire de la consommation maternelle, dont il semble que l'impact doive être particulièrement pris en compte dans de futures études. La comparaison des taux d'asymétrie fluctuante des échantillons archéologiques ne peut donc pas être réalisée sans nuance avec les données acquises sur les populations actuelles issues de pays à haut niveau de

prévention. Pour ces dernières, l'alcoolisation fœtale reste un facteur perturbateur important mais non généralisé (Dumas *et al.*, 2014).

Les sujets actuels sont soumis à de très nombreux autres facteurs (polluants environnementaux, médicaments, etc.), susceptibles d'induire des perturbations du développement et cette fois beaucoup moins fréquents dans les environnements antérieurs (Cf. *infra*, chap. II, III.2.). L'analyse d'échantillons issus de contextes spécifiquement documentés constituerait donc une perspective nécessaire pour l'étude des asymétries en tant que critère de morbidité dans les populations anciennes. Outre son potentiel informatif pour les analyses biologiques individuelles, la prise en compte de ce critère représenterait une source capitale de données concernant la caractérisation de l'environnement des populations étudiées.

Les asymétries pouvant être influencées par d'autres facteurs (notamment mécaniques et fonctionnels) dans les classes d'âge supérieures, **seuls les résultats des analyses portant spécifiquement sur les individus décédés en période périnatale peuvent ainsi potentiellement permettre d'appréhender les pressions environnementales subies par le groupe entier, ce qui leur confère une valeur informative centrale.**

III.3. Et les asymétries des caractères non métriques ?

Dans la perspective théorique d'un développement optimal de l'organisme, on peut postuler que des structures bilatérales se développant sous l'action du génome et dans le même environnement sont censées être identiques (Klingenberg, 2015). La question d'une influence de facteurs perturbateurs pourrait donc légitimement se poser face aux cas de dissymétrie de caractères non métriques, et en particulier pour les variations qui ne se retrouvent pas à l'âge adulte, comme les variations anatomiques non métriques transitoires ou les indicateurs de maturation.

Concernant les indicateurs de maturation que sont les points de Béclard et de Todd, nos analyses montrent que dans le corpus virtuel (comportant pourtant une forte proportion de sujets atteints d'anomalies du développement), les cas de symétrie sont très majoritaires (98,8 %). Aucune maturation différentielle significative des points d'ossification en fonction du statut de vitalité du sujet ou de la présence d'anomalies du développement n'est, de plus, identifiée. Ces résultats tendent à montrer que **les dissymétries au niveau de ces caractères de maturation, lesquels s'expriment nécessairement à un moment des processus de maturation, ne semblent pas pouvoir être interprétées comme des critères de morbidité.**

En ce qui concerne les VANM, on remarque que certaines, **pérennes**, s'expriment majoritairement de manière bilatérale. C'est le cas pour l'*epispinus notch* et la constriction scapulaire, caractères bilatéraux dans tous les cas dans le corpus archéologique, et dans presque tous les cas dans le corpus virtuel. Pour ce dernier, un individu sur trois porteurs de la constriction scapulaire et un individu sur neuf porteurs de l'*epispinus notch* font exception, ce qui pourrait traduire un biais de cotation dû au support virtuel. Les résultats sont plus contrastés pour les VANM pérennes touchant le gril costal (réduction ou augmentation du nombre de côtes au niveau lombaire, côtes bifides), où les caractères sont asymétriques dans environ la moitié des cas. L'association entre côtes bifides et anomalies du développement existe dans le corpus virtuel, même si des études complémentaires seraient nécessaires pour déterminer si l'asymétrie de cette variation pourrait constituer également un marqueur de morbidité.

Les dissymétries sont en revanche beaucoup plus fréquentes au niveau des VANM **transitoires** observables dans le corpus archéologique, et en particulier au niveau des caractères de la *pars lateralis* (Cf. *supra*, chap. X, I.1.1.2.). Même si les sinuosités postérieure et antérieure ainsi que l'épine distale de la branche jugulaire restent majoritairement bilatérales (à 57, 63 et 73 %), l'épine et le pont latéraux ainsi que le canal condyloïde incomplet ou absent sont des caractères majoritairement unilatéraux (à 71, 80, 100 et 78 %).

Une perspective importante résiderait donc dans la cotation de ces caractères transitoires de la *pars lateralis* dans des échantillons actuels documentés, pour lesquels une **association avec des anomalies du développement ou un taux de mortalité supérieur pourrait être discutée**. Ces résultats permettraient de savoir si certaines de ces asymétries non métriques à l'expression variable seraient à même d'être considérées comme des indicateurs de morbidité. Si c'était le cas pour les caractères de la *pars lateralis*, il s'agirait d'une donnée particulièrement appréciable en contexte archéologique, puisque cet élément osseux est souvent bien conservé.

Avec les changements de trajectoire de croissance, la mécano-sensibilité des enthèses, les asymétries fluctuantes et les côtes surnuméraires cervicales, nos analyses ont permis d'identifier ou de suspecter l'existence de critères de vitalité ou de morbidité dans les corpus archéologique (osseux) et actuel (virtuel), répondant ainsi au second axe de la problématique d'étude.

IV. Statut des individus décédés en période périnatale dans les populations de Blandy-les-Tours, Provins et Saï

Les critères de vitalité classiques (*Cf. supra*, chap. III, II) et ceux proposés dans la présente étude n'ont pas une précision suffisante pour permettre d'identifier avec certitude des sujets mort-nés dans les trois séries archéologiques. En l'état actuel de notre travail, il apparaît que les ostéolyses d'immobilisation ainsi que les inflexions de trajectoire de croissance relative signalent une survie de deux semaines post-partum environ. Selon cette hypothèse, il existe un écart entre la naissance et l'apparition du caractère. Ce délai pourrait correspondre à un changement du facteur déterminant majoritaire, qui passerait d'une influence génétique fœtale et maternelle à une influence davantage mécanique. Ces résultats ne contreviennent pas au postulat de la présence de mort-nés dans l'échantillon archéologique, ce qui **va dans le sens de l'hypothèse d'un fonctionnement sous la forme d'un sanctuaire à répit** pour les sites de Blandy-les-Tours et Provins (Delattre, 2008 ; Portat, 2018).

Concernant la série kerma, le croisement des données biologiques et archéologiques a permis de poursuivre l'étude archéo-anthropologique grâce à l'élaboration d'un Système d'Information Géographique. Le site s'étendait sur 150 m² à l'extrémité d'un ouadi de l'est de l'île de Saï, et avait pour particularité d'être dédié aux sujets immatures. Il a en effet livré les tombes de 66 individus, dont 54 décédés en période périnatale, 10 enfants en bas âge et deux adultes. La base de données de terrain a été reprise et complétée avec les données de l'étude biologique, tandis qu'un catalogue de sépultures complet a été réalisé. L'étude a confirmé et approfondi certains résultats de Murail et collaborateurs (2004) et Maureille et collaborateurs (2006), en mettant notamment en évidence l'existence d'une organisation spatiale du site en fonction de l'âge au décès. Les enfants les plus âgés sont plutôt inhumés dans la partie sud et sud-est de la nécropole, tandis que les sous-classes des grands-prématurés, prématurés légers, sujets périnatals stricts et nourrissons sont davantage regroupés dans sa partie nord et nord-ouest. L'analyse a montré pour les traitements funéraires des caractéristiques communes à l'ensemble des sous-classes d'âge immatures. À l'exception de quelques rares cas où cela a pu être discuté, tous font l'objet d'inhumations individuelles primaires. Ils sont déposés en pleine terre dans des fosses à l'architecture soignée, majoritairement ajustées au volume du corps. Les sujets sont plutôt orientés vers l'est et le nord-est, fréquemment en position de décubitus latéral droit (position habituellement documentée pour les adultes au Kerma classique). Les deux individus adultes inhumés aux extrémités nord et sud de la nécropole et, de manière surprenante,

ne bénéficient pas du dispositif habituel documenté pour cette période, ce qui pose la question de leur statut par rapport au groupe dont ils sont issus.

Nos analyses ont mis en évidence que les inhumations de sujets décédés en période périnatale se distinguent par plus grande variabilité dans les attitudes corporelles, avec des orientations et des positions plus diversifiées que les sujets plus âgés. Une différence de considération de l'individu par le groupe semble apparaître au cours des mois qui suivent la naissance, sans que le changement soit pour autant associé à un âge précis. Plus l'individu est âgé, plus l'aménagement de la sépulture acquiert des éléments du dispositif classique attribué aux adultes (lit funéraire, céramiques, amulettes). Il semble progressivement traité comme l'adulte qu'il aurait dû être, point commun que l'on retrouve en aval de la vallée du Nil, dans la civilisation égyptienne. Malgré le fait que les sujets décédés en période périnatale ne se voient pas attribuer strictement le même traitement que les sujets immatures plus âgés et les adultes des autres sites de la même période, tous les résultats témoignent du soin tout particulier dont ils ont fait l'objet, y compris pour les grands prématurés dont la vitalité à la naissance n'est pourtant pas assurée. Les indices d'une attention particulière portée aux petits défunts sont nombreux, à l'échelle de l'ensemble des individus (gestes communs pour l'élaboration soignée de la fosse et la position souvent contrainte), tout comme à l'échelle individuelle (*e.g.* dépôt isolé de morceau de faune).

L'étude biologique a par ailleurs mis en évidence une forte fréquence de côtes surnuméraires cervicales, critère anatomique souvent associé un mauvais état de santé et à la présence de pathologies graves d'après des études récentes. La récurrence de ce caractère laisse penser qu'une partie des sujets a pu être atteinte d'anomalies du développement. D'après nos observations, il n'existe pas d'éléments en faveur de l'existence d'un traitement funéraire spécifique dévolu à ces individus, dont certains pourraient présenter des pathologies visibles. Des études complémentaires, notamment génétiques, constitueraient une perspective intéressante pour identifier si certains sujets auraient effectivement pu présenter des anomalies génétiques causant des handicaps manifestes. Ces données apporteraient des éléments particulièrement importants par rapport à la question de la prise en charge des plus individus les plus faibles dans cette société de l'Antiquité. Les traitements funéraires des sujets décédés en période périnatale inhumés sur ce site du Kerma classique apparaissent ainsi éloignés des schémas catégoriques pouvant décrire une absence d'intérêt pour le décès des tout-petits (Ariès, 1960). Les données montrent au contraire que ces derniers, même s'ils ne sont pas considérés comme des individus au même titre que les sujets plus âgés, bénéficient d'un statut à part entière

dans la société Kerma. L'attention particulière portée au défunt est visible dès le plus jeune âge, tandis que **l'acquisition d'une identité sociale** paraît avoir lieu progressivement, **au gré des semaines et mois de vie suivant la naissance.**

V. Perspectives : diversité des temps passés et diversité émergente

L'ensemble de nos résultats a contribué à montrer le **potentiel informatif de l'étude biologique des individus décédés en période périnatale**, et ce à l'échelle individuelle comme à l'échelle du groupe. Du point de vue de l'étude des populations du passé, les perspectives de travail sont nombreuses et dépendent en premier lieu du développement et de la « démocratisation » de certaines méthodes. L'obtention d'un âge dentaire absolu (*Cf. supra*, chap. V, II,1.) et l'observation de la ligne néonatale sont à mettre au premier plan dans les futurs travaux, de même que la détermination du sexe avec par exemple la méthode d'analyse d'acides de surface dentaires développée par Stewart et collaborateurs (2017). Des analyses paléogénétiques seraient à envisager en particulier sur la série de Saï, afin de discuter des affinités biologiques entre les individus et de comparer ces résultats avec ceux obtenus dans notre étude. Toutes ces données nous permettront d'investir les études biologiques et archéo-anthropologiques à une échelle plus fine, en apportant des éléments aux discussions relatives aux proximités intra-populationnelles ainsi qu'aux critères de morbidité et de vitalité.

Du point de vue de l'étude des populations actuelles et futures, la perspective principale intéressera **l'analyse de l'impact des changements récents de l'environnement global sur la diversité biologique des sujets décédés en période périnatale**. Depuis la seconde moitié du XX^e siècle, on observe en effet une évolution de très grande ampleur par rapport aux facteurs déterminants ayant prédominé dans les populations anciennes. Pendant des millénaires, les sujets aux stades foetal et post-natal étaient exposés sans détours à l'influence des pathologies maternelles ou individuelles, des conditions climatiques ou encore de la malnutrition (*Cf. supra*, chap. II III.2.). On assiste cependant aujourd'hui au creusement des disparités entre les populations à faibles revenus, lesquelles subissent encore ces facteurs de stress, et les populations à haut niveau de développement économique, pour qui leur impact est considérablement réduit. Toutes sont cependant soumises à l'apparition massive de nouveaux facteurs de variabilité, dont font partie les perturbateurs du développement et les pathologies émergentes. Les agents tératogènes ou les médicaments et leurs effets secondaires sont à prendre en compte comme des nouveaux facteurs de variabilité pour les sujets en période périnatale. Les pollutions de l'environnement (intrants agricoles, rayonnement nucléaire, etc.),

peuvent ainsi induire des mutations ou des perturbations du système endocrinien. Un lien direct a par exemple été mis en évidence entre la pollution de l'air aux particules fines et l'apparition d'anomalies congénitales, la baisse du poids à la naissance et la prématurité (Bell *et al.*, 2007 ; Wu *et al.*, 2009 ; Padula *et al.*, 2013). La prise de certains médicaments utilisés pendant la grossesse peut constituer également une source d'effets secondaires graves sur le fœtus, souvent identifiés ou reconnus *a posteriori*. Les affaires de la Thalidomide administrée entre 1950 et 1960, ou encore de la Dépakine (qui n'a été déconseillée aux femmes enceintes qu'à partir de 2006) en témoignent (Mellin et Katzenstein, 1962 ; Kabbash *et al.*, 1998). Alors que dans une partie des systèmes de santé on constate une diminution du nombre d'individus porteurs d'anomalies majeures allant jusqu'au terme de la grossesse (les pathologies, plus fréquemment dépistées, menant souvent à l'interruption spontanée ou médicale de la gestation), l'impact sur la diversité squelettique de ces facteurs plus ou moins « discrets » demeure extrêmement difficile à évaluer. **On peut avancer l'hypothèse selon laquelle l'augmentation de ces perturbations du développement pourrait se traduire par la hausse de la « micro-variabilité »**, et peut-être en premier lieu l'accroissement des asymétries fluctuantes. L'apparition d'hétérochronies du développement, un changement dans la chronologie et le taux de développement (McNamara, 2002) pourrait également jouer un rôle. Outre ces facteurs perturbateurs, l'impact de tendances séculaires mises en évidence par des études médicales, comme l'augmentation de la taille à la naissance en lien avec l'augmentation de la taille parentale, devra être considéré (Thi Hop, 2003).

Au-delà de ces perturbateurs environnementaux, les évolutions des comportements rentrent tout autant en jeu dans les évolutions de la diversité biologique. La médicalisation accrue donne l'opportunité de contrer la portée de certaines maladies, tandis qu'elle implique une certaine « normalisation des pratiques ». En contexte hospitalier, il n'est par exemple plus concevable de laisser se poursuivre une grossesse au-delà de 41 ou 42 s.a., prolongement impliquant une hausse du risque de mortalité maternelle et fœtale (Vercoustre, 2008) et qui doit avoir un impact. La mondialisation des échanges implique, de plus, une transmission toujours plus rapide des pathogènes comme celui du virus Zika, responsable d'anomalies graves du développement *in utero* (Sarno *et al.*, 2016 ; Ebuenyi *et al.*, 2018 ; Soriano-Arandes *et al.*, 2018). L'investissement scientifique de la variabilité biologique des sujets, décédés ou non, en période périnatale représente donc une perspective de recherche fondamentale, autant pour parvenir à dépeindre l'identité des tout-petits dans le passé que pour tenter d'en appréhender l'avenir.

Bibliographie

- Adalian P. (2001)** *Évaluation multiparamétrique de la croissance fœtale - Applications à la détermination du sexe et de l'âge*. Thèse de doctorat, Université de la Méditerranée Aix-Marseille II.
- Adalian P et Boutin-Forzano S. (2001)** « Estimation du sexe fœtal à partir de l'ilium ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 13, p. 61–73.
- Adalian P, Piercecchi-Martia M-D, Bourlière-Najeanc B, Panueld M, Leonettia G et Dutour O. (2002)** « Nouvelle formule de détermination de l'âge d'un fœtus ». *Comptes Rendus de Biologie de l'Académie des Sciences de Paris* 325, p. 261–269.
- Adams JC et Hamblen DL. (2007)** Adam's Outline of Fractures, Including Joint Injuries. AHRW Simpson, Edimbourg.
- Adson AD et Coffey AW. (1927)** Cervical rib: a Method of Anterior Approach for Relief of Symptoms by Division of the Scalenus Anicus. *Annals of Surgery* 85, p. 839–857.
- Akiyoshi T. (1976)** Studies on Fetal Bone Extremities and the Derivation of an Equation for Estimating Fetal Body Length. *Acta Medica Nagasakiensia* 20, p. 15–28.
- Albert AM et Greene DL. (1999)** Bilateral Asymmetry in Skeletal Growth and Maturation as an Indicator of Environmental Stress. *American Journal of Physical Anthropology* 110, p. 341–349.
- Albert J-P et Midant-Reynes B. (2005)** *Le Sacrifice humain en Égypte ancienne et ailleurs*. Études d'égyptologie, vol. 6. Éditions Soleb, Paris.
- Alesan A, Assumpcio A et Simo C. (1999)** Looking into the Demography of an Iron Age Population in the Western Mediterranean. I. Mortality. *American Journal of Physical Anthropology* 110, p. 285–301.
- AlQahtani SJ, Hector MP et Liversidge HM. (2010)** Brief Communication: The London Atlas of Human Tooth Development and Eruption. *American Journal of Physical Anthropology* 142, p. 481–490.
- Ananth CV et Wen SW. (2002)** Trends in Fetal Growth Among Singleton Gestations in the United States and Canada, 1985 Through 1998. *Seminars in Perinatology* 26, p. 260–267.
- Anbazzhagan R et Raman V. (1997)** Homeobox Genes: Molecular Link Between Congenital Anomalies and Cancer. *European Journal of Cancer* 33, p. 635–637.

- Anderson BE. (1989)** Immature Human Skeletal Remains from Homol'ovi III. *KIVA - Journal of Southwestern Anthropology and History* 54, p. 231–244.
- Angel JL. (1966)** Early Skeletons from Tranquillity, California. *Smithsonian Contributions to Anthropology* 2, p. 1–19.
- Anson BJ, Bast TH et Richany SF. (1955)** The Fetal and Early Postnatal Development of the Tympanic Ring and Related Structures in Man. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology - Scientific Papers of the American Otological Society* 76, p. 802–823.
- Antonov AN. (1947)** Children Born During the Siege of Leningrad in 1942. *The Journal of Pediatrics* 30, p. 250–259.
- Ariès P. (1960)** *L'enfant et la vie familiale sous l'Ancien Régime*. Éditions du Seuil, Paris.
- Ariès P. (1973)** *L'enfant et la vie familiale sous l'Ancien Régime*, 2^e édition. Éditions du Seuil, Paris.
- Ariès P. (1975)** *Essais sur l'histoire de la mort en Occident du Moyen Age à nos jours*. Éditions du Seuil, Paris.
- Ariès P. (1977)** *L'Homme devant la mort*. Éditions du Seuil, Paris.
- Arkell. AJ. (1949)** *Old stone age in the Anglo-Egyptian Sudan*. Sudan Antiquities Service, Occasional Papers n°1, John Bellows, Khartoum, Soudan.
- Armelagos GJ, Goodman AH, Harper KN et Blakey ML. (2009)** Enamel Hypoplasia and Early Mortality: Bioarcheological Support for the Barker Hypothesis. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 18, p. 261–271.
- Assmann J. (2011)** *Death and salvation in ancient Egypt*. Cornell University Press, Ithaca et Londres.
- Auerbach BM et Ruff CB. (2006)** Limb Bone Bilateral Asymmetry: Variability and Commonality Among Modern Humans. *Journal of Human Evolution* 50, p. 203–218.
- Aufderheide AC, Rodriguez-Martin C et Langsjoen O. (1998)** *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*, vol 478, Cambridge University Press, Cambridge.
- Azim M. (1975)** Quatre campagnes de fouilles sur la Forteresse de Saï, 1970-1973, 1^{ère} partie : l'installation pharaonique. *Cahier de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille, Université Charles de Gaulle - Lille III (CRIPEL)* 3, p. 91–125.
- Babson SG, Behrman RE et Lessel R. (1970)** Fetal Growth: Liveborn Birth Weights for Gestational Age of White Middle Class Infants. *Pediatrics* 45, p. 937–944.
- Bacqué M-F. (1998)** *Deuil et famille : le point de vue systémique*. Cahiers critiques thérapie familiale : Deuil et famille 20.
- Badyaev AV et Foresman KR. (2000)** Extreme Environmental Change and Evolution: Stress-Induced Morphological Variation is Strongly Concordant with Patterns of Evolutionary Divergence in Shrew Mandibles. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 267, p. 371–377.
- Bagnall KM, Harris PF et Jones PRM. (1984)** A Radiographic Study of Variations of the Human Fetal Spine. *The Anatomical Record* 208, p. 265–270.

- Bailleul-Forestier I, Molla M, Verloes A et Berdal A. (2008)** The Genetic Basis of Inherited Anomalies of the Teeth. Part 1: Clinical and Molecular Aspects of Non-Syndromic Dental Disorders. *European Journal of Medical Genetics* 51, p. 273–291.
- Baills-Talbi N et Dasen V. (2008)** Rites funéraires et pratiques magiques, in F. Gusi, S Muriel et C Olaria, (éds.), *Nasciturus, infans, puerulus vobis mater terra: la muerte en la infancia. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques*, p. 595–618.
- Baker BJ, Dupras TL et Tocheri MW. (2005)** *Osteology of Infants and Children*. Texas A&M University Anthropology Series (Book 12).
- Balthazard T. (1921)** Études anthropologiques sur le fœtus humain. *Annales de Médecine Légale* 1, p. 37–42.
- Barnes E. (1994)** *Developmental Defects of the Axial Skeleton*. University Press of Colorado.
- Barriel V. (2002)** L'enfant de Mezmaiskaya (Caucase) examiné dans une double perspective paléogénétique et paléoanthropologique. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 14, p. 163–191.
- Bautier R-H. (1952)** Les Principales étapes du développement des foies de Champagne. *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, 96^e année*. 96, p. 314–326.
- Bayle P, Braga J, Mazurier A et Macchiarelli R. (2009a)** Dental Developmental Pattern of the Neanderthal Child from Roc De Marsal: a High-Resolution 3D Analysis. *Journal of Human Evolution* 56, p. 66–75.
- Bayle P, Braga J, Mazurier A et Macchiarelli R. (2009b)** Brief Communication: High-Resolution Assessment of the Dental Developmental Pattern and Characterization of Tooth Tissue Proportions in the Late Upper Paleolithic Child from La Madeleine, France. *American Journal of Physical Anthropology* 138, p. 493–498.
- Bell ML, Ebisu K et Belanger K. (2007)** Ambient Air Pollution and Low Birth Weight in Connecticut and Massachusetts. *Environmental Health Perspectives* 115, p. 1118–1124.
- Bello S, Signoli M, Rabino Massa M et Dutour O. (2002)** « Les processus de conservation différentielle du squelette des individus immatures. Implications sur les reconstitutions paléodémographiques ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 14, p. 245-262.
- Benderlioglu Z et Nelson RJ. (2004)** Season of Birth and Fluctuating Asymmetry. *American Journal of Human Biology* 16, p. 298–310.
- Benderlioglu Z, Sciulli PW et Nelson RJ. (2004)** Fluctuating Asymmetry Predicts Human Reactive Aggression. *American Journal of Human Biology* 16, p. 458–469.
- Benjamin M, Evans EJ et Copp L. (1986)** The Histology of Tendon Attachments to Bone in Man. *Journal of Anatomy* 149, p. 89–100.
- Benjamin M, Kumai T, Milz S, Boszczyk B, Boszczyk A et Ralphs J. (2002)** The Skeletal Attachment of Tendons—Tendon 'entheses'. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 133, p. 931–945.
- Benjamin M et McGonagle D. (2009)** Entheses: Tendon and Ligament Attachment Sites. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19, p. 520–527.

- Benjamin M, Qin S et Ralphs JR. (1995)** Fibrocartilage Associated with Human Tendons and Their Pulleys. *The Journal of Anatomy* 187, p. 625–633.
- Benjamin M et Ralphs J. (1997)** Tendons and Ligaments - and Overview. *Histology and Histopathology* 12, p. 1135–1144.
- Benjamin M et Ralphs JR. (1998)** Fibrocartilage in Tendons and Ligaments - an Adaptation to Compressive Load. *Journal of Anatomy* 193, p. 481–494.
- Benjamin M et Ralphs JR. (2000)** The Cell and Developmental Biology of Tendons and Ligaments. *International Review of Cytology* 196, p. 85–130.
- Bennett KA. (1967)** Craniostenosis: a Review of the Etiology and a Report of New Cases. *American Journal of Physical Anthropology* 27, p. 1–9.
- Benomar S et Najdi T. (1998)** « La maladie de Caffey ». *Archives de Pédiatrie* 5, p. 31–34.
- Bernard J. (1952)** « État de la Médecine ». *Les Temps Modernes* 83, p. 527–540.
- Berry AC et Berry R. (1967)** Epigenetic Variation in the Human Cranium. *Journal of Anatomy* 101, p. 361–379.
- Berthon W, Ritemard C, Tihanyi B, Pálfi G, Coqueugniot H et Dutour O. (2015)** Three-Dimensional Microarchitecture of Enthesal Changes: Preliminary Study of Human Radial Tuberosity. *Acta Biologica Szegediensis* 59, p. 79–90.
- Bertram JEA et Swartz SM. (1991)** The ‘Law of Bone Transformation’: a Case of Crying Wolff ? *Biological Reviews* 66, p. 245–273.
- Beunen GP, Rogol AD et Malina RM. (2006)** Indicators of Biological Maturation and Secular Changes in Biological Maturation. *Food and Nutrition Bulletin* 27, p. 244–256.
- Bhutta ZA, Ahmed T, Black RE, Cousens S, Dewey K, Giugliani E, Haider BA, Kirkwood B, Morris SS, Sachdev HPS et Shekar M. (2008)** What Works? Interventions for Maternal and Child Undernutrition and Survival. *The Lancet* 371, p. 417–440.
- Biermann H. (1957)** Die Knochenbildung im Bereich periostaler-diaphysärer Sehnen-und Bandansätze. *Zeitschrift für Zellforschung und mikroskopische Anatomie* 46, p. 635–671.
- Birkner R. (1978)** *Normal Radiologic Patterns and Variances of the Human Skeleton: an X-Ray Atlas of Adults and Children*. Urban & Schwarzenberg.
- Black S, Scheuer L. (1997)** The Ontogenic Development of the Cervical Rib. *International Journal of Osteoarchaeology* 7, p. 2–10.
- Blaizot F, Alix G et Ferber E. (2003)** Le traitement funéraire des enfants décédés avant un an dans l’Antiquité: études de cas. *Bulletins et Mémoires de la Société d’Anthropologie de Paris* 15, p. 49–77.
- Blickman J, Van Die CE et De Rooy J. (2004)** Current Imaging Concepts in Pediatric Osteomyelitis. *European Radiology Supplements* 14, p. 55–64.
- Bogin B. (1999)** *Pattern of human growth*. 2nde édition. Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology 23, Cambridge University Press.

- Bogin B. (2003)** The Human Pattern of Growth and Development in Paleontological Perspective, in JL Thompson, GE Krovitz, AJ Nelson, (éds.) *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*, Cambridge University Press, Cambridge, New York, p. 15-44.
- Bogin B, Kapell M, Silva MIV, Orden AB, Smith PK et Loucky J. (2001)** *How Genetic Are Human Body Proportions?* in P Dasgupta et R Hauspie, (éds.), *Perspectives in Human Growth, Development and Maturation*, Springer, Dordrecht, p. 205–221.
- Bogin B et Smith BH. (2000)** Evolution of the Human Life Cycle, in S Stinson, B Bogin, D O'Rourke, (éds.), *Human Biology: an Evolutionary and Biocultural Perspective*, Wiley-Liss, New York.
- Boisset C et Etancelin P. (1967)** « L'ossuaire de Saint Ayoul ». *Bulletin de La Société d'Histoire et d'Archéologie de l'arrondissement de Provins* 121, p. 139–140.
- Boldsen JL. (2007)** Early Childhood Stress and Adult Age Mortality - a Study of Dental Enamel Hypoplasia in the Medieval Danish Village of Tirup. *American Journal of Physical Anthropology* 132, p. 59–66.
- Bolton-Maggs P et Thomas A. (2008)** Disorders of the Blood and Bone Marrow, in N McIntosh, P Helms, R Smyth, (éds.), *Forfar and Arneil's Textbook of Pediatrics*, Churchill Livingstone, Londres, p. 959-990.
- Bonner JT. (1988)** *The Evolution of Complexity by Means of Natural Selection*. Princeton University Press, Princeton.
- Bonnet C. (1980)** Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan). Rapport préliminaire des campagnes 1978-1980. *Genava*, vol. 26, p. 31–62.
- Bonnet C. (1982)** Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan). Rapport préliminaire des campagnes 1980-1982. *Genava*, vol 30, p. 1–25.
- Bonnet C. (1984)** Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan). Rapport préliminaire sur les campagnes de 1982-1984. *Genava*, vol 32, p. 5–20.
- Bonnet C. (1986a)** *Kerma. Territoire et métropole. Quatre leçons au Collège de France*, vol. 9, Institut Français d'Archéologie Orientale (IFAO), Bibliothèque Générale, Le Caire.
- Bonnet C. (1986b)** Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan). Rapport préliminaire sur les campagnes de 1984-1986. *Genava*, vol 34, p. 5–20.
- Bonnet C. (1988)** Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan). Rapport préliminaire sur les campagnes de 1986-1987 et de 1987-1988. *Genava*, vol 36, p. 5-20.
- Bonnet C. (1990)** « Kerma, point de rencontre entre l'Égypte et les populations africaines ». *SAHARA* 3, p. 83-88.
- Bonnet C. (1991)** Les fouilles archéologiques de Kerma. Rapport préliminaire sur les campagnes de 1988-1991. *Genava*, vol 39, p. 5–20.
- Bonnet C. (1992a)** « Entre l'Égypte des pharaons et l'Afrique noire. Le royaume de Kerma ». *Historia* 17, p. 45–51.
- Bonnet C. (1992b)** *Études nubiennes : conférence de Genève, Actes du VII^e Congrès international d'études nubiennes, 3-8 septembre 1990*, Genève.

- Bonnet C. (1993)** Kerma : rapport préliminaire sur les campagnes de 1991-1993. *Genava*, vol. 41, p. 1-18.
- Bonnet C. (1995)** Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan). Rapport préliminaire sur les campagnes 1993-1995. *Genava*, vol. 43, p. 33-52.
- Bonnet C. (1997)** Kerma : rapport préliminaire sur les campagnes de 1995-1997, in *Les fouilles archéologiques de Kerma (Soudan)*. *Genava*, vol 45, p. 97-112.
- Bonnet C. (1999)** Kerma : rapport préliminaire sur les campagnes de 1997-1999. *Genava*, vol 47, p. 57-76.
- Bonnet C. 2000.** *Édifices et rites funéraires à Kerma*. Mission archéologique de l'Université de Genève à Kerma (Soudan), Éditions Errance.
- Bonnet C. (2001)** Kerma – Rapport préliminaire sur les campagnes de 1999-2000 et 2000-2001. *Genava*, vol 49, p. 199-219.
- Bonnet C. (2006)** *Acta Nubica - Proceedings of the Xth International Conference of Nubian Studies, Rome 9-14 September 2002*, in I Caneva et A Roccati, (éds), *Libreria Dello Stato - Istituto Poligrafico e zecc dello stato*, p. 17-20.
- Bonnet C., Chaix L., Lenoble P., Reinold J. et Valbelle, D. (1989)** « Sépultures à chiens sacrifiés dans la vallée du Nil ». *Cahiers de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille, Université Charles de Gaulle - Lille III (CRIPEL)*, p. 25-39.
- Bonnet C, Honegger M, Lenoble P, Rilly C et Rondot V. (2006)** *Kerma et Méroé - Cinq conférences d'archéologie soudanaise*. Centre culturel français Frédéric Cailliaud de Khartoum - Section française de la Direction des antiquités du Soudan.
- Bonnet C, Honegger M et Valbelle D. (2003)** Kerma - Rapport préliminaire sur les campagnes de 2001-2002 et 2002-2003. *Genava*, vol 51, p. 257-300.
- Bonnet C, Valbelle D et Ruffieux P. (2009)** *Kerma - Soudan - 2007-2008 2008-2009*. *Genava*, vol 62.
- Bots J, Ten Broek CMA, Belien JAM, Bugiani M, Galis F et Van Dongen S. (2015)** Higher Limb Asymmetry in Deceased Human Fetuses and Infants with Aneuploidy. *Scientific Reports* 4, p. 1-16.
- Bots J, Wijnaendts LCD, Delen S, Van Dongen S, Heikinheimo K et Galis F. (2011)** Analysis of Cervical Ribs in a Series of Human Fetuses. *Journal of Anatomy* 219, p. 403-409.
- Boucherie A, Castex D, Polet C et Kacki S. (2017)** Normal Growth, Altered Growth? Study of the Relationship Between Harris Lines and Bone Form Within a Post-Medieval Plague Cemetery (Dendermonde, Belgium, 16th Century): a Re-Examination of the Etiology of Harris Lines. *American Journal of Human Biology* 29, p. 1-12.
- Boudon-Millot V. (2012)** *Galien de Pergame : un médecin grec à Rome*. Les Belles Lettres, Lebeau.
- Bouhallier J. (2006)** *Évolution de la fonction obstétricale chez les hominoïdes : analyse morphométrique tridimensionnelle de la cavité pelvienne chez les espèces actuelles et fossiles*. Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Bouhallier J. (2015)** « Le Bassin osseux : splendeurs et misères de la clé de voûte du corps humain », in: É Peyre et J Wiels (éds.) *Mon corps a-t-il un sexe ?* Collection « Recherches », Éditions La Découverte, Paris, p. 120-141.

- Boulc'h S. (1997)** « Le repas quotidien des moines occidentaux du haut Moyen Âge ». *Revue belge de philologie et d'histoire* 75, p. 287–328.
- Boulet-Sautel M. (2004)** « Les foires de Provins ». *Revue Historique de Droit Français et Étranger* 82, p. 657–660.
- Bourquelot F. (1839)** *Histoire de Provins*. Lebeau, Provins, Paris.
- Boyde A. (1991)** *Orban's Oral Histology and Embryology*, 11^e édition, St. Louis : CV Mosby.
- Braga J. (1995)** *Définition de certains caractères discrets crâniens chez Pongo, Gorilla et Pan: perspectives taxonomiques et phylogénétiques*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Braga J et Heuze Y. (2007)** Quantifying Variation in Human Dental Development Sequences: an Evo-Devo Perspective, in SE Bailey et J-J Hublin, (éds.), *Dental Perspectives on Human Evolution : State of the Art Research in Dental Paleoanthropology*, Springer, p. 247–261.
- Braga J, Heuze Y, Chabadel O, Sonan NK et Gueramy A. (2005)** Non-Adult Dental Age Assessment: Correspondence Analysis and Linear Regression Versus Bayesian Predictions. *International Journal of Legal Medicine* 119, p. 260–274.
- Brandt I. (1978)** Growth Dynamics of Low-Birth-Weight Infants with Emphasis on the Perinatal Period, in F Falkner et JM Tanner, (éds.), *Human Growth*, Springer US, p. 557–617.
- Braudel F. (1994)** *Le Modèle italien*. Flammarion, Paris.
- Bräuer G. (1988)** Osteometrie, in R Knussmann, (éd). *Anthropologie, Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Zugleich 4. Auflage des Lehrbuch der Anthropologie begründet von R. Martin, vol. 1/1*, Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, p. 160–223.
- Breslow NE, Olson J, Moksness J, Beckwith JB et Grundy P. (1996)** Familial Wilms' Tumor: a Descriptive Study. *Medical and Pediatric Oncology* 27, p. 398–403.
- Brickley M et Ives R. (2006)** Skeletal Manifestations of Infantile Scurvy. *American Journal of Physical Anthropology* 129, p. 163–172.
- Brickley M et Ives R. (2008)** *The Bioarchaeology of Metabolic Bone Disease*, Academic Press, Amsterdam.
- Brill PW et Winchester P. (1987)** *Differential Diagnosis of Child Abuse*. Williams & Wilkins.
- Brinchmann BS. (2000)** 'They have to Show that they can Make it': Vitality as a Criterion for the Prognosis of Premature Infants. *Nursing Ethics* 7, p. 141-147.
- Brisson J-L et Pradeau J-F (2006)** traduction de **Platon**, *Lois : livres VII à XII*, V^e siècle av. J.C., Garnier Flammarion, Paris.
- Brodeur A, Silberstein M et Gravis E. (1981)** *Radiology of the Pediatric Elbow*. GK Hall Medical Publisher, Boston, MA.
- Bromen K et Jöckel K-H. (1997)** Change in Male Proportion Among Newborn Infants. *The Lancet* 349, p. 804–805.
- Brook AH. (2009)** Multilevel Complex Interactions Between Genetic, Epigenetic and Environmental Factors in the Aetiology of Anomalies of Dental Development. *Archives of Oral Biology* 54, p. 3–17.

- Brown CE. (1998)** Coefficient of Variation, in CE Brown, (éd.), *Applied Multivariate Statistics in Geohydrology and Related Sciences*, Springer, Berlin, Heidelberg, p. 155–157.
- Brunet PG. (1967)** traduction de **Jacques de Voragine**, *La légende dorée*, XIII^e siècle. Éditions Classiques Garnier.
- Bruzek J. (1985)** *Dimorphisme sexuel de l'os coxal de l'Homme du point de vue ontogénique et phylogénique*. Thèse de doctorat, Université Charles, Prague.
- Bruzek J. (2002)** A Method For Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology* 117, p. 157–168.
- Bruzek J, Santos F, Dutailly B, Murail P et Cunha E. (2017)** Validation and Reliability of the Sex Estimation of the Human Os Coxae Using Freely Available DSP2 Software for Bioarchaeology and Forensic Anthropology. *American Journal of Physical Anthropology* 164, p. 440–449.
- Bruzek J, Sellier P et Tillier A. (1997)** « Variabilité et incertitude de l'estimation de l'âge des non-adultes », in L Buchet, (dir.) *L'enfant, son corps, son histoire : actes des 7^e journées anthropologiques de Valbonne, 1-3 juin 1994*, Éditions APDCA, p. 189-200.
- Buchet L et Séguy I. (2008)** « L'âge au décès des enfants : âge civil, âge biologique, âge social ? » in F. Gusi, S Muriel et C Olaria, (éds.), *Nasciturus, infans, puerulus vobis mater terra: la muerte en la infancia. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques*, p. 25–40.
- Buchet L, Séguy I, Sucheki M et Belaigues-Rossard M. (2006)** « Estimation de l'âge au décès des immatures par le degré de minéralisation dentaire », in L Buchet, C Dauphin et I Séguy, (dir.), *La Paléodémographie : mémoire d'os, mémoire d'hommes : actes des 8^e journées anthropologiques de Valbonne, 5 au 7 juin 2003*, Éditions APDCA, p. 289-296.
- Budka J. (2011)** The Early New Kingdom at Sai Island: Preliminary Results Based on the Pottery Analysis (4th Season 2010). *Sudan Nubia - The Sudan Archaeological Research Society* 15, p. 23–33.
- Buikstra JE et Konigsberg LW. (1985)** Paleodemography: Critiques and Controversies. *American Anthropologist* 87, p. 316–333.
- Buikstra JE et Ubelaker DH. (1994)** Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains: Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History. *Arkansas Archaeological Survey Research Serie* 44.
- Bullinger A. (1998)** La genèse de l'axe corporel, quelques repères. *Enfance* 51, p. 27–35.
- Burke PH. (1992)** Serial Observation of Asymmetry in the Growing Face. *British Journal of Orthodontics* 19, p. 273–285.
- Caffey J. (1939)** Syphilis of the Skeleton in Early Infancy: the Non Specificity of Many of the Roentgenographic Changes. *American Journal of Roentgenology* 42, p. 637.
- Caffey J et Madell SH. (1956)** Ossification of the Pubic Bones at Birth. *Radiology* 67, p. 346–350.
- Caffey J et Silverman F. (1945)** *Pediatric X-ray Diagnosis*. Chicago, Londres.
- Cameriere R, De Angelis D, Ferrante L, Scarpino F et Cingolani M. (2007)** Age Estimation in Children by Measurement of Open Apices in Teeth: a European Formula. *International Journal of Legal Medicine* 121, p. 449–453.

- Cameron N et Bogin B. (2012)** *Human Growth and Development*, 2^e édition. Elsevier Academic Press.
- Canguilhem G. (1966)** *Le Normal et le pathologique*. Presses Universitaires de France.
- Canturk N, Atsu SS, Aka PS et Dagalp R. (2014)** Neonatal Line on Fetus and Infant Teeth. *Early Human Development* 90, p. 393–397.
- Cantwell MF, Shehab ZM, Costello AM, Sands L, Green WF, Erwing JEP et Onorato IM. (1994)** Brief Report: Congenital Tuberculosis. *The New England Journal of Medicine* 330, p. 1051–1054.
- Capitan L et Peyrony D. (1912)** « Trois nouveaux squelettes humains fossiles ». *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 96^e année. 56, p. 449–454.
- Cardoso HFV. (2008)** Sample-Specific (universal) Metric Approaches for Determining the Sex of Immature Human Skeletal Remains Using Permanent Tooth Dimensions. *Journal of Archaeological Science* 35, p. 158–168.
- Carlson BM. (2012)** *Human Embryology and Developmental Biology*, 5^e édition, Elsevier Academic Press.
- Carré F. (1996)** « Le site de Portejoie (Tournedos, Val-de-Reuil, Eure), VII^e-XIV^e siècles : organisation de l'espace funéraire », in *Actes du 2^e colloque ARCHEA (Orléans 29 septembre-1er octobre 1994)*, *Supplément à la Revue archéologique du centre de la France* 11, Tours, p. 153–162.
- Castex D. (1994)** *Mortalité, morbidité et gestion de l'espace funéraire au cours du Haut Moyen-Âge*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1.
- Castex D, Duday H et Guillon M. (1996)** « Mortalité périnatale / mortalité infantile : validité du rapport démographique et intérêt en paléontologie funéraire à propos de trois sites médiévaux », *L'identité des populations archéologiques - XV^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Sophia Antipolis, éditions APDCA. p 427–441.
- Castori M, Servadei F, Laino L, Pascolini G, Fabbri R, Cifani AE, Sforzolini GS, Silvestri E et Grammatico P. (2016)** Axial Skeletogenesis in Human Autosomal Aneuploidies: a Radiographic Study of 145 Second Trimester Fetuses. *American Journal of Medical Genetics Part A* 170 ; p. 676–687.
- de Cazanove O. (2008)** « Enfants en langes : pour quels vœux ? » in G Greco et B Ferrara, (éds.) *Doni agli dei. Il sistema dei doni votivi nei santuari. Atti del seminario di studi. Napoli 21 aprile 2006*, vol 6, p. 1-14.
- Chaix L. (1986)** « Les Troupeaux et les morts à Kerma (Soudan) : 3000 à 1500 avant JC ». *Anthropologie Physique et Archéologie*, Editions du CNRS, Paris, p. 297–304.
- Chaix L. (1988)** Animaux et sépultures, deux exemples : le dolmen M XI à Sion (Suisse) et la nécropole de Kerma (Soudan). *Anthropozoologica*, 3, p. 43-51.
- Chaix L. (1992)** « Étude Anthropologique », in *La nécropole gallo-romaine du Champ de l'Image à Argentomagus (Saint-Marcel, Indre)*. *Mémoire du Musée d'Argentomagus, supplément à la Revue archéologique du centre de la France*, 3, Tours, p. 205–213.
- Chaix L. (1998)** « Une tombe inhabituelle à Kerma, Soudan », in P. Anreiter, L. Bartosiewicz, J. Erzsebet et W. Meid, (éds.), *Man and the Animal World. Studies in Archaeozoology, Archaeology, Anthropology and Palaeolinguistics in memoriam Sándor Bökönyi, Archeolingua*.

- Chaix L. (2003)** « La Découpe de l'agneau : un rite funéraire à Kerma (Soudan) vers 2000 av. J.-C ». *Revue archéologique de Picardie, numéro Spécial 21*, p. 219–224.
- Chan KH, Gitomer SA, Perkins JN, Liang C et Strain JD. (2013)** Clinical Presentation of Cervical Ribs in the Pediatric Population. *The Journal of Pediatrics* 162, p. 635–636.
- Chandak S. (2014)** Usefulness of 3D CT in Diagnosis of Cervical Rib Presenting as Supraclavicular Swelling of Short Duration. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 8, p. 1–2.
- Chapin E. (1976)** *Les villes de foires de Champagne : des origines au début du XIV^e siècle*. Slatkine Reprints.
- Charon P. (2005)** « Tératologie du tube neural : histoire et paléopathologie ». *Antropo* 10, p. 83–101.
- Charrier P, Clavandier G. (2015)** « Petites dépouilles : le sort des fœtus et des mort-nés ». *Communications* 97, p. 117–128.
- Charsoula A, Kaitartzis C, Katsiba D, Papadimitriou A, Smponia A, Xatzipanagiotidis P et Arvaniti M. (2011)** The Ossification Process of the Occipital Bone and Normal Variants: Evaluation by Computed Tomography (CT). *European Society of Radiology*, p. 1–19.
- Chasnoff IJ et Burns KA. (1987)** Cocaine Use in Pregnancy: Perinatal Morbidity and Mortality. *Neurotoxicology and Teratology* 9, p. 291–293.
- Chastel C. (2004)** « Quand les momies égyptiennes nous parlent des infections qui les tourmentaient ». *Histoire des Sciences Médicales* 38, p. 147–156.
- Chedeville A, Le Goff J et Rossiaud J. (1980)** « La Ville médiévale, des Carolingiens à la Renaissance », in G Duby, (éd.) *Histoire de la France urbaine*, vol 2, Éditions Le Seuil, Paris.
- Chenorkian R. (1996)** *Pratique archéologique statistique et graphique*. Association pour la diffusion de l'archéologie méridionale, Éditions Errance, Paris.
- Cheraskin E. (1958)** Oral Manifestations of Systemic Diseases. *Journal of the National Medical Association* 50, p. 241–247.
- Chernoff N et Rogers JM. (2004)** Supernumerary Ribs in Developmental Toxicity Bioassays and in Human Populations: Incidence and Biological Significance. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews* 7, p. 437–449.
- Choi SC, Trotter M. (1970)** A Statistical Study of the Multivariate Structure and Race-Sex Differences of American White and Negro Fetal Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology* 33, p. 307–312.
- Christensen R. (2006)** *Log-Linear Models and Logistic Regression*, 2^e édition. Springer Science & Business Media.
- Cilliers HJ et Beighton P. (1990)** Beukes Familial Hip Dysplasia: an Autosomal Dominant Entity. *American Journal of Medical Genetics* 3, p. 386–390.
- Clarke GM. (1993)** Fluctuating Asymmetry of Invertebrate Populations as a Biological Indicator of Environmental Quality. *Environmental Pollution* 82, p. 207–211.
- Claudepierre P et Voisin M-C. (2005)** « Les enthèses : histologie, anatomie pathologique et physiopathologie ». *Revue du Rhumatisme* 72, p. 34–41.

- Clavandier G. (2016)** « Accompagner le deuil périnatal. Entre enjeux institutionnels et organisationnels et volonté d'être au plus près des attentes des familles ». *Assises de la Laïcité, Le fait religieux et la laïcité dans le milieu hospitalier et les services d'accompagnement social*, octobre 2016, Saint-Étienne, France.
- Clavandier G, Charrier P, Gourdon V, Pranchere NS et Rollet C. (2018)** *Morts avant de naître, la mort périnatale*. Presses Universitaires François Rabelais, Tours.
- CNGOF. (2015a)** *Gynécologie Obstétrique*, 3^e édition. Elsevier Masson.
- CNGOF. (2015b.)** *Biométrie au 2^e et 3^e trimestre, contexte clinique - Documents pédagogiques pour les internes en Gynécologie et Obstétrique*.
- CNGOF. (2016)** *Fiche technique d'aide aux mesures de la longueur cranio caudale (LCC) et de la clarté nucale (CN) - Documents pédagogiques pour les internes en Gynécologie et Obstétrique*.
- Cochard LR. (2012)** *Atlas d'embryologie humaine de Netter*, édition augmentée. De Boeck Supérieur.
- Cohen HJ et Diner H. (1970)** The Significance of Developmental Dental Enamel Defects in Neurological Diagnosis. *Pediatrics* 46, p. 737–747.
- Cohen MM. (2005)** Editorial: Perspectives on craniosynostosis. *American Journal of Medical Genetics Part A*, p. 313–326.
- Cole TJ. (2000)** Secular Trends in Growth. *Proceedings of the Nutrition Society* 59, p. 317–324.
- Colombo A. (2014)** *La Micro-architecture de l'os trabéculaire en croissance : variabilité tridimensionnelle normale et pathologique analysée par microtomodensitométrie*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.
- Combès B, Fournier M, Braga J, Balzeau A, Gilissen E, Thackeray F et Prima S. (2011)** Automatic, Landmark-Free Quantification of 3D Endocranial Asymmetries in Extant and Fossil Species: New Insights Into Paleoneurology. *80th annual meeting of the American Association of Physical Anthropologists*.
- Cook DC, Buikstra JE. (1979)** Health and Differential Survival in Prehistoric Populations: Prenatal Dental Defects. *American Journal of Physical Anthropology* 51, p. 649–664.
- Cooper RR, Misol S. (1970)** Tendon and Ligament Insertion. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 52, p. 1–20.
- Cope D. (2008)** *Bent Bones: The Pathological Assessment Of Two Fetal Skeletons From The Dakhleh Oasis, Egypt*. Mémoire de Master, University of Central Florida.
- Cope DJ et Dupras TL. (2011)** Osteogenesis Imperfecta in the Archeological Record: An Example from the Dakhleh Oasis, Egypt. *International Journal of Paleopathology* 1, p. 188–199.
- Coqueugniot H, Giacobini G et Malerba G. (2002)** « L'utilisation de caractères morphologiques dans la diagnose sexuelle des mandibules d'enfants. Application à la collection ostéologique de Turin (Italie) ». *Bulletins et Mémoires de La Société d'Anthropologie de Paris* 14, p. 131-139.
- Coqueugniot H et Weaver TD. (2007)** Brief communication: Infracranial Maturation in the Skeletal Collection from Coimbra, Portugal: New Aging Standards for Epiphyseal Union. *American Journal of Physical Anthropology* 134, p. 424–437.

- Coqueugniot H, Weaver TD et Houët F. (2010)** Brief Communication: a Probabilistic Approach to Age Estimation from Infracranial Sequences of Maturation. *American Journal of Physical Anthropology* 142, p. 655–664.
- Corballis MC et Morgan MJ. (1978)** On the Biological Basis of Human Laterality: I. Evidence for a Maturational Left–Right Gradient. *Behavioral and Brain Sciences* 1, p. 261.
- Corron L. (2016)** *Juvenile Age Estimation in Physical Anthropology: a Critical Review of Existing Methods and the Application of Two Standardised Methodological Approaches*. Thèse de doctorat, Université d’Aix-Marseille.
- Corte G, Airoidi I, Briata P, Corsetti MT, Daga A, Massa A et Sanseverino L. (1993)** The Homeotic Gene Products in the Control of Cell Differentiation and Proliferation. *Cancer Detection and Prevention* 17, p. 261–266.
- Corvisier C. (1993)** « Blandy-les-Tours, le «Fort Chastel» des vicomtes de Melun, comtes de Tancarville. Étude monumentale ». *Bulletin Monumental* 151, p. 261–277.
- Coste M-C. (2006)** « Mode de vie et alimentation à la fin du Moyen âge au château de Blandy-les-Tours: approche pluridisciplinaire des latrines de la salle de l’Auditoire ». *Supplément à la Revue archéologique du centre de la France*, 28, p. 1-184.
- Coussens A, Anson T, Norris RM et Henneberg M. (2002)** Sexual Dimorphism in the Robusticity of Long Bones of Infants and Young Children. *Przegląd Antropologiczny Anthropological Review* 65, p. 3–16.
- Crabb HSM. (1959)** The Pattern of Mineralization of Human Dental Enamel. *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 52, p. 118–122.
- Crawford S et Lewis C. (2009)** *Childhood Studies and the Society for the Study of Childhood in the Past*. *Child Past* 1, p. 5–16.
- Crèvecoeur I. (2006)** *Étude anthropologique des restes humains de Nazlet Khater (Paléolithique supérieur, Égypte)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Crèvecoeur I. (2008)** *Étude anthropologique du squelette du paléolithique supérieur de Nazlet Khater 2 (Égypte) : apport à la compréhension de la variabilité passée des hommes modernes*, Egyptian Prehistory Monographs, vol. 8, Leuven University Press.
- Crubézy E. 1991.** *Caractères discrets et évolution. Exemple d’une population nubienne : Missiminia (Soudan)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Crubézy É, Janin T et Midant-Reynes B. (2002)** *Adaïma. II, La nécropole prédynastique*. Institut Français d’Archéologie Orientale (IFAO), Le Caire.
- Crubézy É et Sellier P. (1990)** « Caractères discrets et «recrutement» des ensembles sépulcraux ». *Bulletins et Mémoires de la Société d’Anthropologie de Paris* 2, p. 171–177.
- Cubuk R, Tasali N, Arslan G et Atasoy M. 2010.** Arterial Compression in a Young Adult due to the Presence of a Cervical Rib: CT and CT Angiographic Findings. *Eurasian Journal of Medicine* 42, p. 46.
- Cuk T, Leben-Seljak P et Stefancic M. (2001)** Lateral Asymmetry of Human Long Bones. *Variability and Evolution* 9, p. 79–23.

- Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, Lynnerup N et Cattaneo C. (2009)** The Problem of Aging Human Remains and Living Individuals: A Review. *Forensic Science International* 193, p. 1–13.
- Cunningham C, Scheuer L et Black S. (2016)** *Developmental Juvenile Osteology*, 2nd édition. Academic Press.
- Cyteval C, Bléry M, Sarrabère-Barou M-P. (2004)** « Imagerie normale du membre supérieur : bras, coude, avant-bras ». *EMC - Radiologie* 1 ; p. 377–392.
- Dabernat H, Crubézy É. (2010)** Multiple Bone Tuberculosis in a Child From Predynastic Upper Egypt (3200 BC). *International Journal of Osteoarchaeology* 20, p. 719–730.
- Dann M, Levine SZ et New EV. (1964)** A Long-Term Follow-up Study of Small Premature Infants. *Pediatrics* 33, p. 945–955.
- Das R, Rich J, Kim HM, McAlinden A et Thomopoulos S. (2011)** Effects of Botulinum Toxin-Induced Paralysis on Postnatal Development of the Supraspinatus Muscle. *Journal of Orthopaedic Research* 29, p. 281–288.
- Dasen V. (2010)** « L’anencéphale d’Hermopolis (Égypte) et son destin », in V Delattre et V Dasen, (éd.) *Décrypter la différence : lecture archéologique et historique de la place des personnes handicapées dans les communautés du passé, Actes du colloque organisé par CQFD à l’UNESCO France le 3 décembre 2009 pour la Journée internationale des handicapés*, p. 49–52.
- Dasen V. (2010)** « Des nourrices grecques à Rome ? ». *Paedagogica Historica* 46, p. 699–713.
- Davies V. 2003.** « Kouch en Égypte: une nouvelle inscription historique à El-Kab ». *Bulletin de La Société Française d’Égyptologie (BSFE)* 157, Paris, p. 38,
- Davis DB et King JC. (1938)** Cervical Rib in Early Life. *American Journal of Diseases of Children* 56, p. 744–755.
- Dean C. (2006).** Tooth Microstructure Tracks the Pace of Human Life-History Evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273, p. 2799–2808.
- Dean MC, Rosas A, Estalrich A, García-Taberner A, Huguet R, Lalueza-Fox C, Bastir M, de la Rasilla M. (2013)** Longstanding Dental Pathology in Neandertals from El Sidrón (asturias, Spain) with a Probable Familial Basis. *Journal of Human Evolution* 64, p. 678–686.
- Debat V, David P. (2001)** Mapping Phenotypes: Canalization, Plasticity and Developmental Stability. *Trends in Ecology and Evolution* 16, p. 555–561.
- Declau F, Moeneclaey L et Marquet J. (1989)** Normal Growth Pattern of the Middle Ear Cleft in the Human Fetus. *The Journal of Laryngology & Otology* 103, p. 461–465.
- Dedet B, Duday H et Tillier A-M. (1991)** « Inhumations de fœtus, nouveau-nés et nourrissons dans les habitats protohistoriques du Languedoc : l’exemple de Gailhan (Gard) ». *Gallia* 48, p. 59–108.
- Delattre V. (2008)** « Les sépultures de nouveau-nés au Moyen-Âge : l’hypothèse d’un sanctuaire à répit précoce à Blandy-les-Tours (France, Seine-et-Marne) », in F. Gusi, S Muriel et C Orlaria, (éds.), *Nasciturus, infans, puerulus vobis mater terra: la muerte en la infancia. Servei d’Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques*, p. 183–210.

- Demirjian A. (1986).** « Dentition », in F Falkner et JM Tanner, (éds.), *Postnatal Growth Neurobiology*. Springer, Boston, p. 269–298.
- Demondion X, Herbinet P, Van Sint Jan S, Boutry N, Chantelot C et Cotten A. (2006)** Imaging Assessment of Thoracic Outlet Syndrome. *RadioGraphics* 26, p. 1735–1750.
- DeNiro MJ et Epstein S. (1981)** Influence of Diet on the Distribution of Nitrogen Isotopes in Animals. *The Journal of Laryngology & Otology* 45, p. 341–351.
- Denninger HS. (1931)** Cervical Ribs: a Prehistoric Example. *American Journal of Physical Anthropology* 16, p. 211–214.
- Desroches-Noblecourt C. (1986)** *La femme au temps des pharaons*. Éditions Stock, Paris, France
- Devauchelle D et Doyen F. (2012)** Fouilles sur l'île de Saï (Soudan) 2005-2010. *Cahiers de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille, Université Charles de Gaulle - Lille III (CRIPEL)*, 29, p. 7-9.
- Dicker D, Samuel N, Feldberg D et Goldman JA. (1984)** The Antenatal Diagnosis of Potter Syndrome (Potter Sequence). A Lethal and Not-so-Rare Malformation. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* 18, p. 17–24.
- van Dongen S, G Molenberghs et Matthysen E. (1999)** The Statistical Analysis of Fluctuating Asymmetry: REML Estimation of a Mixed Regression Model. *Journal of Evolutionary Biology* 12, p. 4–102.
- Dörfl J. (1980a)** Migration of tendinous insertions. I. Cause and mechanism. *Journal of Anatomy* 131, p. 179-195.
- Dörfl J. (1980b)** Migration of tendinous insertions. II. Experimental modifications. *Journal of Anatomy* 131, p. 229-237.
- Dorfman DF et Glaser JH. (1990)** Congenital Syphilis Presenting in Infants After the Newborn Period. *The New England Journal of Medicine* 23, p. 1299–1302.
- Draganits E. (2014)** Geoarchaeological Investigations on Sai Island (Sudan). *Rapport AcrossBorders Geoarchaeological Fieldwork*, 11p.
- Drake RL, Vogl W et Mitchell AWM. (2006)** *Gray's Anatomie pour les étudiants*. Elsevier Masson.
- Dudar JC. (2010)** *Qualitative and Quantitative Diagnosis of Lethal Cranial Neural Tube Defects from the Fetal and Neonatal Human Skeleton, with a Case Study Involving Taphonomically Altered Remains*. *Journal of Forensic Sciences* 55, p. 877–883.
- Duday H, Courtaud P, Crubezy É, Sellier P et Tillier A-M. (1990)** « L'Anthropologie « de terrain » : reconnaissance et interprétation des gestes funéraires ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, p. 29–49.
- Duday H, Laubenheimer F et Tillier A-M. (1995)** *Sallèles d'Aude - Nouveau-nés et nourrissons gallo-romains*. Presses Universitaires de Franche-Comté, les Belles Lettres, Paris.
- Dumas A, Simmat-Durand L et Lejeune C. (2014)** « Grossesse et usage de substances psychoactives en France. Synthèse de la littérature ». *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction* 43, p. 649-656.

- Dunger DB, Petry CJ et Ong KK. (2006)** Genetic Variations and Normal Fetal Growth. *Hormone Research in Paediatrics* 65, p. 34–40.
- Dupâquier J. (1979)** *La Population française aux XVII^e et XVIII^e siècles*. Collection Que sais-je ? Presses Universitaires de France.
- Dupâquier J. (1988)** *Histoire de la population française*. Presses Universitaires de France, Paris.
- Dupras TL, Schwarcz HP et Fairgrieve SI. (2001)** Infant Feeding and Weaning Practices in Roman Egypt. *American Journal of Physical Anthropology* 115, p. 204–212.
- Dutour O. (1986)** Enthesopathies (lesions of muscular insertions) as indicators of the activities of Neolithic Saharan populations. *American Journal of Physical Anthropology* 71, p. 221–224.
- Dutour O. (1992)** « Activités physiques et squelette humain : le difficile passage de l'actuel au fossile ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 4, p. 233–241.
- Ebuenyi ID, Bhuyan SS et Bain LE. (2018)** Zika Virus Infection and Microcephaly: Anxiety Burden for Women. *Pan African Medical Journal* 30, p. 2-3.
- Ecra AT, Horo A, Fanny M, Toure A, Konan BR, Adjoussou S, N'gbesso R et Kone M. (2011)** « Évaluation échographique de la maturité fœtale à partir des points d'ossification du membre inférieur : expérience du CHU de Yopougon ». *Journal Africain d'Imagerie Médicale* 3, p. 290–299.
- Eden KC. (1939)** The Vascular Complications of Cervical Ribs and First Thoracic Rib Abnormalities. *British Journal of Surgery* 27, p. 111–139.
- Einwögerer T, Händel M, Neugebauer-Maresch C, Simon U et Teschler-Nicola M. (2008)** The Gravettian Infant Burials from Krems-Wachtberg, Austria. *Babies Reborn: Infant/Child Burials in Pre-and Protohistory*, p.15–19.
- Eli I, Sarnat H et Talmi E. (1989)** Effect of the Birth Process on the Neonatal Line in Primary Tooth Enamel. *Pediatric Dentistry* 11, p. 220–223.
- Engelbach R et Bunn BG. (1923)** *Harageh*. British School of Archaeology in Egypt 28.
- Eshel I et Matessi C. (1998)** Canalization, Genetic Assimilation and Preadaptation: a Quantitative Genetic Model. *Genetics* 149, p. 2219–2133.
- Eveleth PB et Tanner JM. (1990)** Rate of Maturation: Population Differences in Skeletal, Dental and Pubertal Development. *Worldwide Variation in Human Growth*.
- Fazekas IG et Kósa F. (1978)** *Forensic Fœtal Osteology*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Ferembach D. (1980)** Recommendations for Age and Sex Diagnosis of Skeletons. Workshop of European Anthropologists. *Journal of Human Evolution* 9, p. 517–549.
- Ferembach D, Schwidetzky I et Stloukal M. (1979)** « Recommandations pour déterminer l'âge et le sexe sur le squelette ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 6, p. 7–45.
- Ferguson JW et Thompson RPJ. (1985)** Maxillonasal Dysostosis (Binder Syndrome), a Review of the Literature and Case Reports. *The European Journal of Orthodontics* 7, p. 145–148.
- Finck DL. (1921)** *De la Détermination de l'âge du fœtus d'après le squelette*. Coubé et fils.

- Finnegan M. (1978)** Non-Metric Variation of the Infracranial Skeleton. *Journal of Anatomy* 125, p. 23-35.
- Fishel A. (1929)** *Entwicklung des Menschen*. Julius Springer, Berlin.
- Fiumara NJ. (1970)** Manifestations of Late Congenital Syphilis: an Analysis of 271 Patients. *Archives of Dermatology* 102, p. 78-83.
- Flint ER. 1937.** An Unusual Vascular Complication of Cervical Rib. *British Journal of Surgery* 24, p. 622–624.
- Fok TF, So HK, Wong E, Ng PC, Chang A, Lau J, Chow CB et Lee WH. (2003)** Updated Gestational Age Specific Birth Weight, Crown-Heel Length, and Head Circumference of Chinese Newborns. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition* 88, p. 229–236.
- Forthman CL, Zimmerman RM, Sullivan MJ et Gabel GT. (2008)** Cross-Sectional Anatomy of the Bicipital Tuberosity and Biceps Brachii Tendon Insertion: Relevance to Anatomic Tendon Repair. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 17, p..522–526.
- Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O et Leonetti G. (2003)** New Forensic Approach to Age Determination in Children Based on Tooth Eruption. *Forensic Science International* 132, p. 49–56.
- Franco KMD, Line SRP, de Moura-Ribeiro MVL. (2007)** Prenatal and Neonatal Variables Associated with Enamel Hypoplasia in Deciduous Teeth in Low Birth Weight Preterm Infants *Journal of Applied Oral Science* 15, p. 518–523.
- Franklin D. (2010)** Forensic Age Estimation in Human Skeletal Remains: Current Concepts and Future Directions. *Legal Medicine* 12, p. 1–7.
- Fraser FC, Gwyn A. (1998)** Seasonal Variation in Birth Date of Children with Cleft Lip. *Teratology* 57, p. 93–95.
- Freud S. (1917)** Trauer und Melancholie. *Internationale Zeitschrift Für Ärztliche Psychoanalyse*. Leipzig, Vienna, Hugo Heller, p. 288–301.
- Frøen JF, Cacciatore J, McClure EM, Kuti O, Jokhio AH, Islam M et Shiffman J. (2011)** Stillbirths: Why They Matter. *The Lancet* 377, p. 1353–1366.
- Frøen JF, Gordijn SJ, Abdel-Aleem H, Bergsjø P, Betran A, Duke CW, Fauveau V, Flenady V, Hinderaker SG, Hofmeyr GJ, Jokhio AH, Lawn J, Lumbiganon P, Merialdi M, Pattinson R et Shankar A. (2009)** Making Stillbirths Count, Making Numbers Talk - Issues in Data Collection for Stillbirths. *BMC Pregnancy Childbirth* 9, p. 1–17.
- Wolff É. (2009)** traduction de **Fulgence**, *Expositio sermonum antiquorum*, fin V^e siècle ap. J.C., Presses universitaires du Septentrion, Villeneuve-d'Ascq.
- Fuller BT, Fuller JL, Harris DA et Hedges REM. (2006a)** Detection of Breastfeeding and Weaning in Modern Human Infants with Carbon and Nitrogen Stable Isotope Ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 129, p. 279–293.
- Fuller BT, Molleson TI, Harris DA, Gilmour LT et Hedges REM. (2006b)** Isotopic Evidence for Breastfeeding and Possible Adult Dietary Differences from Late/Sub-Roman Britain. *American Journal of Physical Anthropology* 129, p. 45–54.

- Furtado LV, Thaker HM, Erickson LK, Shirts BH et Opitz JM. (2011)** Cervical Ribs Are More Prevalent in Stillborn Fetuses than in Live-Born Infants and Are Strongly Associated with Fetal Aneuploidy. *Pediatric and Developmental Pathology* 14, p. 431–437.
- Gabolde L. (2012)** « Réexamen des jalons de la présence de la XVIII^e dynastie naissante à Saï ». *Cahiers de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille, Université Charles de Gaulle - Lille III (CRIPEL)* 29, p. 115–137.
- Gabolde M. (1998)** *D'Akhenaton à Toutânkhamon*. Institut d'Archéologie et d'Histoire de l'Antiquité, Lyon.
- Gage TB. (1989)** Bio-Mathematical Approaches to the Study of Human Variation in Mortality. *American Journal of Physical Anthropology* 32, p. 185–214.
- Galdames ICS, Russo PP, Matamala DAZ et Smith RL. (2009)**. Sexual Dimorphism in the Foramen Magnum Dimensions. *International Journal of Morphology* 27, p. 21–27.
- Galis F. (1999)** Why Do Almost All Mammals Have Seven Cervical Vertebrae? Developmental Constraints, Hox Genes, and Cancer. *Journal of Experimental Zoology* 285, p. 19–26.
- Galis F et Metz JAJ. (2001)** Testing the Vulnerability of the Phylotypic Stage: on Modularity and Evolutionary Conservation. International Institute for Applied Systems Analysis. *Interim Report, International Institute for Applied Systems Analysis*.
- Galis F, Van Dooren TJM, Feuth JD, Metz JAJ, Witkam A, Ruinard S, Steigenga MJ et Wijnaendts LCD. 2006.** Extreme Selection in Humans Against Homeotic Transformations of Cervical Vertebrae. *Evolution* 60, p. 2643–2654.
- Gambier D. (1986)** « Étude des os d'enfants du gisement aurignacien de Cro-Magnon, Les Eyzies (Dordogne) ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 3, p. 13–25.
- Gambier D. (1990)** « Pratiques funéraires au Paléolithique supérieur en France : les sépultures primaires ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, p. 19–28.
- Gambier D, Courty M-A, Crubézy É, Kervazo B, Tisnérat-Laborde N et Valladas H. (2001)** *La Sépulture des enfants de Grimaldi (Baoussé-Roussé, Italie)*. Éditions du comité des Travaux historiques et scientifiques, Réunion des musées nationaux, Documents préhistoriques 14.
- Garcin V. (2009)** *Bioarchéologie des sujets immatures de quatre nécropoles du Haut Moyen Âge européen : méthodes d'étude du développement et des interactions biologie/culture*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux.
- Garn SM, Nagy JM, Sandusky ST et Trowbridge F. (1973a)** *Economic Impact on Tooth Emergence*. *American Journal of Physical Anthropology* 39, p. 233–237.
- Garn SM, Rohmann CG et Blumenthal T. (1966)** Ossification Sequence Polymorphism in Skeletal Development. *American Journal of Physical Anthropology* 24, p. 101–116.
- Garn SM, Sandusky ST, Rosen NN et Trowbridge F. (1973b)** Economic Impact on Postnatal Ossification. *American Journal of Physical Anthropology* 38, p. 1–3.
- Garnotel A et Fabre V. (1997)** « La Place de l'enfant médiéval dans l'espace des morts. Apport des fouilles du Lunellois », in L Buchet, (dir.) *L'enfant, son corps, son histoire : actes des 7^e journées anthropologiques de Valbonne*, 1-3 juin 1994, Éditions APDCA, p. 9–24.

- Garrigou-Granchamp P et Mesqui J. (1991)** *Atlas historique des Villes en France : Provins (Seine-et-Marne)*. Éditions du CNRS, Paris.
- Gaut L et Duprez D. 2016.** Tendon Development and Diseases. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology* 5: 5–23.
- Gawlikowska A, Szczurowski J, Czerwiński F, Miklaszewska D, Adamiec E et Dzieciolowska E. (2007)** The Fluctuating Asymmetry of Mediaeval and Modern Human Skulls. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* 58, p. 159–172.
- Geber J et Murphy E. (2012)** Scurvy in the Great Irish Famine: Evidence of Vitamin C Deficiency from a Mid-19th Century Skeletal Population. *American Journal of Physical Anthropology* 148, p. 512–524.
- van der Geer AAE et Galis F. (2017)** High Incidence of Cervical Ribs Indicates Vulnerable Condition in Late Pleistocene Woolly Rhinoceroses. *PeerJ* 5, p. 1–21.
- Gélis J. (1984)** *L'Arbre et le fruit: la naissance dans l'Occident moderne: (XVI^e-XIX^e siècle)*, Fayard, Paris.
- Gélis J. (2006)** *Les enfants des limbes: mort-nés et parents dans l'Europe chrétienne*. Louis Audibert Éditions, Paris.
- Gélis J. (2007)** *Les Enfants des Limbes. Mort-nés et parents dans l'Europe chrétienne*. Histoire de l'éducation 113, p. 113–116.
- Gélis J. (2013)** « Un Cadavre qui donne des « signes de vie » Le cas de l'enfant mort-né au sanctuaire à répit. Techniques et Culture ». *Revue semestrielle d'Anthropologie des techniques* 60, p. 44–59.
- Gélis J. (2015)** « Comment faisait-on autrefois le deuil de l'enfant mort-né ? Le rituel du “ sanctuaire à répit ” ». *Le Carnet PSY* 186, p. 32–37.
- Genc M. (2000)** Syphilis in Pregnancy. *Sexually Transmitted Infections* 76, p. 73–79.
- Geoffroy Saint-Hilaire É. (1826)** « Catalogue Raisonné et Historique Des Antiquités Découvertes En Égypte ». Communication faite à l'Académie royale des Sciences, dans sa séance du 9 janvier 1826 », Paris (La Galerie d'Antiquités Égyptiennes), p. 231–236.
- Geus F. (1988)** « Saï 1996-1997 ». *Archéologie du Nil Moyen* 8, p. 85–126.
- Geus F. 1994.** « L'île de Saï à travers l'histoire du Soudan ». *Les Dossiers d'archéologie* 196, p. 22–27.
- Geus F. (1995)** Archaeology and history of Saï Island. *The Sudan Archaeological Research Society Newsletter* 8, p. 27–34.
- Geus F. (1996)** « Les nouvelles fouilles de l'île de Saï ». *Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 140^e année, n^o4, p.1165–1195.
- Geus F. (2000)** Geomorphology and Prehistory of Sai Island (Nubia): Report on a Current Research Project. Recent Research into the Stone Age of Northeastern Africa. *Studies in African Archaeology* 7, p. 119–128.
- Geus F. (2004)** “Saï”, in A Welsby et JR Anderson, (éds.), *Sudan. Ancient Treasures. An Exhibition of Recent Discoveries from the Sudan National Museum*. Londres, p. 114–121.

- Geus F, Lecoite Y et Maureille B. (1995)** « Tombes napatéenes, méroïtiques et médiévales de la nécropole nord de l'île de Saï. Rapport préliminaire de la campagne 1994-1995 (archéologie et anthropologie) ». *Archéologie du Nil Moyen* 8, p. 99–141.
- Gilmour WN. (1962)** Acute Haematogenous Osteomyelitis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 44B, p. 841–853.
- Gloux SA-F. (2007)** *Latéralité manuelle et asymétrie directionnelle des membres inférieurs : test de l'hypothèse de la symétrie croisée des surfaces articulaires*. Mémoire de Maîtrise, Université de Montréal, Montréal.
- Gluckman P. (1997)** Endocrine and Nutritional Regulation of Prenatal Growth. *Acta Paediatrica* 86, p. 153–157.
- Gluckman PD et Hanson MA. (2004)** Maternal Constraint of Fetal Growth and its Consequences. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine* 9, p. 419–425.
- Goenka A et Kollmann TR. (2015)** *Development of Immunity in Early Life*. *Journal of Infection* 71, p.112–120.
- Golden M. (1992)** Continuity, Change and the Study of Ancient Childhood. *Échos Du Monde Classique: Classical Views* 36, p. 7–18.
- Golovanova LV, Hoffecker JF, Kharitonov VM et Romanova GP. 1999.** Mezmaiskaya Cave: a Neanderthal Occupation in the Northern Caucasus. *Current Anthropology* 40, p. 77–86.
- Goodman AH et Armelagos GJ. (1988)** Childhood Stress and Decreased Longevity in a Prehistoric Population. *American Anthropologist* 90, p. 936–944.
- Goodman AH, Armelagos GJ. 1989.** Infant and Childhood Morbidity and Mortality Risks in Archaeological Populations. *World Archaeology* 2, p. 225–243.
- Goodman AH et Rose JC. (1990)** Assessment of Systemic Physiological Perturbations from Dental Enamel Hypoplasias and Associated Histological Structures. *American Journal of Physical Anthropology* 33, p. 59–110.
- Gordon CC et Buikstra JE. (1981)** Soil pH, Bone Preservation, and Sampling Bias at Mortuary Sites. *American Antiquity* 4, p. 566–571.
- Gradel C. (2009)** « L'Université de Lille III au Soudan : un demi siècle de fouilles, de coopération et de formation ». *Égypte / Monde Arabe* 5-6, p. 381–400.
- Graham JH, Emlen JM, Freeman DC, Leamy LJ et Kieser JA. (1998)** Directional Asymmetry and the Measurement of Developmental Instability. *Biological Journal of the Linnean Society* 64, p. 1–16.
- Graham JH, Freeman DC et Emlen JM. (1993)** Antisymmetry, Directional Asymmetry, and Dynamic Morphogenesis. *Genetica* 89, p. 123–139.
- Graham JH, Shimizu K, Emlen JM, Freeman DC et Merkel J. (2003)** Growth Models and the Expected Distribution of Fluctuating Asymmetry. *Biological Journal of the Linnean Society* 80, p. 57–65.
- Grajetzki W. (2004)** *Harageh, an Egyptian Burial Ground for the Rich Around 1800 BC*. Golden House Publications, Londres.

- Gratien B. (1978)** *Les cultures Kerma. Essai de classification*. Publications de l'Université de Lille III. Villeneuve d'Ascq.
- Gratien B. (1985)** *Saï I - La nécropole Kerma*. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- Gratien B et Olive M. (1981)** Fouilles à Saï : 1977-1979. *Cahiers de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille, Université Charles de Gaulle - Lille III (CRIPEL)* 6, p. 69–169.
- Gravina B, Discamps E, Chadelle J-P, Guérin G, Lahaye C, Maureille B, Royer A, Texier P-J. (2016)** « Le Moustier : un siècle après Peyrony, la reprise des fouilles », in A Turq, J-P Faivre, B Maureille, Lahaye C (éds.) *Néandertal à la loupe*. Musée national de Préhistoire, p. 17–18.
- Gray DJ et Gardner E. (1951)** Prenatal Development of the Human Elbow Joint. *American Journal of Anatomy* 88, p. 429–469.
- Grenier A. (2000)** La Motricité libérée du nouveau-né : ses prolongements au quotidien pour le confort et la surveillance neurologique. *Médecine et Hygiène*.
- Gresham EL. (1975)** Birth Trauma. *Pediatric Clinics of North America* 22, p. 317–328.
- Grier AL, Teich S, Hogan M, Caniano DA et Smead W. (2008)** Pediatric Thoracic Outlet Syndrome: A Disorder with Serious Vascular Complications. *Journal of Pediatric Surgery* 43, p. 1089–1094.
- Griffith JPC. (1919)** *The Diseases of Infants and Children*. WB Saunders Company.
- Grimal N. (1989)** *Histoire de l'Égypte ancienne*. Fayard, Paris, France.
- Grønvall J et Graem N. (1989)** Radiography in Post-Mortem Examinations of Fetuses and Neonates. *Acta Pathologica, Microbiologica et Immunologica Scandinavica (APMIS)* 97, p. 274–280.
- Gruber W. (1869)** Über die Halsrippen des Menschen mit vergleichend anatomischen Bemerkungen, in *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Petersbourg*, 7^e série, tome 13, n^o2. Saint-Petersbourg.
- Gualtieri T et Hicks RE. (1985)** An Immunoreactive Theory of Selective Male Affliction. *Behavioral and Brain Sciences* 8, p. 427-441.
- Guatelli-Steinberg D, Buzhilova AP et Trinkaus E. (2013)** Developmental Stress and Survival among the Mid Upper Paleolithic Sunghir Children: Dental Enamel Hypoplasias of Sunghir 2 and 3: Sunghir 2 and 3 Dental Enamel Hypoplasias. *International Journal of Osteoarchaeology* 23, p. 421–431.
- Guatelli-Steinberg D, Reid DJ, Bishop TA et Larsen CS. (2005)** Anterior Tooth Growth Periods in Neandertals Were Comparable to Those of Modern Humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, p. 14197–14202.
- Guatelli-Steinberg D, Reid DJ, Bishop TA et Larsen CS. (2007)** Not so fast: A reply to Ramirez Rozzi and Sardi (2007). *Journal of Human Evolution* 53, p. 114–118.
- Guerin A, Dupuis L, Mendoza-Londono R. (1993)** “Caffey Disease”, in MP Adam, HH Arding, RA Pagon, SE Wallace, LJ Bean, K Stephens et A Amemiya (éds.), *GeneReviews®*. Seattle (WA): University of Washington, Seattle.

- Guihard-Costa A-M. (1993)** « Les variations des vitesses de croissance au cours de la vie fœtale ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 5, p. 11–20.
- Guihard-Costa A-M. (1994)** Fetal Growth and Human Evolution: an Hypothesis of Heterochrony. *Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences* 319, p. 839–843.
- Guihard-Costa AM. (1998)** « Standards échographiques de croissance fœtale : de la population à l'individu ». *Annales Médicales de Nancy et de Lorraine*, 37, p. 261–268.
- Guihard-Costa A-M. (1999)** « Reprise de la croissance chez le fœtus humain en fin de gestation ». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 314, p. 263–266.
- Guihard-Costa A-M. (2006)** Gender Differences in Human Prenatal Growth, in PPM Bharati (éd.). Gender Disparity: its Manifestations, Causes and Implications. *Anmol Publications (India)*, p. 53–69.
- Guihard-Costa A-M et Droullé P. (2000)** « Standards de croissance fœtale de la longueur du fémur et de la longueur du pied. Intérêt pour la détermination de l'âge du fœtale et la détection des anomalies de croissance ». *Biométrie Humaine et Anthropologique* 18, p. 63–75.
- Guihard-Costa AM, Droulle P, Thiebaugeorges O et Hascoet JM. (2000)** A Longitudinal Study of Fetal Growth Variability. *Neonatology* 78, p. 8–12.
- Guihard-Costa AM et Larroche JC. (1992)** Growth Velocity of Some Fetal Parameters. *Neonatology* 62, p. 309–316.
- Guihard-Costa A-M, Papiernik E, Grangé G et Richard A. (2002)** Gender Differences in Neonatal Subcutaneous Fat Store in Late Gestation in Relation to Maternal Weight Gain. *Annals of Human Biology* 29, p. 26–36.
- Guillon M. (1997)** *Anthropologie de terrain et paléodémographie : études méthodologiques sur les grands ensembles funéraires, applications au cimetière médiéval de Tournedos-Portejoie (Eure)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Guillon M. (2011)** « Les Comportements funéraires chrétiens autour de la mortalité fœtale et périnatale : deux exemples récents (XI^e-XVIII^e siècles) pour une lecture archéo-anthropologique du phénomène de répit ». *Le Regroupement des morts : genèse et diversité archéologique, Thanat'os*, Ausonius Éditions, Bordeaux, p. 231–248.
- Guillon M, Portat E et Sellier P. (2002)** « Provins : une fouille programmée (Seine et Marne) ». *Archéopages* 6, p. 14–26.
- Guillon M, Sellier P, Basset G et Beliez Y. (1998)** *L'Église Saint-Ayoul et son cimetière, Provins (77)*. Service Régional de l'Archéologie d'Île-de-France.
- Guillon M, Sellier P, Mabire et La Caille C. (1997)** *Provins, Saint Ayoul*. Ministère de la Culture, Direction Régionale des Affaires Culturelles d'Île-de-France / Saint Denis : Service Régional de l'Archéologie d'Île-de-France.
- Gunz P, Neubauer S, Golovanova L, Doronichev V, Maureille B et Hublin J-J. (2012)** A Uniquely Modern Human Pattern of Endocranial Development. Insights from a New Cranial Reconstruction of the Neandertal Newborn from Mezmaiskaya. *Journal of Human Evolution* 62, p. 300–313.

- Gunz P, Neubauer S, Maureille B et Hublin J-J. (2010)** Brain Development After Birth Differs Between Neanderthals and Modern Humans. *Current Biology* 20, p. 921–922.
- Gunz P, Neubauer S, Maureille B et Hublin J-J. (2011)** Virtual Reconstruction of the Le Moustier 2 Newborn Skull. Implications for Neandertal Ontogeny. *PALEO Revue d'archéologie Préhistorique* 22, p. 155–172.
- Gurney JG, Davis S, Severson RK, Fang J-Y, Ross JA et Robison LL. (1996)** Trends in Cancer Incidence among Children in the US. *Cancer* 78, p. 532–541.
- Gustafson G et Gustafson AG. (1967)** *Microanatomy and Histochemistry of Enamel*, in AEW Miles (éd.) *Structural and Chemical Organization of Teeth*, vol. 2, Academic Press, New York, p. 75–134.
- Gutherz X et Joussaume R. (2000)** « Le Néolithique de la Corne de l'Afrique. Premiers Paysans Du Monde ; Naissance Des Agricultures ». *Séminaires Du Collège de France*. Paris, Errance, p. 291–320.
- Guy H, Masset C et Baud C-A. (1997)** Infant Taphonomy. *International Journal of Osteoarchaeology* 7, p. 221–229.
- Haines A et Cassels A. (2004)** Can the Millennium Development Goals Be Attained? *BMJ* 329, p. 394–397.
- Halcrow SE et Tayles N. (2008a)** *The Bioarchaeological Investigation of Childhood and Social Age: Problems and Prospects*. *Journal of Archaeological Method and Theory* 15, p. 190–215.
- Halcrow SE et Tayles N. (2008b)** Stress near the start of life? Localised Enamel Hypoplasia of the Primary Canine in Late Prehistoric Mainland Southeast Asia. *Journal of Archaeological Science* 35, p. 2215–2222.
- Halcrow SE et Tayles N. (2011)** The Bioarchaeological Investigation of Children and Childhood, in SC Agarwal et BA Glencross (éds.), *Social bioarchaeology*. Malden, Wiley-Blackwell, p. 333–360.
- Halioua B et Ziskind B. (2013)** *La Médecine au temps des pharaons*, collection Piccolo, Paris.
- Hall BK. 1988.** The Embryonic Development of Bone. *American Scientist* 76, p. 174–181.
- Hallgrímsson B, Miyake T, Wilmore K et Hall BK. (2003)** Embryological Origins of Developmental Stability: Size, Shape and Fluctuating Asymmetry in Prenatal Random Bred Mice. *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 296, p. 40–57.
- Hallgrímsson B, Willmore K et Hall BK. (2002)** Canalization, Developmental Stability, and Morphological Integration in Primate Limbs. *American Journal of Physical Anthropology Supplement* 35, p. 131–158.
- Hamilton WJ, Boyd JD et Mossman HW. (1972)** *Hamilton, Boyd and Mossman's Human Embryology: Prenatal Development of Form and Function*, Heffer, Cambridge.
- Han S, Betsinger TK et Scott AB. (2017)** *The Anthropology of the Fetus: Biology, Culture, and Society*, Berghahn Books.
- Hanus M. (1994)** « La douleur du deuil ». *Psychiatries* 105, p. 6–10.

- Harris HA. (1931)** Lines of Arrested Growth in the Long Bones in Childhood: the Correlation of Histological and Radiographic Appearances in Clinical and Experimental Conditions. *The British Journal of Radiology* vol 4, p. 561–588.
- Hassan FA. (1986)** Chronology of the Khartoum “Mesolithic” and “Neolithic” and Related Sites in the Sudan: Statistical Analysis and Comparisons with Egypt. *The African Archaeological Review* 4, p. 83–102.
- Hauser G et De Stefano G. (1984)** *Epigenetic Variants of the Human Skull*. Schweizerbart, Stuttgart.
- Heim J-L. (1976)** *Les Hommes fossiles de la Ferrassie, tome I*. Archives de l’Institut de Paléontologie Humaine 35.
- Heim J-L. (1982)** *Les enfants néandertaliens de La Ferrassie. Étude anthropologique et analyse Ontogénique des Hommes de Néandertal*, éditions Masson, Paris.
- Heinrich RE, Rose MD, Leakey RE et Walker AC. (1993)** Hominid Radius From the Middle Pliocene of Lake Turkana, Kenya. *American Journal of Physical Anthropology* 92, p. 139–148.
- Hems T et Tillmann B. (2000)** Tendon Entheses of the Human Masticatory Muscles. *Anatomy and Embryology* 202, p. 201–208.
- Henderson C. (2008)** When Hard Work Is Disease: the Interpretation of Enthesopathies. *Bar International Series* 1743, p. 17.
- Henderson CY et Alves Cardoso F. (2013)** Special Issue Enteseal Changes and Occupation: Technical and Theoretical Advances and Their Applications. *International Journal of Osteoarchaeology* 23, p. 127–134.
- Henderson CY, Mariotti V, Pany-Kucera D, Perréard-Lopreno G, Villotte S et Wilczak C. (2012)** The Effect of Age on Enteseal Changes at Some Fibrocartilaginous Entheses. *American Journal of Physical Anthropology* 147, p. 163.
- Henke PJW. (1874)** *Studien über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen : insbesondere der Gelenkflächen*. Wiener akademische Sitzungsberichte, Band, 25.
- Henry L. (1984)** *Démographie : analyse et modèles*. INED, Paris.
- Henry L, Blum A. (1988)** *Techniques d’analyse en démographie historique*, 2^e édition, INED, Paris.
- Herring DA, Saunders SR et Katzenberg MA. (1998)** Investigating the Weaning Process in Past Populations. *American Journal of Physical Anthropology* 105, p. 425–439.
- Herrscher E. (2005)** « Comportements socio-culturels liés à l’allaitement et au sevrage : le cas d’une population grenobloise sous l’Ancien Régime ». *Annales de la Fondation Fyssen* 20, p. 46–66.
- Herrscher E. (2013)** « Détection isotopique des modalités d’allaitement et de sevrage à partir des ossements archéologiques. » *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 48, p. 75–85.
- Herrscher E, Goude G et Metz L. (2017)** Longitudinal Study of Stable Isotope Compositions of Maternal Milk and Implications for the Palaeo-Diet of Infants. *Bulletins et Mémoires de la Société d’Anthropologie de Paris* 29, p. 131–139.
- Hershkovitz R. (2008)** Prenatal Diagnosis of Isolated Abnormal Number of Ribs. *Ultrasound Obstetrical Gynecology* 32, p. 506–509.

- Heuzé Y. (2004)** *Chronologie et étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Heuzé Y et Braga J. (2008)** Application of Non-Adult Bayesian Dental Age Assessment Methods to Skeletal Remains: The Spitalfields Collection. *Journal of Archaeological Science* 35, p. 368–375.
- Heuzé Y et Cardoso HFV. (2008)** Testing the Quality of Nonadult Bayesian Dental Age Assessment Methods to Juvenile Skeletal Remains: the Lisbon Collection Children and Secular Trend Effects. *American Journal of Physical Anthropology* 135, p. 275–283.
- Hill R. (1964)** *Theory of mechanical properties of fibre-strengthened materials: I. Elastic behaviour*. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 12, p. 199–212.
- Hillson S. (1996)** *Dental Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hillson S. (2005)** *Teeth*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hillson S et Bond S. (1997)** Relationship of Enamel Hypoplasia to the Pattern of Tooth Crown Growth: A Discussion. *American Journal of Physical Anthropology* 104, p. 89–103.
- Hinkel FW, Mills AJ, Herrmann J, Sherif Ned DM et Adams WY. (1977)** *The Archaeological Map of the Sudan: a Guide to its Use and Explanation of its Principles*. Akademie-Verlag.
- Hochwald O et Osiovič H. 2011.** Prenatal Caffey Disease. *The Israel Medical Association Journal* (IMAJ) 13, p. 113-114.
- Holcomb SMC. (1992)** *A Morphometric Study of Sex Differences in Fetal Iliac Crest*. Mémoire de Master, University of Tennessee, Knoxville.
- Holcomb SMC, Konigsberg LW. 1995.** Statistical Study of Sexual Dimorphism in the Human Fetal Sacral Notch. *American Journal of Physical Anthropology* 97, p. 113–125.
- Holden L et Shuter J. (1882)** *Human Osteology*, 6^e édition, J. & A. Churchill ; Londres.
- Holt PG et Jones CA. (2000)** The Development of the Immune System During Pregnancy and Early Life. *Allergy* 55, p. 688–697.
- Honegger M. (2001)** « Évolution de la société dans le bassin de Kerma (Soudan) des derniers chasseurs-cueilleurs au premier royaume de Nubie ». *Bulletin de La Société Française d'Égyptologie (BSFE)* 152, p. 12–27.
- Honegger M. (2002)** « Évolution de la société dans le bassin de Kerma (Soudan) des derniers chasseurs cueilleurs au premier royaume de Nubie ». *Bulletin de La Société Française d'Égyptologie (BSFE)* 152, p. 12–27.
- Honegger M. (2004)** The Pre-Kerma: a Cultural Group from Upper Nubia Prior to the Kerma Civilisation. *Sudan Nubia - The Sudan Archaeological Research Society* 8, p. 38–46.
- Honegger M. (2005)** « Construire une chronologie dans la vallée du Nil, l'exemple de Kerma en Nubie ». *Dossiers d'Archéologie* 306, p. 44–53.
- Honegger M. (2006)** « La culture du Pré-Kerma de Haute Nubie ». *Archéo-Nil* 16, p. 77–84.
- Honegger M. (2010)** « La Nubie et le Soudan : un bilan des vingt dernières années de recherche sur la pré-et protohistoire ». *Archéo-Nil* 20, p. 77–86.

- Honegger M. (2017)** « Les morts d'accompagnement à Kerma ». *Archéologie Suisse* 40, p. 28–31.
- Honegger M et Williams M. (2015)** Human Occupations and Environmental Changes in the Nile Valley During the Holocene: the Case of Kerma in Upper Nubia (Northern Sudan). *Quaternary Science Reviews* 130, p. 141–154.
- Horan GSB, Nagy Kovacs E, Behringer RR et Featherstone MS. (1995)** Mutations in Paralogous Hox Genes Result in Overlapping Homeotic Transformations of the Axial Skeleton: Evidence for Unique and Redundant Function. *Developmental Biology* 169, p. 359–372.
- Hoshower LM. (1994)** Immunologic Aspects of Human Colostrum and Milk—a Misinterpretation. *American Journal of Physical Anthropology* 94, p. 421–425.
- Houdaille J. (1984)** « La mortalité des enfants dans la France rurale de 1690 à 1779 ». *Population* 39, p. 77-106.
- Howcroft R, Eriksson G et Lidén K. (2012)** Conformity in Diversity? Isotopic Investigations of Infant Feeding Practices in Two Iron Age Populations from Southern Öland, Sweden. *American Journal of Physical Anthropology* 149, p. 217–230.
- Hrdlička A. (1942a)** The Juvenile Scapula: Further Observations. *American Journal of Physical Anthropology* 29, p. 287–310.
- Hrdlička A. (1942b)** The Scapula: Visual Observations. *American Journal of Physical Anthropology* 29, p. 73–94.
- Hu J-C et Simmer JP. (2007)** Developmental Biology and Genetics of Dental Malformations. *Orthodontics & Craniofacial Research* 10, p. 45–52.
- Hultkrantz JV. (1897)** *Das Ellenbogengelenk und seine Mechanik : eine anatomische Studie*. Fischer.
- Hunauld. (1742)** *Quaestio Medico-chirurgica, quodlibetariis disputationibus, manè discutienda*, thèse de Doctorat, Mémoires de l'Académie Royale Des Sciences.
- Hunt DR. (1990)** Sex Determination in the Subadult Ilia: an Indirect Test of Weaver's Nonmetric Sexing Method. *Journal of Forensic Sciences* 35, p. 881–885.
- Hutchinson SJ. (1857)** *On the Different Forms of Inflammation of the Eye Consequent on Inherited Syphilis (concluded)*. To be had of Mr. Churchill, 11, New Burlington St.
- Huxley JS. (1924)** Early Embryonic Differentiation. *Nature* 113, p. 276-278.
- I-Kuei Lin L. (2000)** Total Deviation Index for Measuring Individual Agreement with Applications in Laboratory Performance and Bioequivalence. *Statistics in Medicine* 19, p. 225–270.
- I-Kuei Lin La. (1989)** A Concordance Correlation Coefficient to Evaluate Reproducibility. *Biometrics* 45, p. 255–268.
- Imhof AE. (1986)** « La mortalité infantile historique et actuelle : dialogues entre l'historien et le pédiatre, et entre Pays développés et Tiers monde ». *History and Philosophy of the Life Sciences* 8, p. 81–97.
- Irurita J, Alemán I, Viciano J, López-Lázaro S et Botella MC. (2015)** Alterations of Skull Bones Found in Anencephalic Skeletons from an Identified Osteological Collection. Two Case Reports. *International Journal of Legal Medicine* 129, p. 903–912.

- Jaffe HL. (1972)** *Syphilis of Bones and Joints. Metabolic, Degenerative and Inflammatory Diseases of Bones and Joints*. Philadelphia: Lea and Fabiger.
- Janardhanan M, Umadethan B, Biniraj KR, Kumar RV et Rakesh S. (2011)** Neonatal Line as a Linear Evidence of Live Birth: Estimation of Postnatal Survival of a new Born From Primary Tooth Germs. *Journal of Forensic Dental Sciences* 3, p. 8-13.
- Janssen R et Janssen J. (1990)** *Growing up in ancient Egypt*. Rubicon Press, Londres.
- Johnston FE. (1968)** Growth of the Skeleton in Earlier Peoples, in DR Brothwell, (éd), *The Skeletal Biology of Earlier Human Populations*, vol. 8, Pergamon Press, Oxford, p. 57-66.
- Jones FW. (1911)** Variations of the First Rib, Associated with Changes in the Constitution of the Brachial Plexus. *Journal of Anatomy and Physiology* 45, p. 249–255.
- Jones FW. (1913)** The Anatomy of Cervical Ribs. *Proceedings of the Royal Society of Medecine* 6, p. 95–113.
- Jordan JW et Spencer H. (1949)** Congenital Tuberculosis. *British Medical Journal* 1, p. 217-219.
- Jurmain R et Villotte S. (2010)** Terminology. Entheses in Medical Literature and Physical Anthropology: A Brief Review, in *Document Published Online in 4th February Following the Workshop in Musculoskeletal Stress Markers (msm): Limitations and Achievements in the Reconstruction of Past Activity Patterns, University of Coimbra, July 2–3, 2009, CIAS – Centro de Investigaçao em Antropologia e Saúde, Coimbra*.
- Kabbash A-E, Mona E-G et Mahnzoud E-N. (1998)** Effect of L-Methionine Pre-Treatment on Sodium Valproate (Depakine) Toxicity Induced Fetal Growth Retardation and Skeletal Malformations. *MJFCT-Mansoura Journal of Forensic Medicine and Clinical Toxicology* 6, p. 109–121.
- Kacki S. (2016)** *Influence de l'état sanitaire des populations anciennes sur la mortalité en temps de peste. Contribution à la paléoépidémiologie*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.
- Kacki S, Duneuffjardin P, Blanchard P et Castex D. (2013)** Humerus Varus in a Subadult Skeleton from the Medieval Graveyard of La Madeleine (Orléans, France): Humerus Varus in a Medieval Child. *International Journal of Osteoarchaeology* 23, p. 119–126.
- Kamina P. (1990)** *Petit dictionnaire d'anatomie, d'embryologie et d'histologie - (nomina anatomica)*. Maloine, Paris.
- Kamp K. (2001)** Where Have All the Children Gone? The Archaeology of Childhood. *Journal of Archaeological Method and Theory* 8, p. 1–34.
- Kaplan KM, Spivak JM et Bendo JA. (2005)** Embryology of the Spine and Associated Congenital Abnormalities. *Spine Journal* 5, p. 564–576.
- Khodair SA, et Hassanen OA. (2014)** Abnormalities of Fetal Rib Number and Associated Fetal Anomalies Using Three Dimensional Ultrasonography. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine* 45, p. 689–694.
- Kieser JA. (1984)** An Analysis of the Carabelli Trait in the Mixed Deciduous and Permanent Human Dentition. *Archives of Oral Biology* 29, p. 403–406.
- Kieser JA, Groeneveld HT et Preston CB. (1986)** Fluctuating Dental Asymmetry as a Measure of Odontogenic Canalization in Man. *American Journal of Physical Anthropology* 71, p. 437–444.

- Killian ML et Thomopoulos S. (2016)** Scleraxis Is Required for the Development of a Functional Tendon Enthesis. *The FASEB Journal* 30, p. 301–311.
- King T, Humphrey LT et Hillson S. (2005)** Linear Enamel Hypoplasias as Indicators of Systemic Physiological Stress: Evidence from Two Known Age-at-Death and Sex Populations from Postmedieval London. *American Journal of Physical Anthropology* 128, p. 547–559.
- Kinnally EL. (2014)** Epigenetic Plasticity Following Early Stress Predicts Long-Term Health Outcomes in Rhesus Macaques: Early Stress, Epigenetics, and Health. *American Journal of Physical Anthropology* 155, p. 192–199.
- Kitagawa Y. (2000)** Non metric Morphological Characters of Deciduous Teeth in Japan: Diachronic Evidence of the Past 4000 Years. *International Journal of Osteoarchaeology* 10, p. 242–253.
- Klaus HD. (2014)** Frontiers in the Bioarchaeology of Stress and Disease: Cross-Disciplinary Perspectives from Pathophysiology, Human Biology, and Epidemiology. *American Journal of Physical Anthropology* 155, p. 294–308.
- Klingenberg CP. (2015)** Analyzing Fluctuating Asymmetry with Geometric Morphometrics: Concepts, Methods, and Applications. *Symmetry* 7, p. 843–934.
- Knese K-H et Biermann H. (1958)** Die Knochenbildung an Sehnen und Bandansätzen im Bereich ursprünglich chondraler Apophysen. *Zeitschrift Für Zellforschung* 49, p. 142–187.
- Kodaka T, Sano T et Higashi S. (1996)** Structural and Calcification Patterns of the Neonatal Line in the Enamel of Human Deciduous Teeth. *Scanning Microscopy* 10, p. 737–43.
- Konstantareas MM, Hauser P, Lennox C et Homatidis S. (1986)** Season of Birth in Infantile Autism. *Child Psychiatry and Human Development* 17, p. 53–65.
- Kósa F. (1995)** Characteristic Morphological Differences on ‘Black and White’cranial Fetal Bones. *Forensic Odontology and Anthropology, Köster, Berlin*, p. 104–111.
- Kósa F. (2000)** Application and Role of Anthropological Research in the Practice of Forensic Medicine. *Acta Biologica Szeged* 44, p. 179–188.
- Kovacs CS. (2003)** Fetal Mineral Homeostasis, in F Glorieux, JM Pettifor, M Jüppner,(éds.), *Pediatric Bone: Biology & Diseases*. Academic Press. Elsevier, New York, p. 271–302.
- Kramer MS, Morin I, Yang H, Platt RW, Usher R, McNamara H, Joseph KS et Wen SW. (2002)** Why Are Babies Getting Bigger? Temporal Trends in Fetal Growth and Its Determinants. *The Journal of Pediatrics* 141, p. 538–542.
- Krogman WM. (1941)** *Growth of Man*, 1^{ère} edition, W. Junk.
- Krumlauf R. (1994)** Hox Genes in Vertebrate Development. *Cell* 78, p. 191–201.
- Kujanová M, Bigoni L, Velemínská J et Velemínský P. (2008)** Limb Bones Asymmetry and Stress in Medieval and Recent Populations of Central Europe. *International Journal of Osteoarchaeology* 18, p. 476–491.
- Kulmala T, Vaahtera M, Ndekha M, Koivisto A-M, Cullinan T, Salin M-L et Ashorn P. (2000)** The Importance of Preterm Births for Peri- and Neonatal Mortality in Rural Malawi. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 14, p. 219–226.

- Kuschner SH et Fechter JD. (1996)** Thoracic Outlet Syndrome: Diagnosis and Treatment. *Operative Techniques in Sports Medicine* 4, p. 2–7.
- Lalouette C. (1985)** *L'Empire des Ramsès*. Fayard, Paris, France.
- Lalouette C. 1986.** *Thèbes, ou la naissance d'un empire*. Fayard, Paris, France.
- Lalumière ML, Harris GT et Rice ME. (1999)** Birth Order and Fluctuating Asymmetry: a First Look. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 266, p. 2351–2354.
- Lampl M et Jeanty P. (2003)** Timing Is Everything: a Reconsideration of Fetal Growth Velocity Patterns Identifies the Importance of Individual and Sex Differences. *American Journal of Human Biology* 15, p. 667–680.
- Lampl M, Kusanovic JP, Erez O, Espinoza J, Gotsch F, Goncalves L, Hassan S, Gomez R, Nien JK, Frongillo EA et Romero R. (2009).** Early Rapid Growth, Early Birth: Accelerated Fetal Growth and Spontaneous Late Preterm Birth. *American Journal of Human Biology* 21, p. 141–150.
- Lampl M, Veldhuis J et Johnson M. (1992)** Saltation and Stasis: a Model of Human Growth. *Science* 258, p. 801–803.
- Landis JR et Koch GG. (1977)** The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics* 33, p. 159-174
- Langlois J-Y, Guillon M et Dietrich A. (2009)** « La sépulture antique d'un nouveau né, place de la Pucelle à Rouen (Seine-Maritime) : coffrage ou cercueil ? » in *Le bois dans l'architecture et l'aménagement de la tombe : quelles approches?*, Actes de la table ronde à Auxerre, 15-17 octobre 2009. Mémoires publiés par l'AFAM, vol. 23, 109-115.
- Lanyon L. (1982)** *Mechanical Function and Bone Remodeling*. Bone in Clinical Orthopaedics. Saunders, Philadelphie.
- Larcher C. (2016)** « Quand Thot devient babouin. Essai de datation et d'interprétation de l'apparition de la forme simiesque du dieu ». *Zeitschrift für ägyptische Sprache und Altertumskunde* 143, p. 60-76.
- Larousse. (2010)** *Dictionnaire Larousse 2010*, Paris, France.
- Larsen CS. (2015)** *Bioarchaeology: Interpreting Behavior from the Human Skeleton*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Larsen WJ. (2003)** *Embryologie humaine*. De Boeck, Bruxelles, Belgique.
- Lartet L. (1868)** « Une sépulture des troglodytes du Périgord (crânes des Eyzies) ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 3, p. 335–349.
- Laruelle S et Deraa HC. (2010)** « Étude sur le dépistage et le protocole de rééducation du torticolis congénital du nourrisson après accouchement dystocique ciblé ». *Kinésithérapie, la Revue* 10, p. 38–44.
- Laurence KM et Coates S. (1962)** The Natural History of Hydrocephalus: Detailed Analysis of 182 Unoperated Cases. *Archives of Disease in Childhood* 37, p. 345–362.
- Laurens C. (1995)** *Philippe*. Folio. Éditions P.O.L.

- Laurent S. (1989)** *Naître au Moyen Âge - de la conception à la naissance : la grossesse et l'accouchement, XII^e-XV^e siècle*. Le Léopard d'or.
- Lawn JE, Blencowe H, Pattinson R, Cousens S, Kumar R, Ibiebele I, Gardosi J, Day LT et Stanton C. (2011)** Stillbirths: Where? When? Why? How to Make the Data Count? *The Lancet* 377, p. 1448–1463.
- Lawn JE, Cousens S et Zupan J. (2005)** 4 million neonatal deaths: When? Where? Why? *The Lancet* 365, p. 891–900.
- Lawn JE, Gravett MG, Nunes TM, Rubens CE et Stanton C. (2010)** Global Report on Preterm Birth and Stillbirth (1 of 7): Definitions, Description of the Burden and Opportunities to Improve Data. *BMC Pregnancy Childbirth* 10, p. 1-22.
- Lawn JE et Kinney M. (2014)** Preterm Birth: Now the Leading Cause of Child Death Worldwide. *Science Translational Medicine* 6, p. 1-3.
- Lawrence HJ, Sauvageau G, Humphries RK et Largman C. (1996)** The Role of Hox Homeobox Genes in Normal and Leukemic Hematopoiesis. *Stem Cells* 14, p. 281–291.
- Le Double A-F. (1912)** *Traité des variations de la colonne vertébrale de l'homme et de leur signification au point de vue de l'anthropologie zoologique*. Vigot frères, Paris.
- Le Mené M. (1977)** *L'économie médiévale*. Presses Universitaires de France.
- Le Roy Ladurie E. (1967)** *Histoire du climat depuis l'an mil*. Nouvelle Bibliothèque Scientifique (France).
- Le Roy M. (2015)** *Les enfants au Néolithique - Du contexte funéraire à l'interprétation socioculturelle en France de 5700 à 2100 av. J.-C.* Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.
- Leamy L. (1993)** Morphological Integration of Fluctuating Asymmetry in the Mouse Mandible. *Genetica* 89, p. 139-153.
- Leary RF et Allendorf FW. (1989)** Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Stress: Implications for Conservation Biology. *Trends in Ecology & Evolution* 4, p. 214–217.
- Leboucq HL. (1896)** *Recherches sur les variations anatomiques de la première côte chez l'homme*. Hayez.
- Lechtig A, Habicht J-P, Delgado H, Klein RE, Yarbrough C et Martorell R. (1975)** Effect of Food Supplementation During Pregnancy on Birthweight. *Pediatrics* 56, p. 508–520.
- Ledermann S. (1969)** *Nouvelles tables-types de mortalité*. Institut National d'Etudes Démographiques, Travaux et Documents, collection Cahiers, 53.
- Leek FF. (1972)** *The Human Remains From the Tomb of Tut'ankhamūn*. The Tut'ankhamūn Tomb Series 5, 1^{ère} édition, Griffith Institute.
- Lee-Thorp JA, Sealy JC et van der Merwe NJ. (1989)** Stable Carbon Isotope Ratio Differences Between Bone Collagen and Bone Apatite, and Their Relationship to Diet. *Journal of Archaeological Science* 16, p. 585–599.
- Lens L, Van Dongen S, Kark S et Matthysen E. (2002)** Fluctuating Asymmetry as an Indicator of Fitness: Can We Bridge the Gap Between Studies? *Biological Reviews* 77, p. 27–38.

- Lepetz S. (1993)** « Les restes animaux dans les sépultures gallo-romaines », in A Ferdière (dir.), *Monde des morts, monde des vivants en Gaule rurale, Actes du Colloque ARCHEA/AGER (Orléans, 7-9 février 1992)*, Supplément à la *Revue Archéologique du Centre de la France*, p. 37–44.
- Lesur J. (2014)** « Émergence du pastoralisme dans la Corne de l’Afrique : adaptations culturelles et environnementales en contexte tropical ». *Bulletin Des Séances Mededelingen der Zittingen* 60, p. 299–317.
- Lett D. (1997)** « De l’errance au deuil : les enfants morts sans baptême et la naissance du "limbus puerorum" aux XII^e-XIII^e siècles », in R Fossier, *La petite enfance dans l’Europe médiévale et moderne, Actes des XVI^e Journées Internationales d’Histoire de l’Abbaye de Flaran (septembre 1994)*, Presses Universitaires du Mirail, Toulouse, p. 77-92.
- Levine SZ et Gordon HH. (1942)** Physiologic Handicaps of the Premature Infant: I. Their Pathogenesis. *American Journal of Diseases of Children* 64, p. 274–296.
- Lewis AB et Garn SMG. (1960)** *The Relationship Between Tooth Formation and Other Maturational Factors. The Angle Orthodontist* 30, p. 70–78.
- Lewis M. (2017a)** Fetal Paleopathology: An Impossible Discipline? in S Han, TK Betsinger et AB Scott, (éds.), *The Anthropology of the Fetus: Biology, Culture, and Society*, vol 37, Berghan Books, New York, p. 112–130.
- Lewis ME. (2004)** Endocranial Lesions in Non-Adult Skeletons: Understanding Their Aetiology. *International Journal of Osteoarchaeology* 14, p. 82–97.
- Lewis ME. (2007)** *The Bioarchaeology of Children Perspectives from Biological and Forensic Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Lewis ME. (2013)** Sticks and Stones: Exploring the Nature and Significance of Child Trauma in the Past, in C Knüsel et M Smith, (éds.), *The Routledge Handbook of the Bioarchaeology of Human Conflict*, Routledge, p. 85–110.
- Lewis ME. (2016)** *Children in bioarchaeology: methods and interpretations*, in *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, 3^e édition, Wiley Blackwell, New York.
- Lewis ME. (2017b)** *Paleopathology of Children: Identification of Pathological Conditions in the Human Skeletal Remains of Non-Adults*. Elsevier Academic Press.
- Linde A. (1989)** Dentin Matrix Proteins: Composition and Possible Functions in Calcification. *Anatomical Record* 224, p. 154–166.
- Liston M et Rotroff S. (2013)** Babies in the Well: Archaeological Evidence for Newborn Disposal in Hellenistic Greece, in R Bell, (éd.) *The Oxford Handbook of Childhood and Education in the Classical World*. Oxford University Press, p. 62–82.
- Liu Y et Palmer J. (2003)** A Quantified Study of Facial Asymmetry in 3d Faces. *The Robotic Institute - Carnegie Mellon University, School of Computer Science*, p.1-21.
- Liversidge HM, Herdeg B et Rösing FW. (1998)** Dental Age Estimation of Non-Adults. A Review of Methods and Principles, in G Grupe, (éd.), *Dental Anthropology, Fundamentals, Limits and Prospects*, Springer, Vienna, p. 419–442.
- Liversidge HM et Molleson T. (2004)** Variation in Crown and Root Formation and Eruption of Human Deciduous Teeth. *American Journal of Physical Anthropology* 123, p. 172–180.

- Livingston R, Adam BS et Bracha HS. (1993)** Season of Birth and Neurodevelopmental Disorders: Summer Birth Is Associated with Dyslexia. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry* 32, p. 612–616.
- Livshits G, Davidi L, Kobylansky E, Ben-Amitai D, Levi Y, Merlob P, Optiz JM, Reynolds JF. (1988a)** Decreased Developmental Stability as Assessed by Fluctuating Asymmetry of Morphometric Traits in Preterm Infants. *American Journal of Medical Genetics Part A* 29, p. 793–805.
- Livshits G, Davidi L, Kobylansky E, Levi Y, Ben-Amitai D, Merlob P et Rao DC. (1988b)** Some Biological and Social Factors of Risk Associated with the Birth of Pre-Term Infants. *Genetic Epidemiology* 5, p. 137–149.
- Livshits G et Kobylansky E. (1989)** Study of Genetic Variance in the Fluctuating Asymmetry of Anthropometrical Traits. *Annals of Human Biology* 16, p. 121–129.
- Livshits G, Kobylansky E, Opitz JM et Reynolds JF. (1987)** Dermatoglyphic Traits as Possible Markers of Developmental Processes in Humans. *American Journal of Medical Genetics Part A* 26, p. 111–122.
- Livshits G, Yakovenko K, Kletselman L, Karasik D et Kobylansky E. (1998)** Fluctuating Asymmetry and Morphometric Variation of Hand Bones. *American Journal of Physical Anthropology* 107, p. 125–136.
- Lliboutry L. (1965)** *Traité de glaciologie, tome 2 : glaciers, variations du climat, sols gelés*. Masson, Paris.
- Loh W. (1987)** Some Modifications of Levene's Test of Variance Homogeneity. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 28, p. 213–226.
- Lorin MI, Hsu KH et Jacob SC. (1983)** Treatment of Tuberculosis in Children. *Pediatric Clinics of North America* 30, p. 333–348.
- Lorrio AJ, Paz de Miguel M, Moneo T et Sanchez de Prado MD. (2010)** *Enterramientos infantiles en el oppidum de El Molón (Camporrobles, Valencia)*. *Cuadernos de Arqueología Universidad de Navarra* 18, p. 201–262.
- Loth SR et Henneberg M. (2001)** Sexually Dimorphic Mandibular Morphology in the First Few Years of Life. *American Journal of Physical Anthropology* 115, p. 179–186.
- Louis S. (1991)** « Le projet encyclopédique de Barthélemy l'Anglais », in A Becq, (éd.), *L'Encyclopédisme. Actes du Colloque de Caen 12–16 janvier 1987*. Aux amateurs de livres Caen, p. 147–51.
- Lovie P. (2005)** “Coefficient of Variation”, in B Everitt et DC Howell, (éds.), *Encyclopedia of Statistics in Behavioral Science*. John Wiley & Sons.
- Lowrance EW et Latimer HB. (1957)** Weights and Linear Measurements of 105 Human Skeletons from Asia. *Developmental Dynamics* 101, p. 445–459.
- Lukacs JR. (1999)** Enamel Hypoplasia in Deciduous Teeth of Great Apes: Do Differences in Defect Prevalence Imply Differential Levels of Physiological Stress? *American Journal of Physical Anthropology* 110, p. 351–363.
- Lunt RC et Law DB. (1974)** A Review of the Chronology of Calcification of Deciduous Teeth. *The Journal of the American Dental Association* 89, p. 599–606.

- Macchiarelli R, Bondioli L, Debénath A, Mazurier A, Tournepiche J-F, Birch W et Dean MC. (2006)** How Neanderthal Molar Teeth Grew. *Nature* 444, p. 748–751.
- Macintyre P. (1993)** *Église Saint Ayoul - Provins (77). Rapport d'opération archéologique*. Vincennes: Service Régional de l'Archéologie d'Île-de-France (non publié).
- Mafart B-Y. (1980)** « L'abbaye Saint-Victor de Marseille - Étude anthropologique de la nécropole des IV^e - VI^e siècles », in *Paléoécologie de l'homme fossile*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, France, p. 133–237.
- Magennis AL. (1990)** *Growth and Transverse Line Formation in Contemporary Children*. Thèse de doctorat, University of Massachusetts.
- de Maille M. (1939)** *Provins - les monuments historiques*. première édition, Jacques Liget, Librairie des Arts et Métiers Éditions, Chartres.
- Majó T. (1992)** « Ontogénèse de l'os coxal et détermination sexuelle : l'importance de l'ilium ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 4, p. 53–65.
- Majó T et Tillier AM. (2003)** A New Approach to the Quantitative Analysis of Postcranial Growth in Neandertals and Modern Humans: Evidence from the Hipbone, in J Thompson, GE Krovitz, AJ Nelson (éds.), *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 361–384.
- Majó T, Tillier A-M et Bruzek J. (1993)** « Test des fonctions discriminantes de Schutkowski impliquant l'ilium pour la détermination du sexe dans des séries d'enfants de sexe et d'âge connus ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 5, p. 61–68.
- Mandy B. (1995)** « Ambérieu-en-Bugey, chapelle Saint-Germain d'Amberieu », in *Les premiers monuments chrétiens de la France, tome 1*, Picard, Paris, p 196–199.
- Mann A, Lampl M et Monge J. (1990)** Patterns of Ontogeny in Human Evolution: Evidence from Dental Development. *American Journal of Physical Anthropology* 33, p. 111–150.
- Maresh MM. (1943)** Growth of Major Long Bones in Healthy Children: A Preliminary Report on Successive Roentgenograms of the Extremities from Early Infancy to Twelve Years of Age. *American Journal of Diseases of Children* 66, p. 227–257.
- Maresh MM. (1972)** A Forty-Five Year Investigation for Secular Changes in Physical Maturation. *American Journal of Physical Anthropology* 36, p. 103–109.
- Maresh MM et Deming J. (1939)** The Growth of the Long Bones in 80 Infants. Roentgenograms Versus Anthropometry. *Child Development* 10, p. 91-106.
- Maroteaux P. (1974)**. *Les maladies osseuses de l'enfant*. Flammarion, Paris.
- Marshall A. (2015)** *Maternité et petite enfance en Égypte ancienne*. Éditions du Rocher, Monaco.
- Martin R. (1928)** *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*, Band 2, G. Fischer.
- Martin R et Saller K. (1956)** *Lehrbuch der Anthropologie*. Fischer, Stuttgart, Allemagne.
- Masset C. (1973)** « La Démographie des populations inhumées. Essai de paléodémographie ». *L'Homme* 13, p. 95–131.

- Masset C. (1987)** « Le Recrutement d'un ensemble funéraire », in H Duday et C Masset (éds.) *Anthropologie physique et archéologie : méthodes d'études des sépultures*. Éditions du CNRS, Paris, p. 111–134.
- Masset C. (1994)** « La paléodémographie ». *Histoire et Mesures* 9, p. 381–394.
- Massler M et Schour I. (1941)** Studies in Tooth Development: Theories of Eruption. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery* 27, p. 552–576.
- Maureille B. (1994)** *La face chez Homo erectus et Homo sapiens : recherche sur la variabilité morphologique et métrique*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Maureille B. (2002)** « La redécouverte du nouveau-né néandertalien Le Moustier 2 ». *PALEO. Revue d'archéologie Préhistorique* 14, p. 221–238.
- Maureille B. (2007)** « Portait d'un Néandertalien d'Europe de l'Ouest », in CTHS (éds.), *Les Néandertaliens. Biologie et Culture*. Documents préhistoriques, p. 53–67.
- Maureille B. (2017)** *Les premières sépultures*. Éditions Le Pommier, Paris.
- Maureille B et Braga J. (2002)** Between the incisive bone and premaxilla: from African apes to Homo sapiens, in N Minugh-Purvis, KJ McNamara (éds.), *Human Evolution through Developmental Change*, The Johns Hopkins University Press.
- Maureille B et Houët F. (1993)** « Un aspect de la croissance faciale chez les Néandertaliens : l'exemple du maxillaire ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 5, p. 143–150.
- Maureille B, Peressinotto D, Murail P et Geus F. (2006)** « La nécropole 8B51 de l'île de Saï (Province du Nord, Soudan) ». *Archéologie Du Nil Moyen* 10, p. 181–202.
- Maureille B et Sellier P. (1996)** « Dislocation en ordre paradoxal, momification et décomposition: observations et hypothèses ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 8, p. 313–327.
- Maureille B et Van Peer P. (1998)** « Une donnée peu connue sur la sépulture du premier adulte de La Ferrassie (Savignac-de-Miremont, Dordogne) ». *PALEO. Revue d'archéologie Préhistorique* 10, p. 291–301.
- Maureille B et Vandermeersch B. (2007)** « Les sépultures néandertaliennes », in, CTHS (éds.), *Les Néandertaliens. Biologie et Culture*. Documents préhistoriques, p. 311–322.
- Mayhall JT. (1992)** Techniques for the Study of Dental Morphology, in SR Saunders et MA Katzenberg, (éds.), *Skeletal Biology of Past Peoples: Research methods*, Wiley-Liss, New-York, p. 59–78.
- Zehnacker H. (1999)** *Pline l'Ancien, Naturalis Historia*, 4, I^{er} siècle ap. J.C., traduction d'E. Littré, Édition Folio classique.
- Mays SA, Richards MP et Fuller BT. (2002)** Bone Stable Isotope Evidence for Infant Feeding in Mediaeval England. *Antiquity* 76, p. 654–656.
- Mazzocca AD, Cohen M, Berkson E, Nicholson G, Carofino BC, Arciero R et Romeo AA. (2007)** The Anatomy of the Bicipital Tuberosity and Distal Biceps Tendon. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 16, p. 122–127.

- McDonnell A et Oxenham MF. (2014)** Localised Primary Canine Hypoplasia: Implications for Maternal and Infant Health at Man Bac, Vietnam, 4000-3500 years BP: Localised Primary Canine Hypoplasia, Neolithic Man Bac, Vietnam. *International Journal of Osteoarchaeology* 24, p. 531–539.
- McLean FC et Urist MR. (1955)** *Bone ; an Introduction to the Physiology of Skeletal Tissue*. University of Chicago Press.
- McMillen M. (1979)** Differential Mortality by Sex in Fetal and Neonatal Deaths. *Science* 204, p. 89–91.
- McNally E, Sandin B et Wilkins RA. (1990)** The Ossification of the Costal Element of the Seventh Cervical Vertebra with Particular Reference to Cervical Ribs. *Journal of Anatomy* 170, p.125–129.
- McNamara KJ. (2002)** What is Heterochrony?, in N Minugh-Purvis et KJ McNamara. (éds.), *Human Evolution Through Developmental Change*, JHU Press, p. 1-4.
- Meaney MJ. (2010)** Epigenetics and the Biological Definition of Gene × Environment Interactions. *Child Development* 81, p. 41–79.
- de Mecquenem C. (2003)** *Document final de synthèse, église Saint-Ayoul de Provins, Seine-et-Marne (77), n° de site 77379001AH*. Saint-Denis (93), Pantin (93): Service Régional d'Archéologie d'Île-de-France, Institut de Recherches Archéologiques Préventives, inter-région Centre-Île-de-France.
- de Mecquenem C. (2007)** *Ancien prieuré Saint-Ayoul de Provins - Provins "Couvent des bénédictins" (Seine-et-Marne - Île-de-France)*. Inrap, Paris.
- Megyesi MS, Tubbs RM et Sauer NJ. (2009)** An Analysis of Human Skeletal Remains with Cerebral Palsy: Associated Skeletal Age Delay and Dental Pathologies. *Journal of Forensic Sciences* 54, p. 270–274.
- Mellin GW et Katzenstein M. (1962)** The Saga of Thalidomide: Neuropathy to Embryopathy, with Case Reports of Congenital Anomalies. *The New England Journal of Medicine* 267, p. 1184–1193.
- Memni D. (2011)** *La seconde vie des bébés morts*. éditions EHESS, Paris.
- Menarguez Carretero L et Campo Munoz M. (1967)** Estudio radiológico y tipos morfológicos de costillas cervicales en el sexo femenino. *Enferm Torax* 16, p. 285–308.
- Mendes M et Pala A. (2003)** Type I Error Rate and Power of Three Normality Tests. *Pak Journal of Information and Technology* 2, p. 135–139.
- Méniel P. (1998)** La question du sacrifice animal dans les rites funéraires en Gaule Belgique. *Revue Archéologique de Picardie* 1, p. 245–251.
- Merks JHM, Smets AM, Van Rijn RR, Kobes J, Caron HN, Maas M et Hennekam RCM. (2005)** Prevalence of Rib Anomalies in Normal Caucasian Children and Childhood Cancer Patients. *European Journal of Medical Genetics* 48, p. 113–129.
- Mesqui J. (1979)** *Provins : la fortification d'une ville au Moyen Age*. Librairie Droz.
- Mesqui J. (1980)** *Les Routes dans la Brie et la Champagne Occidentale : histoire et techniques*. Paris, Éditions de la Revue générale des routes et des aérodromes.

- Métairie L. (2014)** *Apports de la morphométrie géométrique à la paléanthropologie dentaire*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard Lyon I.
- Meyer DB. (1978)** Appearance of Cervical Ribs During Early Human Fetal Development. *Anatomical Record* 190, p. 481–481.
- Meyer DB et O’Rahilly R. (1976)** The Onset of Ossification in the Human Calcaneus. *Anatomy and Embryology* 150, p. 19–33.
- Michon F. (2011)** Tooth Evolution and Dental Defects: From Genetic Regulation Network to Micro-Rna Fine-Tuning. *Birth Defects Research Part A: Clinical and Molecular Teratology* 991, p. 763–769.
- Midant-Reynes B. (2003)** *Aux origines de l’Égypte : Du Néolithique à l’émergence de l’État*. Fayard, Paris, France.
- Midant-Reynes B. (2012)** “Adaïma”, in RS Bagnall, K Brodersen, CB Champion, A Erskine, SR Huebner, (éds.), *The Encyclopedia of Ancient History*. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ, USA.
- Miedzybrodzka Z. (2003)** Congenital Talipes Equinovarus (clubfoot): a Disorder of the Foot but Not the Hand. *Journal of Anatomy* 202, p. 37–42.
- Miles AEW et Bulman JS. (1994)** Growth Curves of Immature Bones from a Scottish Island Population of Sixteenth to Mid-Nineteenth Century: Limb-Bone Diaphyses and Some Bones of the Hand and Foot. *International Journal of Osteoarchaeology* 4, p. 121–136.
- Millett M et Gowland R. (2015)** Infant and Child Burial Rites in Roman Britain: a Study from East Yorkshire. *Britannia* 46, p. 171–189.
- Minault-Gout A. 1992.** « Balat II. Le mastaba d’Ima-Pépi. Tombeau d’un gouverneur de l’oasis à la fin de l’Ancien Empire ». *Fouilles de l’Institut Français d’Archéologie Orientale (IFAO)* 33.
- Minotti M. 2015.** *La parure prédynastique en contexte funéraire : technique et usage : le cas d’Adaïma*. Thèse de doctorat, École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- Missonnier S. (2007)** « Entre extrême incertitude et extrême onction : le diagnostic foetal ». *L’Esprit du temps - Champ psychosomatique* 45, p. 71–84.
- Møller AP et Swaddle JP. (1997)** *Asymmetry, Developmental Stability and Evolution*. Oxford University Press, Oxford.
- Montiel R, Solórzano E, Díaz N, Álvarez-Sandoval BA, González-Ruiz M, Cañadas MP, Simões N, Isidro A et Malgosa A. (2012)** Neonate Human Remains: a Window of Opportunity to the Molecular Study of Ancient Syphilis. *PLoS ONE* 7, p. 1-6.
- Mooney MP, Siegel MI et Gest TR. (1985)** Prenatal Stress and Increased Fluctuating Asymmetry in the Parietal Bones of Neonatal Rats. *American Journal of Physical Anthropology* 68, p. 131–134.
- Moore KL. (1988)** *The Developing Human : Clinically Oriented Embryology*, 2^e édition. Saunders.
- Moore KL et Persaud TVN. (2008)** *Embriologia clínica*. Elsevier Brasil.
- Moorrees CFA, Fanning EA et Hunt EE. (1963a)** Age Variation of Formation Stages for Ten Permanent Teeth. *Journal of Dental Research* 42, p. 1490–1502.

- Moorrees CFA, Fanning EA et Hunt EE. (1963b)** Formation and Resorption of Three Deciduous Teeth in Children. *American Journal of Physical Anthropology* 1, p. 205–213.
- Mora S, Bachrach L et Gilsanz V. (2003)** Biochemical Markers of Bone Metabolism, in FH Glorieux, J Pettifor et M Jüppner, (éds.), *Pediatric Bone: Biology & Diseases*, Elsevier-Academic Press, New-York, p. 303–327.
- Morel P. (1962)** *L'anthropologie physique*. Presses Universitaires de France. Paris, France.
- Morey RD. (2008)** Confidence Intervals from Normalized Data: a Correction to Cousineau (2005). *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology* 4, p. 61–64.
- Mukaka MM. (2012)** Statistics Corner: a Guide to Appropriate Use of Correlation Coefficient in Medical Research. *Malawi Medical Journal* 24, p. 69–71.
- Murail P. (1994)** *Pratiques funéraires et paléodémographie : les sujets immatures de la nécropole gallo-romaine de Chantambre (Essonne)*, APDCA, Sophia Antipolis, Valbonne, France, p. 227–237.
- Murail P, Bruzek J, Houët F et Cunha E. (2005)** DSP: a tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 17, p. 167–176.
- Murail P, Maureille B, Peressinotto D et Geus F. (2004)** An Infant Cemetery of the Classic Kerma Period (1750-1500 Bc, Island of Saï, Sudan). *Antiquity* 78, p. 267–277.
- Museur M. (1969)** « Les Anciennes civilisations nubiennes ». *Journal de la Société des Africanistes* 39, p. 173–197.
- Naeye RL et Blanc R. (1965)** Pathogenesis of Congenital Rubella. *JAMA* 194, p. 1277–1283.
- Nanci A. (2017)** *Ten Cate's Oral Histology - Development, Structure, and Function*. Elsevier Health Sciences.
- Nava A, Bondioli L, Coppa A, Dean C, Rossi PF et Zanolli C. (2017a)** New Regression Formula to Estimate the Prenatal Crown Formation Time of Human Deciduous Central Incisors Derived from a Roman Imperial Sample (Velia, Salerno, Italy, I-II Cent.). *PLOS ONE* 12, p. 1–21.
- Nava A, Coppa A, Coppola D, Mancini L, Dreossi D, Zanini F, Bernardini F, Tuniz C et Bondioli L. (2017b)** Virtual Histological Assessment of the Prenatal Life History and Age at Death of the Upper Paleolithic Fetus from Ostuni (Italy). *Scientific Reports* 7, p. 1-10.
- Needleman HL, Allred E, Bellinger D, Alan Leviton, Rabinowitz MM et Iverson K. (1992)** Antecedents and Correlates of Hypoplastic Enamel Defects of Primary Incisors. *Pediatric Dentistry* 14, p. 158-166.
- Néraudeau J-P. (1987)** « La loi, la coutume et le chagrin. Réflexions sur la mort des enfants », in F Hinard, (dir.), *La mort, les morts et l'au-delà dans le monde romain. Actes du Colloque de Caen (Novembre 1985)*, p. 195–208.
- Nguyen Ngoc NT. (2006)** Causes of Stillbirths and Early Neonatal Deaths: Data from 7993 Pregnancies in Six Developing Countries. *Bulletin of the World Health Organization* 84, p. 699–705.
- Nijhout HF et Davidowitz G. (2003)** Developmental Perspectives on Phenotypic Variation, Canalization, and Fluctuating Asymmetry, in M Polak, (éd.), *Developmental Instability: Causes and Consequences*, p. 3–13.

- Nishikimi M et Udenfriendt S. (1976)** Immunologic Evidence That the Gene for L-Gulonolactone Oxidase Is Not Expressed in Animals Subject to Scurvy. *Proceedings of the National Academy of Sciences - Genetics* 73, p. 2066–2068.
- Nolte M et Wilczak C. (2013)** Three-Dimensional Surface Area of the Distal Biceps Enthesis, Relationship to Body Size, Sex, Age and Secular Changes in a 20th Century American Sample: Surface Area of the Biceps Enthesis. *International Journal of Osteoarchaeology* 23, p. 163–174.
- Norris CC et Landis HRM. (1918)** Pregnancy and Pulmonary Tuberculosis: With a Report of One Hundred and Three Cases. *Journal of the American Medical Association* 70, p. 362–365.
- Noussios G, Chouridis P, Kostretzis L et Natsis K. (2016)** Morphological and Morphometrical Study of the Human Ossicular Chain: a Review of the Literature and a Meta-Analysis of Experience Over 50 Years. *Journal of Clinical Medicine Research* 8, p. 76–83.
- Ntambue A, Malonga F, Dramaix-Wilmet M et Donnen P. (2013)** « La mortalité périnatale : ampleur et causes à Lubumbashi, République démocratique du Congo ». *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* 61, p. 519–529.
- Obsomer C. (2007)** « Les expéditions d'Herkhouf (VI^e dynastie) et la localisation de Iam », in M-C Bruwier, (éd.), *Pharaons Noirs. Sur la piste des 40 jours*, p. 39-52.
- Offerdal K, Jebens N, Blaas HGK et Eik-Nes SH. (2007)** Prenatal Ultrasound Detection of Talipes Equinovarus in a Non-Selected Population of 49 314 Deliveries in Norway. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology* 30, p. 838–844.
- Ogden JA, Pais MJ, Murphy MJ et Bronson ML. (1979)** Ectopic bone secondary to avulsion of periosteum. *Skeletal Radiology* 4, p. 124–128.
- Ogden JA et Phillips SB. (1983)** Radiology of Postnatal Skeletal Development. VII. The Scapula. *Skeletal Radiology* 9, p. 157–169.
- Oishi K, Honda S, Takamura N, Kusano Y, Abe Y, Moji K, Takemoto T, Tahara Y et Aoyagi K. (2004)** Secular Trends of Sizes at Birth in Japanese Healthy Infants Born between 1962 and 1988. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science* 23, p. 155–161.
- Olivier G. (1960)** *Pratique anthropologique*. Vigot Frères éditeurs, Paris.
- Olivier G et Pineau H. (1958)** Détermination de l'âge du fœtus et de l'embryon. *Archives d'Anatomie (La Semaine Des Hôpitaux)* 6, p. 21–28.
- Olivier G et Pineau H. (1960)** « Nouvelle détermination de la taille fœtale d'après les longueurs diaphysaires des os longs », in *Presse Médicale*, vol. 68, Masson Editeur, Paris, p. 1959–1959.
- O'Rahilly R. (1973)** The Human Foot. Part 1: Prenatal Development, in NJ Giannestras, (éd.), *Foot Disorders: Medical and Surgical Management*, 2^e édition. Lea and Febiger, Philadelphie, p. 16–23.
- O'Rahilly R et Gardner E. (1975)** The Timing and Sequence of Events in the Development of the Limbs in the Human Embryo. *Anatomy and Embryology* 148, p. 1–23.
- O'Rahilly R et Müller F. (1987)** *Development Stages in Human Embryos: Including a Revision of Streeter's "Horizons" and a Survey of the Carnegie Collection*. Carnegie Institute of Washington.

- Ortner DJ. (2003)** *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*, 2^e édition, Academic Press.
- Ortner DJ, Kimmerle EH et Diez M. (1999)** Probable Evidence of Scurvy in Subadults from Archeological Sites in Peru. *American Journal of Physical Anthropology* 108, p. 321–331.
- Osman A et Edwards DN. (2000)** *Language, Settlement & Long-term History in Upper Nubia. The Mahas Archaeological Survey, 2000, a Preliminary Report.*
- Ossenberg NS. (1969)** *Discontinuous Morphological Variation in the Human Cranium*. Thèse de doctorat, University of Toronto.
- Otsu N. (1979)** A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *EEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 9, p. 62–66.
- Owsley DW et Jantz RL. (1985)** Long Bone Lengths and Gestational Age Distributions of Post-Contact Period Arikara Indian Perinatal Infant Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology* 68, p. 321–328.
- Özener B et Graham JH. (2014)** Growth and Fluctuating Asymmetry of Human Newborns: Influence of Inbreeding and Parental Education: Fluctuating Asymmetry of Inbred Newborns. *American Journal of Physical Anthropology* 153, p. 45–51.
- Padula AM, Tager IB, Carmichael SL, Hammond SK, Lurmann F et Shaw GM. (2013)** The Association of Ambient Air Pollution and Traffic Exposures With Selected Congenital Anomalies in the San Joaquin Valley of California. *American Journal of Epidemiology* 177, p. 1074–1085.
- Pálfi G, Dutour O, Borreani M, Brun J-P et Berato J. (1992)** Pre-Columbian Congenital Syphilis from the Late Antiquity in France. *International Journal of Osteoarchaeology* 2, p. 245–261.
- Palkama A, Virtama P, Telkka A. 1962.** Estimation of Stature from Radiographs of Long Bones in Children. II. Children Under One Year of Age. *Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fennicae* 40, p. 219–222.
- Palmeira P, Carneiro-Sampaio M, Palmeira P et Carneiro-Sampaio M. (2016)** Immunology of Breast Milk. *Revista Da Associação Médica Brasileira* 62, p. 584–593.
- Palmer AR et Strobeck C. (1992)** Fluctuating Asymmetry as a Measure of Developmental Stability: Implications of Non-Normal Distributions and Power of Statistical Tests. *Acta Zoologica Fennica* 191, p. 57-72.
- Palmer AR. (1994)** Fluctuating Asymmetry Analyses: a Primer, in TA Markow, (éd.), *Developmental Instability: Its Origins and Evolutionary Implications*. Kluwer, Dordrecht, Netherlands, p. 335–364.
- Palmer AR. (1996)** From Symmetry to Asymmetry: Phylogenetic Patterns of Asymmetry Variation in Animals and Their Evolutionary Significance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 93, p. 14279–14286.
- Palmer AR. (2004)** Symmetry Breaking and the Evolution of Development. *Science* 306, p. 828–833.
- Palmer AR et Strobeck C. (1986)** Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17, p. 391–421.

- Palmer AR et Strobeck C. (1992)** Fluctuating Asymmetry as a Measure of Developmental Stability: Implications of Non-Normal Distributions and Power of Statistical Tests. *Acta Zoologica Fennica* 191, p. 57–72.
- Palmer AR et Strobeck C. (2003)** *Fluctuating Asymmetry Analyses Revisited. Developmental Instability: Causes and Consequences*, Oxford University Press, Oxford, p. 279–319.
- Palmer AR, Strobeck C et Chippindale AK. (1993)** Bilateral Variation and the Evolutionary Origin of Macroscopic Asymmetries, *Genetica* 89, p. 201–218.
- Papageorgiou A. (2010)** *Intergrowth - 21st International Fetal and Newborn Growth Standards for the 21st Century - Correct Measurement of Fetal Crown Rump Length and Standardization of Ultrasonographers*, Oxford University, p. 1–15.
- Papageorgopoulou C, Suter SK, Rühli FJ et Siegmund F. (2011)** Harris Lines Revisited: Prevalence, Comorbidities, and Possible Etiologies. *American Journal of Human Biology* 23, p. 381–391.
- Papiernik E, Montes De Oca M, De Mouzon J, Hilbert J, Cohen H et Feingold J. (1985)** « Variation ethnique de la durée de la gestation ». *Archives Françaises de Pédiatrie* 42, p. 587–590.
- Park EA, Guild HG, Jackson D et Bond M. (1935)** The Recognition of Scurvy With Especial Reference to the Early X-Ray Changes. *Archives of Disease in Childhood* 10, p. 265–294.
- Park EA et Richter CP. (1953)** Transverse Lines in Bone: The Mechanism of Their Development. *Bulletin of the Johns Hopkins Hospital* 93, p. 234–248.
- Parrat-Dayan S. (1991)** « L'Emmaillotement ou «l'extravagante pratique du maillot : évolution des idées concernant l'habillement de l'enfant nouveau-né à travers le discours médical ». *Journal de Pédiatrie et de Puériculture* 4, p. 47–54.
- Parsons FG. (1909)** The Topography and Morphology of the Human Hyoid Bone. *Journal of Anatomy and Physiology* 63, p. 279–290.
- Parsons PA. (1990)** Fluctuating Asymmetry: an Epigenetic Measure of Stress. *Biological Reviews* 65, p. 131–145.
- Pascoe L et Kim Seow W. (1994)** Enamel Hypoplasia and Dental Caries in Australian Aboriginal Children: Prevalence and Correlation Between the Two Diseases. *Pediatric Dentistry* 16, p. 193–193.
- Patterson RH. (1940)** Cervical Ribs and the Scalenus Muscle Syndrome. *Annals of Surgery* 111, p. 531–545.
- Paturet G. (1951a)** *Traité d'anatomie humaine, tome I. Ostéologie, arthrologie-myologie (à l'exclusion de celles des membres)*. Masson & Cie, Paris.
- Paturet G. (1951b)** *Traité d'Anatomie Humaine, tome II. Membres supérieurs et inférieurs*. Masson & Cie, Paris.
- Pearce J. (2001)** Infants, Cemeteries and Communities in the Roman Provinces, in J Pearce, D Davies, A Gardner et K Lockyear, (éds.), *Proceedings of the Tenth Annual Theoretical Roman Archaeology Conference, London, 2000*, Oxford, Oxbow Books, p. 125–142.
- Pearson JA, Hedges REM, Molleson TI et Özbek M. (2010)** Exploring the relationship Between Weaning and Infant Mortality: an Isotope Case Study from Aşıklı Höyük and Çayönü Tepesi. *American Journal of Physical Anthropology* 143, p. 448–457.

- Pedersen JF. (1982)** Fetal Crown-Rump Length Measurement by Ultrasound in Normal Pregnancy. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology* 89, p. 926–930.
- Peressinotto D, Maureille B, Lecoïnte Y et Geus F. (2001)** « Reconstitution de gestes funéraires ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 13, p. 127–141.
- Perzigian AJ. (1977)** Fluctuating Dental Asymmetry: Variation Among Skeletal Populations. *American Journal of Physical Anthropology* 47, p. 81–88.
- Piercecchi-Marti M-D, Adalian P, Bourliere-Najean B, Gouvernet J, Maczel M, Dutour O et Leonetti G. (2002)** Validation of a Radiographic Method to Establish New Fetal Growth Standards: Radio-Anatomical Correlation. *Journal of Forensic Sciences* 47, p. 328–331.
- Pietrusewsky M. (2000)** Metric Analysis of Skeletal Remains: Methods and Applications, in MA Katzenberg et R Saunders, (éds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Wiley-Liss, New-York, p. 375–415.
- Piette E et Goldberg M. (2001)** *La Dent normale et pathologique*, 1^e édition, De Boeck Supérieur.
- Pilet C. (1994)** « La Nécropole de Saint-Martin-de-Fontenay (Calvados) ». *Gallia Supplément* 54.
- Pinch G et Waraksa EA. (2009)** *Votive Practices*. *UCLA Encyclopedia of Egyptology, Department of Near Eastern Languages and Cultures*, UC Los Angeles.
- Pindborg JJ. (1982)** Aetiology of Developmental Enamel Defects Not Related to Fluorosis. *International Dental Journal* 32, p. 123–134.
- Pinhasi R, Higham TFG, Golovanova LV et Doronichev VB. (2011)** Revised Age of Late Neanderthal Occupation and the End of the Middle Paleolithic in the Northern Caucasus. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108, p. 8611–8616.
- Pitt M. (1988)** Rickets and Osteomalacia, in D Resnick et G Niwayama, (éds.), *The History of Scurvy and Vitamin C*, W. B. Saunders Company, Cambridge University Press, Philadelphia, p. 2087–2126.
- Plochocki JH. (2004)** Bilateral Variation in Limb Articular Surface Dimensions. *American Journal of Human Biology* 16, p. 328–333.
- Plummer G. (1952)** Anomalies Occurring in Children Exposed in Utero to the Atomic Bomb in Hiroshima. *Pediatrics* 10, p. 687–693.
- Poirion D, Larmat J et Tavera A. (1980)** *L'Enfant au Moyen âge : littérature et civilisation*. Édition CUERMA, Sénéfiance n°9, Presses Universitaires de Provence, Aix-en-Provence.
- Ponce de Leon MS, Golovanova L, Doronichev V, Romanova G, Akazawa T, Kondo O, Ishida H et Zollikofer CPE. (2008)** Neanderthal Brain Size at Birth Provides Insights into the Evolution of Human Life History. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105, p. 13764–13768.
- Popu H. (2009)** « La Dépouille mortelle, chose sacrée. À la recherche d'une catégorie juridique oubliée », in *Corps*, L'Harmattan, collection Logiques juridiques, Paris, p. 150–152.
- Portat E. (2009)** « À la rencontre des anges médiévaux et modernes - les estimateurs archéologiques du phénomène de répit ». *Archéopages* 25, p. 6–25.

- Portat E. (2018)** *Comportements funéraires autour de la mortalité fœto-infantile en France septentrionale (XIII^e-XVIII^e siècles). Approche transdisciplinaire*. Thèse de doctorat, l'Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- Portat E, Detante M, Buquet-Marcon C et Guillon M. (2016)** « Rencontre autour de la mort des tout-petits - mortalité fœtale et infantile ». *Actes de la 2^e Rencontre du Groupe d'Anthropologie et d'Archéologie Funéraire, 3-4 décembre 2009, Saint-Germain-en-Laye, Condé-sur-Noireau*.
- Power RK. (2011)** *Fom the Cradle to the Grave - Child, Infant and Fœtal Burials in the Egyptian Archaeological Record from the Early Dynastic Period to the Middle Kingdom (ca. 3300–1650 Bc)*. Thèse de doctorat, Macquarie University.
- Prentice A. (2003)** Micronutrients and the Bone Mineral Content of the Mother, Fetus and Newborn. *The Journal of Nutrition* 133, p. 1693S-1699S.
- Preux P, Ruet-Cabanac M, Dalmay F et Vergnenègre A. (2003)** « Qu'est-ce qu'un test paramétrique ? » *Revue Des Maladies Respiratoires* 20, p. 952–954.
- Prigent D, Hunot J-Y, Comte F, Boyer R et Brodeur J. (1996)** *La mort - voyage au pays des vivants : pratiques funéraires en Anjou*. Ouvrage publié dans le cadre de l'exposition : à réveiller les morts: rites funéraires en Anjou, 10 février - 14 avril 1996. Association culturelle du département du Maine-et-Loire.
- Prior AR, Moldovan O, Azevedo A et Moniz C. (2012)** Caffey Disease in Neonatal Period: The Importance of the Family. *BMJ Case Reports* 2012, p. 1-5.
- Privati B. (1988)** « La céramique de l'établissement Pré-Kerma ». *Genava* vol 36, p. 21–24.
- Prowse TL, Saunders SR, Schwarcz HP, Garnsey P, Macchiarelli R et Bondioli L. (2008)** Isotopic and Dental Evidence for Infant and Young Child Feeding Practices in an Imperial Roman Skeletal Sample. *American Journal of Physical Anthropology* 137, p. 294–308.
- Pryor JW. (1907)** The Hereditary Nature of Variation in the Ossification of Bones. *Anatomical Record* 1, p. 84–88.
- Puumala SE et Hoyme HE. (2015)** Epigenetics in Pediatrics. *Pediatrics in Review* 3, p. 14–21.
- Pyle SI et Hoerr NL. (1955)** *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Knee*. C.C. Thomas, Springfield, IL.
- Pytkowicz Streissgut A, Clarren SK et Jones KL. (1985)** Natural History of the Fetal Alcohol Syndrome: a 10-Year Follow-up of Eleven Patients. *The Lancet* 326, p. 85–91.
- Quack J. (1994)** *Die Lehren des Ani. Ein neuägyptischer Weisheitstext in seinem kulturellen Umfeld*, *Orbis Biblicus et Orientalis* 141, Freiburg und Göttingen 1994, p. 96-99 et p. 292.
- Rafenberg et Annesi-Maesano I. (2018)** « Coûts de l'hypotrophie par retard de la croissance intra-utérine (RCIU) attribuable à la pollution atmosphérique en France ». *Archives de Pédiatrie* 25, p. 256–262.
- Ramírez Rozzi FV et Sardi M. (2007)** Crown-Formation Time in Neandertal Anterior Teeth Revisited. *Journal of Human Evolution* 53, p. 108–113.
- Rao P. (1988)** Springing Test for Differentiating a Cervical Rib from a Supraclavicular Lymph Node. *The Japanese Journal of Surgery* 18, p. 606-607.

- Ratanachu-Ek S, Sukswai P, Jeerathanyasakun Y et Wongtapradit L. (2003)** Scurvy in Pediatric Patients: a Review of 28 Cases. *Journal of the Medical Association of Thailand* 86, p. S734-40.
- Rathgeber T. (2006)** Fossile Menschenreste aus der Sesselfelsgrötte im unteren Altmühlal (Bayern, Bundesrepublik Deutschland). *Quartär* 53, p. 54.
- Ray BS, Hardy R et Parsons H. (1953)** Cervical Ribs: an Analysis of Findings in Fifty-seven Operative Cases. *Bulletin of the New York Academy of Medicine* 29, p. 60-70.
- Razali NM et Wah YB (2011)** Power Comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics* 2, p. 21–33.
- Reed GB. (1969)** Rubella Bone Lesions. *The Journal of Pediatrics* 74, p. 208–213.
- Reinold J. (1993)** « SFDAS : rapport préliminaire de la campagne 1991/1992 ». *Kush* 16, p. 142–168.
- Reisner GA. (1923)** *Excavations at Kerma I-III and IV-V. Peabody Museum of Harvard University, Cambridge Mass.*
- Reitsema LJ et McIlvaine BK. (2014)** Reconciling “stress” and “health” in Physical Anthropology: What Can Bioarchaeologists Learn from the Other Subdisciplines? Stress and Health in Bioarchaeology. *American Journal of Physical Anthropology* 155, p. 181–185.
- Remontet L, Mamelle N, Locard E et Lehingue Y. (1999)** « Courbes de croissance de la naissance à 6 ans : croissance en poids, taille et périmètre crânien selon le sexe ». *Archives de Pédiatrie* 6, p. 520–529.
- Reumer JWF, ten Broek CM et Galis F. (2014)** Extraordinary Incidence of Cervical Ribs Indicates Vulnerable Condition in Late Pleistocene Mammoths. *PeerJ* 2, p. e318.
- Richards JE. (1997)** Ancient Egyptian Mortuary Practice and the Study of Socioeconomic Differentiation, in J Lustig, (éd.), *Anthropology and Egyptology: a Developing Dialogue*. Sheffield, p. 33–42.
- Richter J. (2002)** Die 14C-Daten aus der Sesselfelsgrötte und die Zeitstellung des Micoquien/MMO. *Germania* 80, p. 1–22.
- Richtsmeier JT, Cole TM, et Lele SR. (2005)** An Invariant Approach to the Study of Fluctuating Asymmetry: Developmental Instability in a Mouse Model for Down Syndrome, in DE Slice (éd.), *Modern Morphometrics in Physical Anthropology. Developments in Primatology, Progress and Prospects*, Springer US, p 187–212.
- Riethmuller D, Roth P, Martin A, Maillet R et Schaal J-P. (2004)** « Apport de l'échographie en salle de travail ». *Gynécologie Obstétrique & Fertilité* 32, p. 427–432.
- Ríos L, Rosas A, Estalrich A, García-Tabernero A, Bastir M, Huguet R, Pastor F, Sanchís-Gimeno JA et de la Rasilla M. (2015)** Possible Further Evidence of Low Genetic Diversity in the El Sidrón (Asturias, Spain) Neandertal Group: Congenital Clefts of the Atlas. *PLOS ONE* 10, p.1-17.
- Rissech C, López-Costas O et Turbón D. (2013)** Humeral Development from Neonatal Period to Skeletal Maturity - Application in Age and Sex Assessment. *International Journal of Legal Medicine* 127, p. 201–212.

- Rivollat M, Castex D, Hauret L et Tillier A. (2014)** Ancient down Syndrome: an Osteological Case from Saint-Jean-Des-Vignes, Northeastern France, from the 5–6th Century Ad. *International Journal of Paleopathology* 7, p. 8–14.
- Roberts AM, Peters TJ et Brown KR. (2007)** New Light on Old Shoulders: Palaeopathological Patterns of Arthropathy and Enthesopathy in the Shoulder Complex. *Journal of Anatomy* 211, p. 485–492.
- Roberts C et Manchester K. (2007)** *The Archaeology of Disease*. Cornell University Press.
- Roberts CA et Buikstra JE. (2003)** *The Bioarchaeology of Tuberculosis: a Global Perspective on a Re-Emerging Disease*. University Press of Florida.
- Roberts D, Roberts D et Thomson AM. (1976)** Environment and the Fetus, in DF Roberts et AM Thompson, (éds.), *The Biology of Human Fetal Growth*, vol. 15, p. 267–283.
- Robillard P-Y, Scioscia M, Coppola D, Chaline J, Bonsante F et Iacobelli S. (2018)** La “donna Di Ostuni”, a Case of Eclampsia 28,000 Years Ago? *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine* 31, p. 1381–1384.
- Rodríguez JI et Palacios J. (1991)** Pathogenetic Mechanisms of Fetal Akinesia Deformation Sequence and Oligohydramnios Sequence. *American Journal of Medical Genetics* 40, p. 284–289.
- Roegiers L. (2003)** « Inductions, césariennes et réanimations : une naissance sur ordonnance ? » in *Le fil rouge*, Presses Universitaires de France.
- Roesler H. (1981)** Some Historical Remarks on the Theory of Cancellous Bone Structure (Wolff's Law). *Mechanical Properties of Bone* 15, p. 27–42.
- Römer HW. 1863.** *Zur Entwicklung des Ellbogengelenks*. Thèse de doctorat, Marburg Universität.
- Rosenberg K et Trevathan W. (2002).** Birth, Obstetrics and Human Evolution. *An International Journal of Obstetrics and Gynaecology (BJOG)* 109, p. 1199–1206.
- Rosenberg K et Trevathan W. (2005)** Bipedalism and Human Birth: the Obstetrical Dilemma Revisited. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 4, p. 161–168.
- Rösing FW, Graw M, Marré B, Ritz-Timme S, Rothschild MA, Röttscher K, Schmeling A, Schröder I et Geserick G. (2007)** Recommendations for the Forensic Diagnosis of Sex and Age from Skeletons. *HOMO - Journal of Comparative Human Biology* 58, p. 75–89.
- Rots V et Van Peer P. (2006)** Early Evidence of Complexity in Lithic Economy: Core-Axe Production, Hafting and Use at Late Middle Pleistocene Site 8-B-11, Sai Island (Sudan). *Journal of Archaeological Science* 33, p. 360-371.
- Roux W. (1881)** *Der Kampf der Theile im Organismus*. W. Engelmann.
- Rovillé-Sausse F et Guihard-Costa A-M. (1997)** « Croissances pondérales intra- et extra-utérines comparées entre 36 et 40 semaines d'aménorrhée ». *Anthropologie et Préhistoire* 108, p. 13–18.
- Rozzi FR. (2010)** « Quantification de la croissance à partir des indices dentaires ». *L'Anthropologie du vivant : objets et méthodes*, p. 41–46.
- Rudolph AJ. (1965)** Osseous Manifestations of the Congenital Rubella Syndrome. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 110, p. 428–433.

- Rudolph AJ, Yow MD, Phillips A, Desmond MM, Blattner RJ et Melnick JI. (1965)** Transplacental Rubella Infection in Newly Born Infants. *JAMA* 9, p. 843–845.
- Ruff C, Holt B et Trinkaus E. (2006)** Who's Afraid of the Big Bad Wolff?: "Wolff's Law" and Bone Functional Adaptation. *American Journal of Physical Anthropology* 129, p. 484–498.
- Ruff CB, Scott WW et Liu AY-C. (1991)** Articular and Diaphyseal Remodeling of the Proximal Femur With Changes in Body Mass in Adults. *American Journal of Physical Anthropology* 86, p. 397–413.
- Rushton MA. (1933)** On the Fine Contour Lines of the Enamel of Milk Teeth. *Dental Record* 53, p. 170–171.
- Sabapathy SR, Venkatramani H et Bhardwaj P. (2010)** Pseudarthrosis of Cervical Rib: An Unusual Cause of Thoracic Outlet Syndrome. *Journal of Hand Surgery* 35, p. 2018–2021.
- Sabel N, Johansson C, Kühnisch J, Robertson A, Steiniger F, Norén JG, Klingberg G et Nietzsche S. (2008)** Neonatal Lines in the Enamel of Primary Teeth - a Morphological and Scanning Electron Microscopic Investigation. *Archives of Oral Biology* 53, p. 954–963.
- Sadler TW. (2011)** *Langman's Medical Embryology*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sampson PD, Streissguth AP, Bookstein FL, Little RE, Clarren SK, Dehaene P, Hanson JW, Graham JM. (1997)** Incidence of Fetal Alcohol Syndrome and Prevalence of Alcohol-Related Neurodevelopmental Disorder. *Teratology* 56, p. 317–326.
- Sanders RJ et Hammond SL. (2002)** Management of Cervical Ribs and Anomalous first Ribs Causing Neurogenic Thoracic Outlet Syndrome. *Journal of Vascular Surgery* 36, p. 51–56.
- Saporta G. (2006)** *Probabilités, analyse des données et statistique*. Éditions TECHNIP.
- Sarno M, Sacramento GA, Khouri R, do Rosário MS, Costa F, Archanjo G, Santos LA, Nery Jr N, Vasilakis N et Ko AI. (2016)** Zika Virus Infection and Stillbirths: a Case of Hydrops Fetalis, Hydranencephaly and Fetal Demise. *PLoS neglected tropical diseases* 10, p. e0004517.
- Saunders SR. 1978.** *The Development and Distribution of Discontinuous Morphological Variation of the Human Infracranial Skeleton*. Thèse de doctorat, National Museum of Canada.
- Saunders SR et Mayhall JT. (1982a)** Fluctuating Asymmetry of Dental Morphological Traits: New Interpretations. *Human Biology* 54, p. 789–799.
- Saunders SR et Mayhall JT. (1982b)** Developmental Patterns of Human Dental Morphological Traits. *Archives of Oral Biology* 27, p. 45–49.
- Scammon RE et Calkins LA. (1923)** Simple Empirical Formulae for Expressing the Lineal Growth of the Human Fetus. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 20, p. 353–356.
- Schaeffer AA. (1928)** Spiral Movement in Man. *Journal of Morphology* 45, p. 293–398.
- Schalk C. (2017)** *Le travail des soignants dédiés à la vie face à la mort périnatale : sages-femmes et Gynécologues-obstétricien(ne)s*. Thèse de doctorat, CNAM - École doctorale Abbé Grégoire, Centre de Recherche sur le Travail et le Développement.
- Schattmann AF. (2014)** *The Co-Occurrence of Scurvy and Rickets in 16th to 18th Century Skeletal Material From Douai, France*. Mémoire de Master, McMaster University, Hamilton, Ontario.

- Scheuer JL, Musgrave JH et Evans SP. (1980)** The Estimation of Late Fetal and Perinatal Age from Limb Bone Length by Linear and Logarithmic Regression. *Annals of Human Biology* 7, p. 257–265.
- Scheuer L. (2002)** A Blind Test of Mandibular Morphology for Sexing Mandibles in the First Few Years of Life. *American Journal of Physical Anthropology* 119, p. 189–191.
- Scheuer L et Black SM. (2000)** *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, San Diego.
- Scheuer L et MacLaughlin-Black S. (1994)** Age Estimation from the Pars Basilaris of the Fetal and Juvenile Occipital Bone. *International Journal of Osteoarchaeology* 4, p. 377–380.
- Schmeling A, Geserick G, Reisinger W et Olze A. (2007)** Age Estimation. *Forensic Science International* 165, p. 178–181.
- Schmitt A et Georges P. (2008)** « Quelle démarche suivre pour estimer l'âge au décès à partir du squelette ? » in P Charlier, (dir.), *Pour un manuel pratique de paleopathologie humaine*, De Boccard, Paris, p. 269–280.
- Schoeninger MJ et DeNiro MJ. (1984)** Nitrogen and Carbon Isotopic Composition of Bone Collagen from Marine and Terrestrial Animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, p. 625–639.
- Schour I. (1936)** The Neonatal Line in the Enamel and Dentin of the Human Deciduous Teeth and First Permanent Molar. *The Journal of the American Dental Association* 23, p. 1946–1955.
- Schrader SA. (2015)** Elucidating Inequality in Nubia: an Examination of Enteseal Changes at Kerma (Sudan). *American Journal of Physical Anthropology* 156, p. 192–202.
- Schulman I. (1959)** The Anemia of Prematurity. *The Journal of Pediatrics* 54, p. 663–672.
- Schulman I, Smith SH, Stern GS, Fort E, Bennem B et Gertrude S. (1954)** Studies on the Anemia of Prematurity. *American Journal of Diseases of Children* 88, p. 567–568.
- Schultz AH. (1923)** Fetal Growth in Man. *American Journal of Physical Anthropology* 6, p. 389–399.
- Schultz AH. (1937)** Proportions, Variability and Asymmetries of the Long Bones of the Limbs and the Clavicles in Man and Apes. *Human Biology* 9, p. 281–328.
- Schulz AH. (1960)** Vertebral Column and Thorax, in H Hofer, AH Schultz et D Starck, (éds.). *Karger Medical and Scientific Publishers*, vol. 4, Karger, p. 1–66.
- Schumacher R, Mai A et Gutjahr P. (1992)** Association of Rib Anomalies and Malignancy in Childhood. *The Journal of Pediatrics* 151, p. 432–434.
- Schurr MR. (1997)** Stable Nitrogen Isotopes as Evidence for the Age of Weaning at the Angel Site: a Comparison of Isotopic and Demographic Measures of Weaning Age. *Journal of Archaeological Science* 24, p. 919–927.
- Schutkowski H. (1987)** Sex Determination of Fetal and Neonate Skeletons by Means of Discriminant Analysis. *International Journal of Anthropology* 2, p. 347–352.
- Schutkowski H. (1990)** *Zur Geschlechtsdiagnose von Kinderskeletten : morphognostische, metrische und diskriminanzanalytische Untersuchungen*. Georg-August-Universität.
- Schutkowski H. (1993)** Sex Determination of Infant and Juvenile Skeletons: I. Morphognostic Features. *American Journal of Physical Anthropology* 90, p. 199–205.

- Schwarcz HP et Schoeninger MJ. (1991)** Stable Isotope Analyses in Human Nutritional Ecology. *American Journal of Physical Anthropology* 34, p. 283–321.
- Schwartz GT et Dean C. (2000)** Interpreting the Hominid Dentition: Ontogenic and Phylogenetic Aspects. Development, Growth and Evolution. *Linnean Society Symposium Series* vol 20, p. 207–233.
- Sciulli PW. (1998)** Evolution of the Dentition in Prehistoric Ohio Valley Native Americans: II. Morphology of the Deciduous Dentition. *American Journal of Physical Anthropology* 106, p. 189–205.
- Sciulli PW, Doyle WJ, Kelley C, Siegel P et Siegel MI. (1979)** The Interaction of Stressors in the Induction of Increased Levels of Fluctuating Asymmetry in the Laboratory Rat. *American Journal of Physical Anthropology* 50, p. 279–284.
- Scott E. (1992)** Images and Contexts of Infants and Infant Burials: Some Thoughts on Some Cross-Cultural Evidence. *Archaeological Review from Cambridge* 11, p. 77–92.
- Scott GR et Turner CG. (1997)** *Anthropology of Modern Human Teeth*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Scott RS, Ungar PS, Bergstrom TS, Brown CA, Grine FE, Teaford MF et Walker A. (2005)** Dental Microwear Texture Analysis Shows Within-Species Diet Variability in Fossil Hominins. *Nature* 436, p. 693–695.
- Séguy I et Signoli M. (2008)** « Quand la naissance côtoie la mort : pratiques funéraires et religion populaire en France au Moyen-Âge et à l'Époque Moderne », in F. Gusi, S. Muriel et C. Olaria, (eds.), *Nasciturus, infans, puerulus vobis mater terra: la muerte en la infancia. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques*, p. 497–512.
- Sekeles E et Ornoy A. (1975)** Osseous Manifestations of Gestational Rubella in Young Human Fetuses. *American Journal of Obstetrics and Gynecology* 122, p. 307–312.
- Sellier P. (1996)** « La mise en évidence d'anomalies démographiques et leur interprétation : population, recrutement et pratiques funéraires du tumulus de Courtesoult ». *Nécropoles et société au premier âge du fer : le tumulus de Courtesoult (Haute-Saône)*, collection Documents d'Archéologie Française 54, 136-142
- Sellier P, Tillier A-M et Bruzek J. (1997)** À la recherche d'une référence pour l'estimation de l'âge des foetus, nouveau-nés et nourrissons. *Anthropologie et Préhistoire* 108, p. 75–87.
- Sempé M, Pédrón G et Roy-Pernot M-P. (1979)** *Auxologie : méthode et séquences*. Théraplix.
- Sengupta M et Karmakar B. (2007)** Genetics of Anthropometric Asymmetry in an Indian Endogamous Population - Vaidyas. *American Journal of Human Biology* 19, p. 399–408.
- Seow W et Perham S. (1990)** Enamel Hypoplasia in Prematurely-Born Children: a Scanning Electron Microscopic Study. *The Journal of Pedodontics* 14, p. 235–239.
- Seow WK, Humphrys C et Tudehope DI. (1987)** Increased Prevalence of Developmental Dental Defects in Low Birth-Weight, Prematurely Born Children: a Controlled Study. *Pediatric Dentistry* 9, p. 221–5.
- Shah N et Sukumar S. (2010)** The Hox Genes and Their Roles in Oncogenesis. *Nature Reviews Cancer* 10, p. 361–371.

- Shapiro SS et Wilk MB. (1965)** An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* 52, p. 591–611.
- Shastry SM, Kolte SS et Sanagapati PR. (2012)** Potter's Sequence. *Journal of Clinical Neonatology* 1, p. 157–159.
- Shucksmith HS. (1963)** Cerebral and Peripheral Emboli Caused by Cervical Ribs. *British Medical Journal* 2, p. 835.
- Siegel M et Greenberg M. (1956)** Poliomyelitis in Pregnancy: Effect on Fetus and Newborn Infant. *The Journal of Pediatrics* 49, p. 280–288.
- Sieswerda-Hoogendoorn T, van Rijn RR et Robben SGF. (2014)** Classic Metaphyseal Lesion Following Vaginal Breech Birth, a Rare Birth Trauma. *Journal of Forensic Radiology and Imaging* 2, p. 2–4.
- Sinitsyn A. (2004)** « Les sépultures de Kostenki : chronologie, attribution culturelle, rite funéraire ». *La Spiritualité*, p. 237–244.
- Sinnatamby CS et Last RJ. (1999)** *Last's Anatomy: Regional and Applied*. 10^e édition, Elsevier Health Sciences, Edinburgh.
- Sjovold T. (1977)** Non-metrical divergence between skeletal populations: the theoretical foundation and biological importance of CAB Smith's mean measure of divergence. *Ossa* 4, p. 133.
- Skaif AY, Boutin RD, Dantas RWM, Hooper AW, Muhle C, Chou DS, Lektrakul N, Trudell DJ, Haghighi P et Resnick DL. (1999)** Bicipitoradial Bursitis: Imaging Findings in Eight Patients and Anatomic Data from Contrast Material Opacification of Bursae Followed by Routine Radiography and Imaging in Cadavers. *Radiology* 212, p. 111–116.
- Skinner M et Dupras T. (1993)** Variation in Birth Timing and Location of the Neonatal Line in Human Enamel. *Journal of Forensic Sciences* 38, p. 1383–1390.
- Skinner M, Goodman AH. 1992.** Anthropological Uses of Developmental Defects of Enamel, in JL Brauer, (éd.), *Skeletal Biology of Past Peoples, Research Methods*. Wiley-Liss, New York, p. 153–174.
- Skjaerven R, Gjessing HK et Bakketeig LS. (2000)** Birthweight by Gestational Age in Norway. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica* 79, p. 440–449.
- Smith TM. (2008)** Incremental Dental Development: Methods and Applications in Hominoid Evolutionary Studies. *Journal of Human Evolution* 54, p. 205–224.
- Smith TM, Reid DJ et Sirianni JE. (2006)** The Accuracy of Histological Assessments of Dental Development and Age at Death. *Journal of Anatomy* 208, p. 125–138.
- Smith-Gill SJ. (1983)** Developmental Plasticity: Developmental Conversion versus Phenotypic Modulation. *American Zoologist* 23, p. 47–55.
- Söderman F, Van Dongen S, Pakkasmaa S et Merilä J. (2007)** Environmental Stress Increases Skeletal Fluctuating Asymmetry in the Moor Frog *Rana Arvalis*. *Oecologia* 151, p. 593–604.
- Sognaes RF. (1949)** The Organic Elements of the Enamel: II. the Organic Framework of the Internal Part of the Enamel. *Journal of Dental Research* 28, p. 549–557.

- Solomons NW, Mazariegos M, Brown KH et Klasing K. (1993)** The Underprivileged, Developing Country Child: Environmental Contamination and Growth Failure Revisited. *Nutrition Reviews* 51, p. 327–332.
- Soriano-Arandes A, Rivero-Calle I, Nastouli E, Espiau M, Frick M, Alarcon A et Martín-Torres F. (2018)** What We Know and What We Don't Know About Perinatal Zika Virus Infection: a Systematic Review. *Expert Review of Anti-infective Therapy* 16, p. 243-254.
- Soulé-Nan J. (2002)** *La Nubie des pyramides*. Editions du Rocher, Monaco.
- Southam AH et Bythell WJS. (1924)** Cervical Ribs in Children. *British Medical Journal* 2, p. 844–845.
- Sparacello VS, Villotte S, Shackelford LL et Trinkaus E. (2017)** Patterns of Humeral Asymmetry Among Late Pleistocene Humans. *Comptes Rendus Palevol* 16, p. 680–689.
- Speidel BD et Meadow SR. (1972)** Maternal Epilepsy and Abnormalities of the Fetus and Newborn. *The Lancet* 300, p. 839–843.
- Stack MV. (1963)** Retardation of *Fœtal* Dental Growth in Relation to Pathology. *Archives of Disease in Childhood* 38, p. 443–446.
- Steele J et Mays S. (1995)** Handedness and Directional Asymmetry in the Long Bones of the Human Upper Limb. *International Journal of Osteoarchaeology* 5, p. 39–49.
- Steinbock RT. 1976.** *Paleopathological Diagnosis and Interpretation: Bone Diseases in Ancient Human Populations*, 1^{ère} édition, Charles C Thomas Pub Limited.
- Stewart AL et Reynolds EOR. (1974)** Improved Prognosis for Infants of Very Low Birthweight. *Pediatrics* 54, p. 724–735.
- Stewart NA, Gerlach RF, Gowland RL, Gron KJ et Montgomery J. (2017)** Sex Determination of Human Remains from Peptides in Tooth Enamel. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, p. 13649–13654.
- Steyn M, Meiring JH, Nienaber WC et Loots M. (2002)** Large Fontanelles in an Early 20th Century Rural Population from South Africa. *International Journal of Osteoarchaeology* 1, p. 291–296.
- Storm RA. (2010)** *Human Skeletal Asymmetry. a Study of Directional and Fluctuating Asymmetry in Assessing Health, Environmental Conditions, and Social Status in English Populations from the 7th to the 19th Centuries*. Thèse de doctorat, University of Bradford.
- Stranding S (2015)** *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Medicine and Surgery*. Elsevier Health Sciences, New York, Edinburgh, London.
- Streeter GL. (1942)** Description of Age Group XI, 13 to 20 Somites, and Age Group XII, 21 to 29. *Contribution to Embryology, Carnegie Institute* 30, p. 211–245.
- Stuart-Macadam P. (1989)** Nutritional Deficiency Diseases: a Survey of Scurvy, Rickets, and Iron deficiency Anemia. *Reconstruction of Life from the Skeleton*, p. 201–222.
- Suys É. (1935)** *La sagesse d'Ani : texte, traduction et commentaire*. Pontificio istituto biblico, Rome.
- Swindler DR. (2002)** *Primate Dentition: an Introduction to the Teeth of Non-Human Primates*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Sycamore LK. 1944.** Common Congenital Anomalies of the Bony Thorax. *American Journal of Roentgenology* 51, p. 593–599.
- Tafforeau P, Zermeno JP et Smith TM. (2012)** Tracking Cellular-Level Enamel Growth and Structure in 4D with Synchrotron Imaging. *Journal of Human Evolution* 62, p. 424–428.
- Takuma S. (1960)** Preliminary Report on the Mineralization of Human Dentin. *Journal of Dental Research* 39, p. 964–972.
- Takuma S et Eda S. (1966)** Structure and Development of the Peritubular Matrix in Dentin. *Journal of Dental Research* 45, p. 683–692.
- Tallet P. (2005)** *Sésostriis III et la fin de la XII^e dynastie*. Les Grands Pharaons, Pygmalion.
- Tallet P. (2008)** « Une boisson destinée aux élites : le vin en Égypte ancienne », in *Actes du 18^{ème} colloque de la Villa Kérylos à Beaulieu-sur-Mer les 4, 5 et 6 octobre 2007*. Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Cahiers de la Villa Kérylos, 19, Paris, p. 39–51.
- Tamura Y, Welch DC, Zic JA, Cooper WO, Stein SM et Hummell DS. (2000)** Scurvy Presenting as Painful Gait With Bruising in a Young Boy. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine* 154, p. 732–735.
- Tancock DLK. (2014)** *Congenital Defects in 18th and 19th Century Populations from Rural and Urban Northeast England*. Thèse de doctorat, Durham University.
- Tanner JM. 1962.** *Growth at Adolescence*, 2^e édition, Blackwell Scientific.
- Temple DH, Goodman AH. (2014)** Bioarcheology Has a “health” Problem: Conceptualizing “stress” and “Health” in Bioarcheological Research: Stress and Health in Bioarcheological Research. *American Journal of Physical Anthropology* 155, p. 186–191.
- Ten Broek CMA ten, Bots J, Bugiani M, Galis F et Van Dongen S. (2017)** Developmental Origins of Limb Developmental Instability in Human Fetuses: Many Abnormalities Make the Difference. *Symmetry* 9, p. 1-8.
- Ten Cate AR. (1996)** The Role of Epithelium in the Development, Structure and Function of the Tissues of Tooth Support. *Oral Diseases* 2, p. 55–62.
- Testart A. (2004)** *La Servitude volontaire: les morts d’accompagnement*. Éditions Errance.
- Testut L. (1889)** *L’apophyse sus-épitrochléenne chez l’homme : vingt-deux observations nouvelles*. Haar-Steinert.
- Thellier E, Colmant C et Sénat M-V. (2018)** Fetus (Drug Addiction, Alcoholism, etc.), in C Rey-Salmon et C Adamsbaum, (éds.), *Child Abuse*. Springer International Publishing, p. 313–325.
- Thesleff I. (2006)** The Genetic Basis of Tooth Development and Dental Defects. *American Journal of Medical Genetics Part A* 140, p. 2530–2535.
- Thesleff I et Nieminen P. (1996)** Tooth Morphogenesis and Cell Differentiation. *Current Opinion in Cell Biology* 8, p. 844–850.
- Thi Hop L. (2003)** Secular Trend in Size at Birth of Vietnamese Newborns During the Last 2 Decades (1980-2000). *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 12, p. 266–270.

- Thill F. (2017)** « Saï et Aniba : deux centres administratifs du vice-roi Nehy sous Thoutmosis III ». *Cahiers de Recherches de l'Institut de Papyrologie et d'Égyptologie de Lille, Université Charles de Gaulle - Lille III (CRIPEL)* 30, p. 263–301.
- Thomas A. (2011)** *Identités funéraires, variants biologiques et facteurs chronologiques : une nouvelle perception du contexte culturel et social du Cerny (Bassin Parisien, 4700-4300 avant J.-C.)*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux.
- Thomopoulos S, Birman V et Genin GM. (2012)** *Structural Interfaces and Attachments in Biology*. Springer Science & Business Media.
- Thomopoulos S, Genin GM et Galatz LM. (2010)** The Development and Morphogenesis of the Tendon-to-Bone Insertion What Development Can Teach Us About Healing. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions* 10, p. 35–45.
- Thomopoulos S, Kim H-M, Rothermich SY, Biederstadt C, Das R et Galatz LM. (2007)** Decreased Muscle Loading Delays Maturation of the Tendon Enthesis During Postnatal Development. *Journal of Orthopaedic Research* 25, p. 1154–1163.
- Thomopoulos S, Williams GR, Gimbel JA, Favata M et Soslowsky LJ. (2003)** Variation of Biomechanical, Structural, and Compositional Properties Along the Tendon to Bone Insertion Site. *Journal of Orthopaedic Research* 21, p. 413–419.
- Thornhill R et Gangestad SW. (1999)** The Scent of Symmetry: a Human Sex Pheromone That Signals Fitness? *Evolution and Human Behavior* 20, p. 175–201.
- Tierney SN et Bird JM. (2015)** Molecular Sex Identification of Juvenile Skeletal Remains From an Irish Medieval Population Using Ancient DNA Analysis. *Journal of Archaeological Science* 62, p. 27–38.
- Tillier A. (1989)** « Les enfants proto-cro-magnons de Qafzeh (Israël) », in O Bar Yosef, B Vandermeersch (éds.), *Investigations in South Levantine Prehistory*, BAR International Series 497.
- Tillier A. (2000a)** Introduction - Children in the past. Paleoanthropology, demographic anomalies, taphonomy and mortuary practices, in M Dockalova, (éds.), *Anthropologie - International Journal of the Science of Man* 38, Moravian Museum, Brno.
- Tillier AM. (1986)** Quelques aspects de l'ontogénèse du squelette crânien des Néanderthaliens. *Anthropos*, Brno 23, p. 207–216.
- Tillier AM. (1987)** *L'enfant de La Quina H18 et l'ontogénie des Néanderthaliens. Actes des congrès nationaux des sociétés savantes (éds.) Préhistoire de Poitou-Charentes. Problèmes actuels*. Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques (CTHS), Paris, p. 201–206.
- Tillier A-M. (2000b)** Palaeoanthropology Applied to Neanderthals. Similarities and Contrasts Between Neanderthal and Modern Human Children. *Anthropologie* 1962, 38, p. 109–120.
- Tillier A-M. (2005)** La Croissance des enfants dans les populations du passé. Questions méthodologiques et perspectives en paléanthropologie. *Objets et Méthodes En Paléanthropologie, Comité Des Travaux Historiques et Scientifiques*, Paris, p. 247–69.
- Tillier A-M et Duday H. (1990)** « Les Enfants morts en période périnatale ». *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, p. 89–98.

- Todd TW. (1911)** The Relations of the Thoracic Operculum Considered in Reference to the Anatomy of Cervical Ribs of Surgical Importance. *Journal of Anatomy and Physiology* 45, p. 293–304.
- Todd TW. (1912)** “Cervical Rib”: Factors Controlling Its Presence and Its Size. Its Bearing on the Morphology and Development of the Shoulder. *Journal of Anatomy and Physiology* 46, p. 244–288.
- Townsend G, Hughes T, Luciano M, Bockmann M et Brook A. (2009)** Genetic and Environmental Influences on Human Dental Variation: a Critical Evaluation of Studies Involving Twins. *Archives of Oral Biology* 54, p. 45–51.
- Townsend G, Richards L, Messer LB, Hughes T, Pinkerton S, Seow K, Gotjamanos T, Gully N, Bockmann M. (2006)** Genetic and Environmental Influences on Dentofacial Structures and Oral Health: Studies of Australian Twins and Their Families. *Twin Research and Human Genetics* 9, p. 727–732.
- Trevathan WR. (1988)** Fetal Emergence Patterns in Evolutionary Perspective. *American Anthropologist* 90, p. 674–681.
- Trinkaus E, Churchill SE et Ruff CB. (1994)** Postcranial Robusticity in Homo. II: Humeral Bilateral Asymmetry and Bone Plasticity. *American Journal of Physical Anthropology* 93, p. 1–34.
- Trinkaus E, Mednikova MB et Cowgill LW. (2016)** The Appendicular Remains of the Kiik-Koba 2 Neandertal Infant. *PaleoAnthropology* 185, p. 185–210.
- Tristant Y (2012)** *L’Enfant et la mort dans l’Antiquité II : types de tombes et traitement du corps des enfants dans l’Antiquité gréco-romaine, Actes de la table ronde internationale organisée à Alexandrie, Centre d’Études Alexandrines, 12-14 novembre 2009, Centre d’Études alexandrines, Alexandrie.*
- Trotter M et Peterson RR. (1969)** Weight of Bone During the Fetal Period. *Growth* 33, p. 167–184.
- Trueta J. (1959)** The Three Types of Acute Haematogenous Osteomyelitis - a Clinical and Vascular Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 41B, p. 671–680.
- Tsutaya T et Yoneda M. (2013)** Quantitative Reconstruction of Weaning Ages in Archaeological Human Populations Using Bone Collagen Nitrogen Isotope Ratios and Approximate Bayesian Computation. *PLOS ONE* 8, p. e72327.
- Turner CG, Nichol CR et Scott RG. (1991)** Scoring Procedures for Key Morphological Traits of the Permanent Dentition: the Arizona State University Dental Anthropology System. *Advances in Dental Anthropology*, p. 13–31.
- Tzou CH, Paternostro-Sluga T, Frey M et Aszmann OC. (2014a)** Can Obstetrical Brachial Plexus Palsy Be Caused by a Cervical Rib? *European Surgery* 46, p. 118–127.
- Tzou C-HJ, Paternostro-Sluga T, Frey M et Aszmann OC. (2014b)** Birth Brachial Plexus Palsy Caused by Cervical Rib. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 67, p. 1004–1005.
- Ubelaker D. (1978)** *Excavating Human Skeletal Remains.* Wash Taraxacum.
- Ulrich-Bochsler S. (1997a)** Jenseitsvorstellungen im Mittelalter: die Wiederbelebung von totgeborenen Kindern. Archäologische und anthropologische Untersuchungen im Marienwallfahrtszentrum von Oberbüren im Kanton Bern/Schweiz, in G de Boe et F Verhaeghe,

(éds.), “*Medieval Europe Brugge 1997*” Conference, vol. 2, *Death and Burial in Medieval Europe*. Instituut voor het Archeologisch Patrimonium.

Ulrich-Bochsler S. (1997b) *Anthropologische Befunde zur Stellung von Frau und Kind in Mittelalter und Neuzeit : soziobiologische und soziokulturelle Aspekte im Lichte von Archäologie, Geschichte, Volkskunde und Medizingeschichte*. Berner Lehrmittel- und Medienverlag.

Ulrich-Bochsler S. (2009) Totgeboren, wiederbelebt und getauft: Vom “enfant sans âme” zum “enfant du ciel”. Die mittelalterlichen Totgeburten von Oberbüren. *Ethnographische - Archaologische Zeitung* 50, p. 295–309.

UNESCOPRESSE (2005) *UNESCO - Conférence internationale sur la biodiversité : science et gouvernance*.

United Nations, Statistical Office (2014) *Principles and Recommendations for a Vital Statistics System*. United Nations, New York.

Valbelle D. (1998) *Histoire de l'État pharaonique*. Presses Universitaires de France.

Van der Lugt M, Brisson J-L, Congourdeau M et Solère J. (2008) L'Animation de l'embryon humain et le statut de l'enfant à naître dans la pensée médiévale, in M Van der Lugt, (éd.), *Formation et animation de l'embryon dans l'Antiquité et au Moyen Âge*. Éditions Vrin, p 233–254.

Van Dongen S et Gangestad SW. (2011) Human Fluctuating Asymmetry in Relation to Health and Quality: a Meta-Analysis. *Evolution and Human Behavior* 32, p. 380–398.

Van Dongen S, Wijnaendts L, Ten Broek C et Galis F. (2010) Human Fetuses and Limb Asymmetry: No Evidence for Directional Asymmetry and Support for Fluctuating Asymmetry as a Measure of Developmental Instability. *Animal Biology* 60, p. 169–182.

Van Dongen S, Wijnaendts LCD, Ten Broek CMA et Galis F. (2009) Fluctuating Asymmetry Does Not Consistently Reflect Severe Developmental Disorders in Human Fetuses. *Evolution* 63, p. 1832–1844.

Van Gennep A. (1943) *Cérémonies familiales : du berceau à la tombe*. Le folklore français.

Van Gennep A. 1969. *Les Rites de passage*. Éditions A&J Picard.

Van Peer P, Fullagar R, Stokes S, Bailey R., Moeyersons J, Steenhoudt F, Geerts A, Vanderbeken T, De Dapper M et Geus F. (2003) The Early to Middle Stone Age Transition and the Emergence of Modern Human Behaviour at Site 8-B-11, Sai Island, Sudan. *Journal of Human Evolution* 45, p. 187–193.

Van Valen L. (1962) A Study of Fluctuating Asymmetry. *Evolution* 16, p. 125–142.

Van Valen L. (2005) The Statistics of Variation, in B Hallgrímsson et BK Hall, (éds.), *Variation: a Central Concept in Biology*, Elsevier, p. 29–47.

Vandermeersch B. (1976) *Les Sépultures néandertaliennes*, Congrès de l'Union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques 9, Nice.

Vandermeersch B. (1981) Les premiers Homo sapiens au Proche Orient. *Les Processus de l'hominisation*. CNRS, Paris, p. 97–100.

Vandersleyen C. (1971) *Les Guerres d'Amosis, fondateur de la XVIII^e dynastie*. Fondation égyptologique « Reine Élisabeth » 10.

- Vandersleyen C. (1995)** *L'Égypte et la vallée du Nil, tome 2 : de la fin de l'Ancien Empire à la fin du Nouvel Empire*. Presses Universitaires de France, Paris, France.
- Vasseur R. (2000)** « Importance des aspects biomécaniques et des points d'appui posturaux dans la genèse de l'axe corporel ». *Enfance* 53, p. 221–233.
- Veissières M. (1988)** *Histoire de Provins et de sa région*. Pays et villes de France, Toulouse, Privat.
- Velló M, Martínez-Costa C, Catalá M, Fons J, Brines J et Guijarro-Martínez R. (2010)** Prenatal and Neonatal Risk Factors for the Development of Enamel Defects in Low Birth Weight Children. *Oral Diseases* 16, p. 257–262.
- Vercellio G, Baraldini V, Gatti C, Coletti M et Cipolat L. (2003)** Thoracic Outlet Syndrome in Paediatrics: Clinical Presentation, Surgical Treatment, and Outcome in a Series of Eight Children. *Journal of Pediatric Surgery* 38, p. 58–61.
- Vercoustre L. 2008.** « La Quarante-deuxième semaine ou la semaine en trop ? » *Gynécologie Obstétrique & Fertilité* 36: 1051–1057.
- Vercoustre L et Nizard J. (2008)** « Période du terme : le risque périnatal revisité ». *La Revue Sage-Femme* 7, p. 13–20.
- Vercoutter J. (1958)** Excavations at Saï 1955-7, a Preliminary Report. Kush VI, *Sudan Antiquities Service*, p. 144–169.
- Vercoutter J. (1974)** Saï 1972-1973 - *Études sur l'Égypte et le Soudan anciens* 2, p. 11–26.
- Vercoutter J. (1985)** Préface, « L'achéologie de l'île de Saï », in B. Gratien, *Saï I, la nécropole Kerma*, Centre national de la recherche scientifique, Paris, p. 9–17.
- Verlinden P et Lewis ME. (2015)** Childhood Trauma : Methods for the Identification of Physcal Fractures in Nonadult Skeletal Remains. *American Journal of Physical Anthropology* 157, p. 411–420.
- Vermeersch PM, Paulissen E, Stokes S, Charlier P, Van Peer P, Stringer C et Lindsay W. (1998)** A Middle Paleolithic Burial of a Modern Human at Taramsa Hill, Egypt. *Antiquity* 72, p. 475–484.
- Verna E. (2014)** *Les Variations osseuses asymptomatiques du squelette postcrânien: leur contribution à l'identification en anthropologie médico-légale*. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille.
- Verna E, Adalian P, Chaumoitre K, Ardagna Y, Leonetti G et Piercecchi-Marti M-D. (2013a)** « L'Intérêt des caractères discrets en identification médico-légale ». *La Revue de Médecine Légale* 4, p. 8–15.
- Verna E, Piercecchi-Marti M-D, Chaumoitre K, Bartoli C, Leonetti G et Adalian P. (2013b)** Discrete Traits of the Sternum and Ribs: a Useful Contribution to Identification in Forensic Anthropology and Medicine. *Journal of Forensic Sciences* 58, p. 571–577.
- Vertet H. (1974)** « Pauvres potiers, pauvre misère ». *Les Dossiers de l'Archéologie* 6, p. 85–89.
- Via WF et Churchill JA. (1959)** Relationship of Enamel Hypoplasia to Abnormal Events of Gestation and Birth. *The Journal of the American Dental Association* 59, p. 702–707.

- Viertel VG, Intrapromkul J, Maluf F, Patel NV, Zheng W, Alluwaimi F, Walden MJ, Belzberg A et Yousem DM. (2012)** Cervical Ribs: a Common Variant Overlooked in CT Imaging. *American Journal of Neuroradiology* 33, p. 2191–2194.
- Villotte S. (2006)** « Connaissances médicales actuelles, cotation des enthésopathies : nouvelle méthode ». *Bulletins et Mémoires de La Société d'Anthropologie de Paris* 18, p. 65–85.
- Villotte S. (2008a)** *Enthésopathies et activités des hommes préhistoriques - Recherche méthodologique et application aux fossiles européens du Paléolithique supérieur et du Mésolithique*. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux.
- Villotte S. (2008b)** « Les Marqueurs ostéoarticulaires d'activité », in P Charlier, (éd.), *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales : tendances et perspectives. Pour un manuel pratique de paleopathologie humaine*, De Boccard, Paris, p. 383–389.
- Villotte S, Castex D, Couallier V, Dutour O, Knüsel CJ et Henry-Gambier D. (2009)** Enthesopathies as Occupational Stress Markers: Evidence from the Upper Limb. *American Journal of Physical Anthropology* 142, p. 224–234.
- Villotte S et Knüsel CJ. (2013)** Understanding Enteseal Changes: Definition and Life Course Changes: Understanding Enteseal Changes. *International Journal of Osteoarchaeology* 23, p. 135–146.
- Viré M. (1995)** *Le Château fort de Blandy-les-Tours, images de son histoire*. Dammarie-lès-Lys.
- Vlak D, Roksandic M et Schillaci MA. (2008)** Greater Sciatic Notch as a Sex Indicator in Juveniles. *American Journal of Physical Anthropology* 137, p. 309–315.
- Waddington CH. (1942)** Canalization of Development and the Inheritance of Acquired Characters. *Nature* 150, p. 563-565.
- Wagner GP et Altenberg L. (1996)** Perspective: Complex Adaptations and the Evolution of Evolvability. *Evolution* 50, p. 967–976.
- Wagner GP, Booth G et Bagheri-Chaichian H. (1997)** A Population Genetic Theory of Canalization. *Evolution* 51, p. 329–347.
- Waldron T, Taylor GM et Rudling D. (1999)** *Sexing of Romano-British baby burials from the Beddingham and Bignor villas*. Sussex Archaeological Collections 137, p. 71–79.
- Wang B, Shi W et Miao Z. (2015)** Confidence Analysis of Standard Deviation Ellipse and Its Extension into Higher Dimensional Euclidean Space. *PLOS ONE* 10, p. e0118537.
- Warren M. (1997)** *Prenatal Limb Growth in Humans: Linear Growth, Allometry, Locomotion, and Skeletal Age (gestational Age, Growth and Development, Radiography)*. Thèse de doctorat, University of Florida.
- Waters-Rist AL, Bazaliiskii VI, Weber AW et Katzenberg MA. (2011)** Infant and Child Diet in Neolithic Hunter-Fisher-Gatherers from Cis-Baikal, Siberia: Intra-Long Bone Stable Nitrogen and Carbon Isotope Ratios. *American Journal of Physical Anthropology* 146, p. 225–241.
- Watts DJ. (1989)** Infant Burials and Romano-British Christianity. *Archaeological Journal* 146, p. 372–383.
- Watts R. (2011)** Non-Specific Indicators of Stress and Their Association with Age at Death in Medieval York: Using Stature and Vertebral Neural Canal Size to Examine the Effects of Stress Occurring

- During Different Periods of Development. *International Journal of Osteoarchaeology* 21, p. 568–576.
- Weaver DS. (1980)** Sex Differences in the Iliac of a Known Sex and Age Sample of Fetal and Infant Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology* 52, p. 191–195.
- Weaver TD, Coqueugniot H, Golovanova LV, Doronichev VB, Maureille B et Hublin J-J. (2016)** Neonatal Postcrania from Mezmaiskaya, Russia, and Le Moustier, France, and the Development of Neandertal Body Form. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113, p. 6472–6477.
- Weber DF et Eisenmann DR. (1971)** Microscopy of the Neonatal Line in Developing Human Enamel. *American Journal of Anatomy* 132, p. 375–391.
- Wedgwood M et Holt KS. (1968)** A Longitudinal Study of the Dental and Physical Development of 2–3-Year-Old Children who were Underweight at Birth. *Neonatology* 12, p. 214–232.
- Weinberg SM, Putz DA, Mooney MP et Siegel MI. (2005)** Evaluation of Non-Metric Variation in the Crania of Black and White Perinates. *Forensic Science International* 151, p. 177–185.
- Weinmann JP et Sicher H. (1955)** *Bone and Bones. Fundamentals of Bone Biology*, 2^e édition. Henry Kimpton, Londres.
- Weissberg ED, Smith AL et Smith DH. (1974)** Clinical Features of Neonatal Osteomyelitis. *Pediatrics* 53, p. 505–510.
- Wells C. (1962)** Joint Pathology in Ancient Anglo-Saxons. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 44B, p. 948–949.
- Wells JCK, DeSilva JM et Stock JT. (2012)** The Obstetric Dilemma: an Ancient Game of Russian Roulette, or a Variable Dilemma Sensitive to Ecology? *American Journal of Physical Anthropology* 149, p. 40–71.
- Wen SW, Kramer MS, Platt R, Demissie K, Joseph KS, Liu S et Sauve R. (2003)** Secular Trends of Fetal Growth in Canada, 1981 to 1997. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 17, p. 347–354.
- Wendorf F. (1968)** *The Prehistory of Nubia*. Fort Burgwin Research Center, Southern Methodist University Press, Dallas.
- White TD et Arend Folkens P. (2000)** *Human Osteology*, 2^e édition. Academic Press.
- Whittaker DK et Richards D. (1978)** Scanning Electron Microscopy of the Neonatal Line in Human Enamel. *Archives of Oral Biology* 23, p. 45–50.
- Wickersham J.M. (1996)** *Berosos and Manetho, Introduced and Translated: Native Traditions in Ancient Mesopotamia and Egypt*, The University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Wilmart M. (2014)** « Vignes et vigneron à Provins aux XIII^e et XIV^e siècles ». *L'Atelier du Centre de recherches historiques, Revue électronique du CRH*.
- Wilson EO. (1988)** *The Current State of Biological Diversity*. *Biodiversity* 521, p. 3–18.
- Wittman AB et Wall LL. (2007)** The Evolutionary Origins of Obstructed Labor: Bipedalism, Encephalization, and the Human Obstetric Dilemma. *Obstetrical & Gynecological Survey* 62, p. 739–748.
- Wolff J. (1886)** *The Law of Bone Remodeling*. Springer, Berlin.

- Woo TL. (1931)** On the Asymmetry of the Human Skull. *Biometrika* 22, p. 324–352.
- Wood Jones F. (1910)** Fractured bones and dislocations, in G Elliott-Smith et F Wood Jones, (éds.), *The Archaeological Survey of Nubia*, vol. 2. National Printing Department.
- Wood JW, Holman DJ, O'Connor KA et Ferrell RJ. (2002)** Mortality Models for Paleodemography, in RD Hoppa, JW Vaupel,(éds.), *Paleodemography*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 129–168.
- Wood JW, Johnson KG et Omori Y. (1967)** In Utero Exposure to the Hiroshima Atomic Bomb: an Evaluation of Head Size and Mental Retardation: Twenty Years Later. *Pediatrics* 39, p. 385–392.
- Wood JW, Milner GR, Harpending HC, Weiss KM, Cohen MN, Eisenberg LE, Hutchinson DL, Jankauskas R, Cesnys G et Česnys G. (1992)** The Osteological Paradox: Problems of Inferring Prehistoric Health from Skeletal Samples. *Current Anthropology* 33, p. 343–370.
- World Health Organization. (1998)** *Executive Summary - the World Health Report: 1998: Life in the 21st Century, a Vision for All, Executive Summary*. World Health Organization Geneva.
- Worthman CM et Kuzara J. (2005)** Life History and the Early Origins of Health Differentials. *American Journal of Human Biology* 17, p. 95–112.
- Wu J, Ren C, Delfino RJ, Chung J, Wilhelm M et Ritz B. (2009)** Association between Local Traffic-Generated Air Pollution and Preeclampsia and Preterm Delivery in the South Coast Air Basin of California. *Environ Health Perspect* 117, p. 1773–1779.
- Wynne-Davies R, Littlejohn A et Gormley J. (1982)** Aetiology and Interrelationship of Some Common Skeletal Deformities. (Talipes Equinovarus and Calcaneovalgus, Metatarsus Varus, Congenital Dislocation of the Hip, and Infantile Idiopathic Scoliosis). *Journal of Medical Genetics* 19, p. 321–328.
- Yashin AI, Arbeev KG, Akushevich I, Kulminski A, Akushevich L et Ukraintseva SV. (2008)** Model of Hidden Heterogeneity in Longitudinal Data. *Theoretical Population Biology* 73, p. 1–10.
- Youssef A, Zagonari S, Salsi G, Saleem SN, Krsmanovic J, Pacella G, Ghi T, Rizzo N et Pilu G. (2014)** Prenatal Diagnosis of Isolated Butterfly Vertebra. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology* 44, p. 725–726.
- Zeichner SL et Plotkin SA. (1988)** Mechanisms and Pathways of Congenital Infections. *Clinics in Perinatology* 15, p. 163–188.
- Zelzer E, Blitz E, Killian ML et Thomopoulos S. (2014)** Tendon-to-Bone Attachment: From Development to Maturity - Development of Tendon-Bone Attachment. *Birth Defects Research Part C, Embryo Today, Reviews* 102, p. 101–112.
- Zuk M et Stoehr AM. (2010)** Sex Differences in Susceptibility to Infection: an Evolutionary Perspective, in SL Klein et CW Roberts, (éds.), *Sex Hormones and Immunity to Infection*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 1–17.
- Zupan J et Åhman E. (2006)** *Neonatal and Perinatal Mortality: Country, Regional and Global Estimates*. Geneva, World Health Organization.

Table des figures

Figure 1. Repères corrects de la mesure crânio-caudale ou CRL, modifié d'après Papageorghiou (2010, p. 8)	36
Figure 2. Risque journalier de décès pour 1000 survivants au cours du premier mois de vie, données obtenues sur 10048 sujets entre 1995 et 2003, d'après Lawn (2005, p. 13).....	42
Figure 3. Taux de mortalité périnatale en l'an 2000 en fonction des pays, d'après Zupan et Ahman (2006, p. 15)	43
Figure 4. Période de l'œuf, première semaine du développement embryonnaire humain, d'après Larsen (2003, p. 3)	61
Figure 5. Stades de Carnegie et périodes principales de l'embryogénèse, http://www.embryology.ch/anglais/iperiodembry/carnegie01.html	62
Figure 6. Exemples du développement embryonnaire entre les stades de Carnegie 7 à 23, embryons humains de la collection de Kyoto, d'après Larsen (2003, p. 7).....	63
Figure 7. Développement d'un os long, résumé des événements, d'après Larsen (2003, p. 187)	64
Figure 8. Occipital en vue endocrânienne, modifié d'après Baker et al. (2005, p.35)	68
Figure 9. Pars basilaris gauche et pars lateralis droite, modifié d'après Baker et al. (2005, p.36)	69
Figure 10. Partie pétreuse du temporal à 7 mois in utero et à terme, à gauche : vue latérale, à droite : vue médiale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.76)	70
Figure 11. Anneau tympanique droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.77)	71
Figure 12. Partie squameuse du temporal, modifié d'après Baker et al. (2005, p.37)	71
Figure 13. Osselets de l'oreille interne, modifié d'après Kamina, (1983 p. 1217)	72
Figure 14. Labyrinthe osseux, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 68)	72
Figure 15. Différentes régions anatomiques du sphénoïde en cours de maturation, a) pré-sphénoïde, b) post-sphénoïde en vue supérieure, c) post-sphénoïde en vue inférieure, d) petite aile droite, e) petite aile fusionnée au corps, f) grande aile droite en vue supérieure, g) grande aile droite en vue inférieure. Figures modifiées d'après Scheuer et Black (2000, p. 91)	73
Figure 16. Pariétal droit en vue latérale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 99)	74
Figure 17. Héli-frontal droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.106).....	75
Figure 18. Os nasal droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.110)	76
Figure 19. Labyrinthe ethmoïdal, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.151).....	77
Figure 20. Cornet nasal inférieur, Scheuer et Black (2000, p.117).....	77
Figure 21. Lacrymal droit en vue orbitaire, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.119). 78	
Figure 22. Vomer droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.121).....	78
Figure 23. Zygomatique droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.125).....	79

Figure 24. Maxillaire droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.132)	80
Figure 25. Palatin droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.137)	81
Figure 26. Héli-mandibule droite, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.132)	82
Figure 27. Premières phases d'ossification du corps vertébral, A : approximativement 11-12 s.a., B : approximativement 13-14 s.a., modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.192)	83
Figure 28. A : héli-arcs vertébraux de l'atlas, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.198) ; B : axis d'individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.201) ; C : vertèbre cervicale typique, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.204) ; E : variations morphologiques des héli-arcs vertébraux thoraciques et lombaires d'individus en période périnatale modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.215)	84
Figure 29. Manubrium, vue antérieure, S41	85
Figure 30. A : première côte, B : deuxième côte, modifié d'après Baker (2005, p. 94)	86
Figure 31. Clavicule droite, d'après Scheuer et Black (2000, p. 249)	86
Figure 32. Pattern d'ossification de la scapula, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 262)	87
Figure 33. Scapula droite d'individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 263)	87
Figure 34. Humérus droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 280)	88
Figure 35. Radius droit d'un individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 292)	89
Figure 36. Ulna droite d'un individu en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 302)	90
Figure 37. Métacarpiens et phalanges de la main, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.326)	91
Figure 38. Ilium droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.353)	92
Figure 39. Ischium droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.354)	93
Figure 40. Pubis droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.354)	93
Figure 41. Fémur droit sans le point de Béclard, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.383)	94
Figure 42. Tibia droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.406)	95
Figure 43. Fibula droite, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.420)	96
Figure 44. Pied droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.444)	97
Figure 45. Calcaneus droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.445)	98
Figure 46. Talus droit, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.447)	98
Figure 47. Échelles d'influence des facteurs de variabilité, inspirée de Lewis (2017, p. 2) ..	102
Figure 48. Incidence des anomalies congénitales en fonction du moment de la grossesse, modifié d'après http://www.embryology.ch/anglais/iperiodembry/patholperiod01.html	114
Figure 49. Crâne anencéphalique d'un individu moderne de 38 s.a. squelette G294, avec crâne normal de comparaison, A : vue latérale droite, B : vue antérieure, d'après Irurita et al. (2015, p. 906)	117
Figure 50. À gauche, maxillaire d'un jeune enfant porteur d'une fente palatine (flèche rouge) jouxtant une altération taphonomique, à droite : maxillaire de comparaison, d'après Liston et Rotroff (2013, p. 75). Qualité de l'image due à la publication d'origine	118

Figure 51. Fentes sagittales multiples des corps vertébraux et côtes bifides sur un individu décédé en période périnatale issu du prieuré Saint Oswald, Gloucester, Angleterre, 1540-1700 ap. J.C., squelette 418, d'après Lewis (2017, p. 31)	119
Figure 52. Détails de la synostose radio-ulnaire de l'individu décédé en période périnatale G2 du site d'El Molón (Espagne), d'après Lorrio (2010, p. 235).....	120
Figure 53. Radiographies cliniques d'un nouveau-né actuel atteint de nanisme thanatophorique, à gauche : os longs incurvés avec épiphyses élargies, à droite : élargissement des extrémités proximales et distales des côtes, d'après Lewis (2017, p. 50), collection de radiographies cliniques de l'Université de Reading, Angleterre	122
Figure 54. Pars lateralis de l'individu décédé en période périnatale de Andover Road, Winchester (Angleterre), squelette 262. La pars lateralis gauche fait l'objet d'une anomalie du développement. D'après Lewis (2017, p. 60), photographie de Ceri Falys, Thames Valley Archaeological Services	123
Figure 55. Courbures des os longs de l'individu B532 du site de Kellis 2, oasis de Dakhla (Égypte, 50-450 ap. J.C.), identifié comme atteint d'osteogenesis imperfecta, de gauche à droite : humérus droit, vue médiale, ulna droite, vue antérieure, fémur gauche, vue médiale, fibula gauche, vue antérieure, d'après Cope et Dupras (2011, p. 193).	124
Figure 56. Coupe antérieure du bassin maternel avec les détroits successivement passés par le fœtus au cours de l'accouchement, modifié d'après Mijcke F. (2008).....	132
Figure 57. Différents cas de figure possibles au niveau de la vitalité à la naissance en fonction du degré de maturation squelettique. La couleur du plus clair au plus foncé donne des indications sur la probabilité d'être face à cette situation, du moins probable au plus probable, individus de haut en bas P214-A (photo de M. Guillon), P210 (photo M. Guillon), et S46 (photo de B. Maureille).....	135
Figure 58. a : dent exfoliée vue à l'air libre à la lumière polarisée, b : ligne néonatale d'un germe vu en micro-radiographie ; à droite : micro-radiographie d'un germe d'incisive déciduale d'un individu de 2 mois post-partum ; NNNL : ligne néonatale, EDJ : jonction email-dentine, D : dentine ; à gauche : ligne néonatale d'un germe d'incisive déciduale, modifié d'après Sabel et al. (2008)	137
Figure 59. Évolution des compositions isotopiques en azote dans les tissus de couples mères-enfants durant la période d'allaitement et de sevrage, d'après Herrscher (2013, p. 77).....	138
Figure 60. Localisation de la capitale Kerma au sein de la Haute et de la Basse-Nubie, modifiée d'après Gratien (1978, p. 14)	145
Figure 61. Chronologie comparée des civilisations soudanaises et égyptiennes, modifié d'après Honegger (2015, p. 144)	146
Figure 62. Localisation du royaume de Kerma par rapport au royaume égyptien et à ses villes principales, modifiée d'après Gratien (1978, p.13)	147
Figure 63. Vue de la nécropole, photo B. Maureille	150
Figure 64. Carte de l'île de Saï, d'après Murail et al. (2004, p.268).....	151
Figure 65. Localisation de Blandy-les-Tours, d'après Delattre (2008, p. 201)	152
Figure 66. Ville de Blandy-les-Tours, échelle 1 / 17 000, d'après https://www.geoportail.gouv.fr/carte	153
Figure 67. Vue d'ensemble de la zone fouillée en 2002 sur le site de Blandy-les-Tours, photo M.C. Coste.....	154
Figure 68. Plan du site de Blandy, d'après Delattre (2008, p. 203), qualité de l'image due au document d'origine	155

Figure 69. Exemples de sépultures en place de très jeunes sujets immatures, de gauche à droite B95 (36,8 s.a.), B97 (44,6 s.a.) et B125 (34,2 s.a.)	156
Figure 70. Dates C-14 calibrées sur les sépultures d'individus en période périnatale associés au chevet de l'église dite « anonyme », d'après Delattre (2008, p. 205).....	157
Figure 71. Localisation de Provins à l'échelle de l'Île-de-France et au rapport à Blandy-les Tours, modifié d'après de Mecquenem (2007, fig.1).....	157
Figure 72. Localisation géographique de la ville de Provins, échelle 1 / 34110, d'après https://www.geoportail.gouv.fr/carte	158
Figure 73. Localisation de l'église Saint-Ayoul par rapport à l'agglomération et à ses fortifications, échelle 1 / 8528, modifié d'après https://www.geoportail.gouv.fr/carte	159
Figure 74. Les principaux établissements religieux de Provins et le prieuré de Saint-Ayoul, d'après de Mecquenem (2007, fig. 2)	161
Figure 75. Plan chronologique schématique du prieuré saint-Ayoul, modifié d'après de Mecquenem (2007, fig. 8).....	164
Figure 76. Interventions sur le site de Provins, modifié d'après cliché Ulm « Laurent Photo »	165
Figure 77. Plan de situation d'après le plan du cadastre de 1988 (service cadastral de la ville de Provins). Localisation des deux secteurs principaux de la fouille dont les individus de notre corpus sont issus, DAO S. Piéra et M. Guillon, université Paris I et Inrap, d'après Guillon (2008, plan 1).....	167
Figure 78. Vestiges actuels de la chapelle Sainte-Marguerite, la flèche jaune indique la colonnette, modifié d'après les photos de M. Guillon	168
Figure 79. Origine et effectifs des individus du corpus	187
Figure 80. Distribution par âge des individus du corpus pour lesquels une estimation avec les formules de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier peut être réalisée.....	187
Figure 81. Distribution des âges estimés en semaines d'aménorrhée dans le sous-échantillon de l'île de Saï, NR : âge non renseigné.....	188
Figure 82. Distribution des âges estimés des individus de l'échantillon de Provins	189
Figure 83. Distribution des âges estimés des individus de l'échantillon de Blandy-les-Tours	189
Figure 84. Distribution des âges estimés des individus entre l'échantillon du Kerma classique et les deux échantillons médiévaux / moderne.....	190
Figure 85. Distribution des effectifs du corpus dans les différentes sous-classes.....	191
Figure 86. Origines bibliographiques des variables	197
Figure 87. Effectifs de variables métriques considérées par région anatomique, BCF : bloc crânio-facial.....	197
Figure 88. Nombre de VANM observées selon les régions anatomiques.....	204
Figure 89. Flèche blanche : lésion métaphysaire distale du fémur sur un nouveau-né actuel âgé de 7 jours, vue antérieure, d'après Sieswerda-Hoogendoorn et al. (2014, p.3)	208
Figure 90. Typologie élaborée par Lewis (2004), A : lésions poreuses, B : formation d'os fibreux, C : lésions capillaires, D : "Hair-on-end lesions", modifié d'après Lewis (2004, p. 89-90).....	209
Figure 91. Composition du corpus virtuel, détails des types d'examen pratiqués sur les individus.....	215

Figure 92. Distribution par âge des 356 individus dont le scanner a été réalisé en période pré-terme, âges exprimés en s.a.	216
Figure 93. Distribution par âge des huit individus dont le scanner a été réalisé en période post-terme, âges exprimés en semaines post-partum	217
Figure 94. Composition du corpus, détails relatifs à l'état de vitalité des individus	217
Figure 95. Composition du corpus, état de morbidité des individus.....	218
Figure 96. Variabilité de la qualité des isosurfaces dans le corpus virtuel, à gauche : sujet M333 scanné ex utero, à droite sujet M995 scanné in utero.....	219
Figure 97. Reconstruction ou absence de reconstruction d'une côte surnuméraire cervicale droite en fonction du seuillage, individu M79, seuillage à 144, 222 et 320	220
Figure 98. Types d'indices calculés dans la présente étude.....	228
Figure 99. Distribution de l'indice ICL2-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :	236
Figure 100. Distribution de l'indice IH2-G en fonction des âges au décès estimés, les trois échantillons du corpus sont ici distingués avec les individus du site de Saï (croix jaunes), du site de Provins (triangles verts) et du site de Blandy (points bleus)	237
Figure 101. Distribution de l'indice IH2-G en fonction des âges au décès pour les classes d'âges des sujets périnataux stricts (croix bleues) et des nourrissons (points rouges). Équation de la droite de régression : $y = -0,2698 x^2 + 22,55 x - 383,2$	238
Figure 102. Distribution de la variable Hu1G en fonction de la variable Fe1G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :	239
Figure 103. Distribution de l'indice IH3-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :	239
Figure 104. Distribution de la variable Ra1-G en fonction de la variable Hu1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :	240
Figure 105. Distribution de l'indice IP1-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges	240
Figure 106. Distribution de l'indice IF5-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression : $y = -0,04889x^2 + 3,578x + 19,19$	241
Figure 107. Distribution de la variable Ti1G en fonction de la variable Fe1G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges. Équation de la droite de régression :	242
Figure 108. Distribution de l'indice IT1-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges	243
Figure 109. Distribution de l'indice IC14-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges.....	244
Figure 110. Distribution de l'indice IH4-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	245
Figure 111. Variable Ra6G en fonction de la variable Ra1G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges : distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	246
Figure 112. Distribution de l'indice IU2-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges	246

Figure 113. Variable UI5-G en fonction de la variable UI1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	247
Figure 114. Indice IT4-G, distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	248
Figure 115. Indice ICI3-G, distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	248
Figure 116. Variable Hu7-G en fonction de la variable Hu1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	249
Figure 117. Distribution de l'indice IR4-G en fonction des âges au décès, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	250
Figure 118. Variable Ra11-G en fonction de la variable Ra1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges.....	250
Figure 119. Variable UI10-G en fonction de la variable UI1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	252
Figure 120. Indice IT5-G en fonction de l'âge estimé des individus, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges ; distribution en boxplots en fonction des groupes populationnels	253
Figure 121. Variable Ti9-G en fonction de la variable Ti1-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges.....	254
Figure 122. Distribution de l'indice II1-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges	255
Figure 123. Distribution de l'indice IF3-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges	255
Figure 124. Distribution de l'indice IF4-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges	256
Figure 125. Distribution de l'indice IT2-G en fonction des âges au décès estimés, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges, équation de la droite de régression :	257
Figure 126. Variable Ti4-G en fonction de la variable Ti3-G, sujets kermas : croix jaunes, sujets médiévaux : points rouges.....	257
Figure 127. Régions anatomiques concernées par les indices présentant des corrélations significatives avec l'âge au décès estimé, dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)	258
Figure 128. Régions anatomiques dont les indices ne se caractérisent pas par des corrélations significatives à l'âge au décès estimé ou par des différences populationnelles significatives, dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)	261
Figure 129. Régions anatomiques concernées par les indices présentant des différences populationnelles significatives, dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)	262
Figure 130. Différents types de symétrie complexe observées en biologie ; a) symétrie de réflexion à deux axes sur algue unicellulaire, b) symétrie rotationnelle sur une fleur, c) symétrie	

de translation sur le rachis d'un poisson d) symétrie spirale, sur une coquille de nautilus, d'après Klingenberg (2015)	268
Figure 131. Représentations des différents types d'asymétrie, modifié d'après Palmer (1996a, p. 520).....	269
Figure 132. Variables métriques analysées dans l'étude de Van Dongen et al (2010).....	274
Figure 133. Récapitulatif du protocole élaboré pour la première étape de l'axe 1 de cette étude	279
Figure 134. Exemple d'asymétrie directionnelle non corrigée significative pour la variable Pu4 d'après le test de Wilcoxon pour données appariées, $p = 0,037$	280
Figure 135. Exemple des asymétries fluctuantes sur la variable Cl6, diamètre vertical de l'extrémité médiale de la clavicule	286
Figure 136. Variables exprimant de l'AD dans le corpus archéologique ; dessin des éléments osseux d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljoh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap) ..	288
Figure 137. Publicité encourageant la consommation de bière pendant l'allaitement, 1910, Journal Ouest France	291
Figure 138. À gauche, processus de Kerckring, individu M124, à droite : Os de Kerckring, enfant de 1 an, d'après Charsoula et al, 2005, p.7)	299
Figure 139. a : foramen supra-orbitaire, hémi-frontal gauche, P292 ; b : incisure supra-orbitaire hémi-frontal gauche, P248, vues antérieures	309
Figure 140. Exostoses et foramens sur plusieurs corps thoraciques de P292	316
Figure 141. Foramen double de la fosse supra-orbitaire, P220, vue supérieure	317
Figure 142. a : epispinus notch, scapula droite, S63 ; b : constriction scapulaire, scapula gauche, S12-2, vues postérieures.....	319
Figure 143. Processus supra-condyloire, humérus gauche, détail, vue antéro-latérale, P289	321
Figure 144. Incisure distale ou forme « en papillon » de la surface épiphysaire, fémur gauche, vue postérieure, S35	322
Figure 145. Processus de Kerckring, individu M190.....	325
Figure 146. Os suturaires des pariétaux, individu M206	326
Figure 147. Absence de la 12 ^e côte, individu M274	326
Figure 148. Exemple de côtes lombaires, individu M64.....	329
Figure 149. Côtes bifides de l'individu M260, gril costal droit et gril costal gauche	331
Figure 150. Epispinus notch sur scapula gauche, M 200	333
Figure 151. Constriction scapulaire du côté gauche, individu M818.....	335
Figure 152. Exemple de fusion complète de l'anneau tympanique et du pétreux, S41, temporal gauche, vue latérale	344
Figure 153. Développement de l'os temporal, de gauche vers la droite à 5 mois lunaires, 8 mois lunaires, à la naissance et vers 6 mois post-natal, d'après Scheuer et Black (2000, p. 78)	346
Figure 154. Stades de fermeture du canal hypoglosse, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 56).....	349
Figure 155. a : point de Béclard ; b : point de Todt	351
Figure 156. Exemple de points de Béclard et de Todt, individu M34	352
Figure 157. Squelette du sujet néandertalien du Moustier 2, photo B. Maureille.....	361

Figure 158. Germes des incisives du sujet néandertalien du Moustier 2, vue linguale, photos B. Maureille.....	362
Figure 159. Localisation identique du trait par rapport à l'axe vertical des germes ; a : incisive centrale sup. droite, S27, b : incisive centrale sup. droite, S41, c : incisive centrale sup. droite, le Moustier 2.....	364
Figure 160. Germes du sujet néandertalien du Moustier 2, A : incisive supérieure latérale gauche, B : incisive supérieure latérale droite, vue interne, photos B. Maureille.....	364
Figure 161. Incisive centrale supérieure droite de l'individu S27, vue générale en face linguale et détail de la perforation, photos M. Bessou	365
Figure 162. Incisive centrale supérieure droite de l'individu S41, à gauche vue générale en face linguale, à droite détail et vue interne, flèche jaune : renflement de l'émail, photos M. Bessou	365
Figure 163. a : incisive latérale supérieure gauche de sujet néandertalien du Moustier, b : incisive centrale supérieure droite du sujet kerma S27, flèche jaune : ligne émail-dentine, vue linguale	366
Figure 164. Coupes scanners, structures avec ouverture au niveau de la chambre pulpaire a : incisive centrale supérieure droite du sujet néandertalien du Moustier 2, b : incisive centrale supérieure droite du sujet S27 de la série de Saï, flèche jaune : ligne émail-dentine, vues en coupe mésiale, images R. Ledevin	366
Figure 165. Le Moustier 2, incisive latérale supérieure droite, vue générale sur reconstruction en 3 dimensions et vues en coupe mésiale, a : ouverture de la structure supérieure sur la face linguale, b : ouverture de la structure inférieure sur la face linguale et la chambre pulpaire	367
Figure 166. Stades initiaux du développement dentaire, A : stade du bourgeon, B : stade de la cupule, C : stade de la cloche, D : stade de la couronne, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p. 154).....	369
Figure 167. a : incisive centrale supérieure gauche du sujet Paléolithique d'Ostuni, b : incisive centrale supérieure droite du sujet kerma S27, c : incisive centrale supérieure droite du sujet kerma S41, d : incisive centrale supérieure droite du sujet néandertalien du Moustier 2. Flèches et cercle : localisation du trait, pointillés : niveau de minéralisation de l'incisive du sujet d'Ostuni.....	371
Figure 168. Exemples de variations anatomiques dentaires, A : incisive déciduale centrale supérieure droite et incisive latérale supérieure gauche en vues linguales, B : première molaire supérieure déciduale en vue occlusale, C : deuxième molaire supérieure déciduale en vue occlusale, D : deuxième molaire supérieure déciduale en vue buccale, E : première molaire inférieure déciduale en vue occlusale, F : deuxième molaire inférieure déciduale en vue occlusale, G : deuxième molaire inférieure déciduale en vue occlusale, H : deuxième molaire inférieure déciduale en vue distale, figure n° 2 de Kitagawa (2000)	373
Figure 169. Canine déciduale "peg-shaped" de l'individu néandertalien El Sidron 2, modifié d'après Dean et al (2013 p. 681)	374
Figure 170. Maxillaires droits du sujet moderne S41 (à gauche) et du sujet néandertalien du Moustier 2 (à droite), en haut vue antérieure, en bas vue médiale, photo B. Maureille	378
Figure 171. Modélisation des phénomènes d'adaptation de l'os des enthèses fibrocartilagineuses aux contraintes mécaniques, modifié d'après Lanyon (1982)	384
Figure 172. Insertions musculaires sur le radius, modifié d'après Dr. Bendjelloul M., cours de la faculté de Médecine de l'Université Salah Boubnider Constantine 3, Bendjelloul M. (2017)	385

Figure 173. Régions d'insertions sur os sec du chef long et du chef court, modifié d'après Eames (2007, p. 1047)	386
Figure 174. Exemples de régions bicipitales dans notre corpus, échelle 1 cm. De gauche à droite : radius droit de B72, vue médiale, radius droit de P272, vue médiale, radius gauche de P214, vue médiale, et radius droit de T6, vue médiale	387
Figure 175. Illustration des différences dans la littérature scientifique concernant l'origine de la tubérosité bicipitale, à gauche : radius d'adolescent en cours de maturation, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p 295),, à droite: radius d'un sujet en période périnatale, modifié d'après Scheuer et Black (2000, p.292), échelles différentes	388
Figure 176. Distribution des radius d'individus décédés en période périnatale observables.	389
Figure 177. Types de reliefs observés dans notre corpus, échelle 1 cm	390
Figure 178. Radius dont la région bicipitale présente des porosités corticales et une absence d'atteinte morphologique	393
Figure 179. Corticale d'aspect compact, individu S6, radius droit en vue médiale, individu S5, radius droit en vue médiale, individu P10, radius droit en vue médiale	393
Figure 180. Radius dont la région bicipitale présentait des porosités corticales et une atteinte morphologique	394
Figure 181. Variabilité de la surface corticale proximale du radius en fonction des échantillons et de l'âge des individus.....	395
Figure 182. Insertion du muscle soléaire au niveau de l'extrémité proximale du tibia d'un individu immature âgé d'entre 6 et 9 ans. L'enthèse présente une surface caractéristique en fosse avec des striations, des porosités et des irrégularités, échelle : 1 cm, modifié d'après Villotte et Knüsel (2013, p. 141).....	397
Figure 183. Comparaison des volumes osseux et de la surface ostéoclastique, modifié d'après Thomopoulos et al.(2007, p. 1159)	399
Figure 184. Comparaison des espacements et épaisseurs trabéculaires, modifié d'après Thomopoulos et al. (2007, p. 1159 et 1160)	399
Figure 185. Isosurfaces des micro-scans des différents échantillons, insertion du tendon en rouge, i : insertion tendon / os de souris, a : surface articulaire de la tête humérale, gp : plateau de croissance, modifié d'après Thomopoulos et al. (2007, p. 1159).....	400
Figure 186. Le nouveau-né, Georges de la Tour, 1648, détail de l'emmailotement.....	402
Figure 187. Vase en terre cuite représentant une femme allaitant un nourrisson. Nouvel Empire égyptien, collection du Musée du Louvre, Paris	403
Figure 188. Extension de l'insertion muscuclaire au-delà de la tubérosité bicipitale au stade périnatal, radius gauche de S6, vue médio-latérale	404
Figure 189. Illustration des positions « anti-gravités spontanées » physiologiques adoptées par les nouveau-nés en a : décubitus latéral, b : décubitus dorsal et c : procubitus, dessin d'après http://g.bb.free.fr/index.php?rep=cocon&page=cagr modifié par C-E Fischer	406
Figure 190. Schéma du développement des structures vertébrales, d'après Barnes (1994, p.20) repris d'Arey (1965) : e : sclérotome ; f : artère intersegmentaire.	413
Figure 191. Différences entre l'élongation du processus transverse et la côte cervicale, d'après Ray et al. (1953, p. 62)	416
Figure 192. Individu 4 de Patterson (1940), a et b : côtes cervicales rudimentaires.....	417
Figure 193. Individu 6, Patterson (1940), côte "phalanx-like" droite.....	418
Figure 194. Individu 21 Patterson (1940), côtes bilatérales développées	418

Figure 195. Côtes cervicales de l'individu NMNH 327049 de Pueblo Bonito, Nouveau Mexique, d'après Barnes (1994, p.107).....	419
Figure 196. Variabilité générale des côtes surnuméraires cervicales des adultes, d'après cas cliniques, modifié d'après Patterson (1940).....	419
Figure 197. Cas cliniques, individus n°29 (côtes dissymétriques), 18 et 22, modifié d'après Patterson (1940)	419
Figure 198. Élément osseux retrouvé parmi les os non identifiés associés à P2	420
Figure 199. Identification des côtes cervicales sur le terrain, nécropole 8B-51, photos B. Maureille, de gauche à droite et de bas en haut : S56, S11, S58 et S71.....	420
Figure 200. Côte cervicale individu S8, a : longueur maximale (L-max), b : largeur maximale (l-max), c : largeur minimale (l-min)	421
Figure 201. Exemple de côtes cervicales cotées comme bilatérales, individu M41	421
Figure 202. Exemple d'individu non observable au niveau de sa région cervicale.....	422
Figure 203. Exemple des différences de taille entre les côtes cervicales de l'échantillon de l'île de Saï, à gauche S12-1, à droite S22	423
Figure 204. Différents types morphologiques de côtes cervicales de Saï, a : individu S15, b : individu S60, c : individu 39, d : individu S70, e : individu S11 et f : individu S22	425
Figure 205. Détail des fréquences observées dans le corpus virtuel en fonction de l'état de vitalité et de morbidité du sujet, en noir : % des sujets ayant au moins une côte surnuméraire cervicale	426
Figure 206. Élément costal court, individu M195.....	428
Figure 207. Individu M1090, côte cervicale droite en vue antéro-latérale, et individu M41, côte cervicale droite en vue postéro-supérieure.....	429
Figure 208. Schéma des principales structures nerveuses et vasculaire de la région cervicale basse, d'après Stranding (2015, p. 465)	434
Figure 209. Frise chronologique de la civilisation Kerma	448
Figure 210. Localisation de l'île de Saï et des principaux sites mentionnés, carte modifiée d'après Valbelle (2006, p.11)	449
Figure 211. Papyrus de Kahun, XII-XIII ^e dynasties, musée Pétrie d'archéologie égyptienne de l'University College de Londres, à droite, jouet, Thèbes, Nouvel Empire	453
Figure 212. Exemples de traitements funéraires des immatures à Adaïma, haut et milieu : S636, S753 et S721 (Nagada III A-D), en bas (Nagada III-D), Crubézy et al (2002), figures reprises par Tristant (2012, p. 24, 25, 26, 32).....	455
Figure 213. Fœtus de 5 mois et 7 mois in utero inhumés dans la tombe de Toutankhamon (XVIII ^e dynastie), dans un coffre près du sarcophage royal, d'après Leek (1972)	457
Figure 214. Carte géologique, modifiée d'après Geus 1996, p.1171	462
Figure 215. Localisation des principaux sites archéologiques sur l'île de Saï, modifiée d'après Geus 1996, p.1167.....	464
Figure 216. À gauche, exemple de colmatage progressif ayant conservé les volumes de la cage thoracique et du neurocrâne (flèches jaunes), à droite, exemple de momification partielle des tissus mous (flèches jaunes), photos D. Peressinotto et P. Murail	466
Figure 217. Comparaison de la courbe de mortalité de Saï et de la courbe de mortalité naturelle, modifié d'après Murail et al. (2004)	468
Figure 218. Répartition spatiale des sujets en fonction des sous-classes d'âge, zone grisée : affleurement du grès, lignes rouges : limites supérieures et inférieures de la pente du ouadi,	

ellipse : ellipse de déviation standard des fosses, plan modifié sur SIG d'après le plan de P. Murail et al (2004).....	470
Figure 219. Ellipses de déviation standard indiquant la répartition spatiale des sujets périnataux stricts et des nourrissons, zone grisée : affleurement du grès, lignes rouges : limites supérieures et inférieures de la pente du ouadi, plan modifié sur SIG d'après le plan de P. Murail et al (2004).....	471
Figure 220. Orientations de la tête des individus inhumés en fonction des sous-classes d'âge.....	474
Figure 221. Distribution spatiale des sujets appartenant à la sous-classe d'âge des nourrissons en fonction de leur orientation.....	475
Figure 222. À gauche : fosses avec des bords en pente, à droite : fosses avec des bords verticaux, en jaunes : grands prématurés, en vert : prématurés légers, en bleu : sujets périnataux stricts, en rouge : nourrissons, en gris : jeunes enfants.....	477
Figure 223. Différentes possibilités de surélévation des membres, a : surélévation de la tête et des pieds, b : surélévation des pieds uniquement, c : surélévation de la tête uniquement, d : absence de surélévation de la tête ou des pieds.....	478
Figure 224. Schématisation des positions générales, a : décubitus latéral droit, b : décubitus dorsal (en vue antérieure), c : décubitus latéral gauche, d : procubitus ventral (en vue postérieure).....	479
Figure 225. Répartition spatiale des sujets décédés en période périnatale inhumés en position de décubitus latéral droit et décubitus latéral gauche.....	480
Figure 226. Répartition spatiale des sujets en période périnatale inhumés en positions de décubitus dorsal et de procubitus.....	481
Figure 227. Schématisation des différentes attitudes des mains des individus inhumés, a : haute, b : basse, c : mixte.....	482
Figure 228. Attitudes des mains dans l'ensemble du corpus immature.....	483
Figure 229. Schématisation des attitudes des membres inférieurs ; a : flexion, b : hyperflexion, c : flexion du membre droit et extension du membre gauche, d : flexion du membre gauche et extension du membre droit, e : extension.....	483
Figure 230. Distributions des positions des membres inférieurs des sujets immatures ; G : gauche ; D : droite ; n : effectif ; % : fréquence dans le corpus de sujets immatures.....	484
Figure 231. Schématisation des positions combinées des membres inférieurs et des mains, a : flexion des membres inférieurs et position haute des mains, b : extension des membres inférieurs et position haute des mains, c : flexion des membres inférieurs et position basse des mains, d : extension des membres inférieurs et position basse des mains, e : exemple de positions mixtes.....	485
Figure 232. Lit de l'individu S32, a : vue générale, b : détail du cadre, c : pieds, photos P. Murail.....	486
Figure 233. Exemple similaire de cadre de lit en bois égyptien antique, Nouvel Empire, Thèbes, British Museum (EA18196).....	486
Figure 234. Sépultures avec dalles de grès, à gauche : S30, à droite : S49, photos D. Peressinotto.....	487
Figure 235 : peau d'ovicapriné dans la tombe du sujet S75, détail, photo P. Murail.....	488
Figure 236 : à gauche : vase-tulipe, à droite : biberon, tombe de S66, photos B. Maureille.....	490
Figure 237. Localisation des céramiques sous l'individu S33, à gauche avant prélèvement du squelette, à droite après, photos D. Peressinotto.....	491

Figure 238. À gauche, amulette en place sous la clavicule droite du sujet S33, à droite, amulette en place à proximité du gril costal de S75, photos D. Peressinotto	493
Figure 239. Répartition spatiale des sépultures avec matériel en fonction des sous-classes d'âge et détails du matériel	494
Figure 240. Fouille de S50, à gauche : décapage intermédiaire montrant une partie des éléments osseux en logique anatomique, à droite : décapage final dévoilant notamment la scapula droite en vue antérieure, photos P. Murail.....	496
Figure 241. À gauche S18, décomposition en espace colmaté sans contrainte particulière apparente, à droite S40, décomposition en position très contrainte, photos P. Murail	497
Figure 242. À gauche S30 avec indications des effets de paroi, photo D. Peressinotto ; à droite Sujet T176 dans son linceul, secteur nord de la nécropole de l'époque chrétienne, dessin L Soldati, d'après Peressinotto et al (2001, p.131).....	498
Figure 243. Répartition spatiale des tombes des sujets porteurs de côtes cervicales en fonction des sous-classes d'âge	499
Figure 244. À gauche : distribution spatiale des individus porteurs d'epispinus notch et de constriction scapulaire, à droite : individus porteurs d'une perforation de la face linguale du germe dentaire, plan modifié sur SIG d'après le plan de P. Murail et al (2004).....	501
Figure 245. À gauche : amulette égyptienne représentant un babouin XIII-XVIII ^e dynasties, Licht nord, échelle non renseignée, au milieu : amulette de S33 ; à droite : amulette égyptienne représentant l'hippopotame hypostase de Toueris, Glencairn museum, échelle, datation et lieu de découverte non renseignés ; qualité des images dues à l'image d'origine	508
Figure 246. A : indice IH4, Indice de largeur proximale de l'humérus, B : indice IU2 Indice de largeur proximale de l'ulna, C : indice IR3-G indice de largeur proximale ; D : indice IR4-G Indice de largeur distale du radius ; E : indice IT4-G Indice de largeur proximale du tibia, en jaune : distribution des sujets kermas, en rouge : distribution des sujets médiévaux	516
Figure 247. D'après fig. 100 ; distribution de l'indice IH2-G en fonction des âges au décès estimés, les trois échantillons du corpus sont ici distingués avec les individus du site de Saï (croix jaunes), du site de Provins (triangles verts) et du site de Blandy (points bleus). Ellipse rouge : variabilité des cinq individus de moins de 33 s.a., flèche : point d'inflexion.....	519
Figure 248. Courbes de croissance de la longueur fémorale de 4 fœtus (F) en bonne santé au cours du troisième trimestre de gestation. En pointillés : 10 ^e et 90 ^e percentiles de la population de référence, modifié d'après Guihard-Costa et al (2000, p. 9)	520

Liste des tableaux

Tableau 1. Méthodes applicables sur l'individu décédé en période périnatale et sur os sec, parmi celles considérées comme fiables après la revue critique de Corron (2016), + : avantage ; - : inconvénient ; âges concernés en années	178
Tableau 2. Résultats des tests de concordance de Lin (I-Kuei Lin, 1989) entre les variables acquises du côté gauche et du côté droit pour l'ensemble de l'échantillon par la méthode de Fazekas et Kósa (1978) révisée par Sellier, en fonction des différentes variables métriques utilisées, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4	182
Tableau 3. Résultats des tests de Friedman entre les différentes estimations d'âge.....	183
Tableau 4. Cas de longueurs diaphysaires sur os intact d'un côté et sur os présentant une légère altération de surface de l'autre côté (ces dernières sont signalées entre crochets), longueurs en mm.....	185
Tableau 5. Âges en semaines d'aménorrhée des individus pour lesquels une mesure diaphysaire approximative est utilisée pour l'estimation de l'âge.....	186
<i>Tableau 6. Distribution des effectifs du corpus en fonction des sous-classes et des séries ...</i>	191
Tableau 7. Échelle d'interprétation proposée dans la présente étude pour l'interprétation des coefficients de concordance	198
Tableau 8. Variables du bloc crânio-facial considérées comme reproductibles, pour les définitions des mesures se reporter aux annexes 3 et 4.....	199
Tableau 9. Variables du bloc crânio-facial considérées comme non reproductibles ou non testées, pour les définitions des mesures se reporter aux annexes 3 et 4	199
Tableau 10. Variables acquises sur le bloc crânio-facial dont la répétabilité peut être considérée comme suffisante, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4.....	200
Tableau 11. Variables du bloc crânio-facial dont la répétabilité peut être considérée comme insuffisante, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4	201
Tableau 12. Détails des informations médicales de la collection de Marseille, F : fréquence de l'information dans le corpus.....	216
Tableau 13. Caractères observés dans le cadre de l'étude du corpus virtuel	221
Tableau 14. Récapitulatif des indices anthropométriques calculés dans notre étude en fonction des régions anatomiques et des éléments osseux. Référence : référence utilisée dans notre étude et dans celle de Garcin (2009) ; formules : formules avec références des mesures utilisées dans la présente ; indice de robusticité de Morel (1962). Pour les définitions des variables métriques, se rapporter au protocole en annexe (Cf. annexe 3 et annexe 4).....	227
Tableau 15. Types d'indices calculés dans la présente étude ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....	227
Tableau 16. Grille d'interprétation du coefficient de variation choisie pour nos analyses, CV : coefficient de variation.....	229

Tableau 17. Indices calculés à partir des variables acquises sur la clavicule, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne, pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14	230
<i>Tableau 18. Indices calculés à partir des variables acquises sur l'humérus ; G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....</i>	<i>230</i>
Tableau 19. Indices calculés à partir des variables acquises sur le radius, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne, pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14	231
<i>Tableau 20. Indices calculés à partir des variables acquises sur l'ulna, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....</i>	<i>231</i>
Tableau 21. Indices calculés à partir des variables acquises sur l'ilium et le pubis, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14..	231
<i>Tableau 22. Indices calculés à partir des variables acquises sur le fémur, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....</i>	<i>232</i>
Tableau 23. Indices calculés à partir des variables acquises sur le tibia, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14	232
Tableau 24. Indices calculés à partir des variables acquises sur la fibula, G : à gauche, D : à droite, Moy. : moyenne ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14	233
Tableau 25. Résultats des tests de corrélation réalisés sur les indices, les tests significatifs sont signalés avec un astérisque ; pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....	234
Tableau 26. Résultats des tests de Student et de Wilcoxon-Mann-Whitney réalisés sur les indices. les tests significatifs sont signalés par un astérisque, les barres obliques indiquent les cas où les conditions d'application du test n'étaient pas réunies, ou lorsque l'application du test de Student ne rendait pas nécessaire celle du test de Wilcoxon Mann-Whitney. Pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....	235
Tableau 27. Résultats des tests de Spearman et Pearson réalisés sur l'indice IH2-G et sur les différentes sous-classes d'âges ; les tests significatifs sont signalés par un astérisque. Pour les définitions des indices, se rapporter au tableau 14.....	237
Tableau 28. Résultats des tests de corrélation pour l'indice IR4-G entre les groupes populationnels, test de corrélation de Pearson et test de corrélation de Spearman.....	251
Tableau 29. Résultats des tests de corrélation entre l'indice IU3-G et l'âge au décès estimé en fonction des groupes populationnels, test de corrélation de Pearson et test de corrélation de Spearman.....	252
Tableau 30. Exemple du calcul de l'erreur de mesure pour la variable II5, diamètre vertical de la surface auriculaire de l'ilium.....	282
<i>Tableau 31. Résultats des analyses d'asymétries directionnelles significatives corrigées dans l'ordre croissant du pourcentage d'AD, pour les définitions des mesures se reporter à l'annexe 4.....</i>	<i>283</i>
Tableau 32. Résultats généraux des analyses d'asymétries fluctuantes corrigées dans l'ordre croissant du pourcentage d'AF, pour les définitions des variables, se rapporter au protocole de mesures (Cf. annexe 4).....	284
Tableau 33. Variables exprimant une AD significative dans le corpus archéologique, pour les définitions des variables, se rapporter aux définitions en annexe (Cf. annexe 4).....	287
Tableau 34. Variables exprimant une AF significative dans le corpus archéologique, classées par ordre croissant d'AF relative, ceint. scap : ceinture scapulaire, mem. sup : membre supérieur, Mem. Inf. : membre inférieur, Longueur max : longueur maximale, dist : région distale, prox : région proximale, milieu : milieu de la diaphyse, partie : dimension particulière de l'élément osseux, pour les définitions des variables, se rapporter aux définitions en annexe 3 et 4.....	289

<i>Tableau 35. Résultats des tests F réalisés sur les variables montrant des AF significatives, les variables pour lesquels les p-valeurs du test sont significatives sont indiquées par un astérisque. Pour les définitions des variables, se rapporter au protocole en annexe (Cf. annexes 3 et 4)</i>	290
Tableau 36. VANM cotées dans le corpus archéologique, pour les détails des cotations et les illustrations, se rapporter à l'annexe 9	298
<i>Tableau 37. Fréquence du processus de Kerckring observable sur l'occipital dans le corpus archéologique complet, n_{VANM} : effectifs</i>	300
Tableau 38. Fréquence du processus de Kerckring dans les différentes séries du corpus archéologique, n : effectifs	300
Tableau 39. Fréquences du processus de Kerckring dans les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons, n : effectifs ; % : fréquence dans la sous-classe	301
Tableau 40. VANM de la pars lateralis, détails des fréquences, G : gauche, D : droit ; n : effectifs.....	302
Tableau 41. Fréquences des caractères observables sur la pars lateralis dans le corpus archéologique, N : individus observables des deux côtés et porteurs du caractère au moins d'un côté, n : effectif ; % : fréquence dans l'échantillon ; bilat : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière bilatérale, unilat. : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière unilatérale	303
Tableau 42. Fréquences des sinuosités postérieures et antérieures de la pars lateralis dans les différentes séries, les différences de distributions statistiquement significatives sont signalées par un astérisque. n : effectifs ; % : fréquence dans la série ou dans l'échantillon total ; post : postérieur, ant : antérieur, G : gauche, D : droit.....	304
Tableau 43. Fréquences des épines distales, latérales et du pont latéral de la pars lateralis dans les différentes séries, n : effectifs ; % : fréquence dans la série ou dans l'échantillon total ; G : gauche, D : droit ; dist : distal, lat : latéral, n. obs : effectifs observables.....	305
Tableau 44. Fréquences des caractères relatifs au canal condyloaire et qu'au canal hypoglosse dans les différentes séries, n : effectifs ; % : fréquence dans la série ou dans l'échantillon total ; G : gauche, D : droit, n. obs : effectifs observables	306
Tableau 45. Fréquences des sinuosités de la pars lateralis dans les différentes sous-classes d'âge, les écarts de distribution statistiquement significatifs sont signalés par un astérisque, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectif, n obs. : effectif observé, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, n. obs : effectifs observables	306
Tableau 46. Fréquences des épines et du pont latéral de la pars lateralis dans les différentes sous-classes d'âge, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droit ; n. obs : effectifs observables	307
Tableau 47. Fréquences des caractères relatifs au canal condyloaire et au canal hypoglosse de la pars lateralis dans les différentes sous-classes d'âge ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droit, n. obs : effectifs observables.....	308
Tableau 48. Os suturaires observés dans les différents échantillons.....	308
Tableau 49. Fréquences des caractères relatifs à la région supra-orbitaire dans le corpus ; n : effectif, G : gauche, D : droite, % : fréquence dans l'échantillon	309

<i>Tableau 50. Latéralité des caractères de la région supra-orbitaire. N : effectif d'individus porteurs du caractère et observables des deux côtés ; n : effectifs, bilat : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière bilatérale, unilat. : individus pour lesquels le caractère s'exprime de manière unilatérale.....</i>	310
Tableau 51. Fréquences des caractères relatifs à la région supra-orbitaire dans les différentes séries, G : gauche, D : droite ; n : effectifs, % : fréquence des individus observables de chaque échantillon porteurs du caractère, n. obs : effectifs observables.....	311
Tableau 52. Fréquences des caractères relatifs à la région supra-orbitaire dans les différentes sous-classes d'âge ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon, n. obs : effectifs observables.....	312
<i>Tableau 53. Résultats des observations du condyle mandibulaire bipartite ; G : gauche, D : droit, n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon.....</i>	312
Tableau 54. Expression du foramen zygomatique dans le corpus, G : nombre de foramens zygomatofaciaux observés du côté gauche ; D : nombre de foramens zygomatique observés du côté droit, n : effectif, % : dans le corpus.....	313
Tableau 55. Modalités d'expressions bilatérales des foramens zygomatofaciaux ; N : effectifs d'individus sur lesquels la modalité d'expression est observée ; % : fréquence dans l'échantillon observable.....	314
Tableau 56. Expression des foramens zygomatique dans les différents échantillons, n : effectifs.....	314
Tableau 57. Identification du pont du foramen transverse dans le corpus.....	315
Tableau 58. Détail des exostoses du corps vertébral de l'individu P292, VC : vertèbres cervicales, VT : vertèbres thoraciques, VL : vertèbres lombaires, VS : vertèbres sacrées, 0 : absence d'exostose, abs : absence du corps vertébral.....	316
Tableau 59. Expression du foramen de la fosse supra-épineuse dans le corpus, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon.....	317
Tableau 60. Expression bilatérale des foramens de la fosse supra-épineuse, n = effectifs, G : gauche, D : droite.....	318
Tableau 61. Expression des foramens de la fosse supra-épineuse dans les différentes séries, n : individus porteurs du caractère selon la modalité d'expression définie ; % : fréquence de la modalité dans chaque échantillon.....	318
Tableau 62. Fréquence de l'epispinus notch et de la constriction scapulaire, n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite.....	319
Tableau 63. Fréquences de l'epispinus notch et de la constriction scapulaire dans les différentes séries, n : effectif, n obs. : effectif observable, % : fréquence du caractère dans chaque série.....	319
Tableau 64. Fréquences de l'epispinus notch dans les différentes sous-classes d'âge ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons, n : effectif, n obs. : effectif observé, % : fréquence dans la sous-classe d'âge.....	320
Tableau 65. Fréquences du processus supra-condyloïde dans le corpus archéologique, n : effectifs, % : fréquence dans l'échantillon.....	321
Tableau 66. Fréquences relatives des VANM dans le corpus archéologique ; n G : effectif à gauche ou effectif médian, n D : effectif à droite.....	323
Tableau 67. VANM observées dans le corpus virtuel.....	324

Tableau 68. Fréquences du processus de Kerckring dans le corpus virtuel, pr. : processus ; n : effectifs d'individus concernés ; % : fréquence dans le corpus	324
Tableau 69. Fréquences du processus de Kerckring dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel.....	325
Tableau 70. Fréquences de la réduction du gril costal dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon observable	326
Tableau 71. Latéralité de la réduction du gril costal dans le corpus virtuel.....	327
Tableau 72. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal en fonction de leur statut de vitalité avant l'âge de 2 mois post-partum, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	327
Tableau 73. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal en fonction du sexe ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	327
Tableau 74. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal parmi les sujets porteurs ou non d'anomalies du développement ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	328
Tableau 75. Distribution des sujets porteurs ou non d'une réduction du gril costal parmi les sujets porteurs ou non d'une côte cervicale du côté étudié ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	328
Tableau 76. Fréquences des côtes surnuméraires lombaires dans le corpus virtuel ; n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	329
Tableau 77. Fréquences des côtes surnuméraires lombaires dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel ; G : côté gauche, D : côté droit , s.a. : semaines d'aménorrhée	329
Tableau 78. Latéralité des côtes surnuméraires lombaires dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	330
Tableau 79. Distribution des sujets porteurs ou non de côte lombaire décédés ou non en période périnatale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	330
Tableau 80. Distribution des sujets porteurs ou non d'au moins une côte lombaire en fonction des sexes, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	330
Tableau 81. Distribution des sujets porteurs ou non d'une côte surnuméraire lombaire, porteurs ou non d'anomalies du développement, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	331
Tableau 82. Distribution des sujets porteurs ou non d'au moins une côte surnuméraire lombaire, et porteurs ou non d'au moins une côte surnuméraire cervicale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	331
Tableau 83. Fréquences des côtes bifides dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	332
Tableau 84. Fréquences des côtes bifides en fonction des sous-classes d'âge dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	332
Tableau 85. Latéralité des côtes bifides dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	332

Tableau 86. Fréquences de l'epispinus notch dans le corpus virtuel , n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	333
Tableau 87. Fréquences de l'epispinus notch dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	333
Tableau 88. Latéralité de l'epispinus notch dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	334
Tableau 89. Distribution des sujets porteurs ou non d'un epispinus notch en fonction de leur état de vitalité, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	334
Tableau 90. Distribution des sujets porteurs d'epispinus notch en fonction du sexe, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral.....	334
Tableau 91. Distribution des sujets porteurs ou non d'epispinus notch en fonction de la présence d'anomalies majeures du développement, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	335
Tableau 92. Distribution des sujets porteurs d'epispinus notch et de côte surnuméraire cervicale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral	335
Tableau 93. Fréquences de la constriction scapulaire dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral.....	336
Tableau 94. Fréquences de la constriction scapulaire dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon, G : gauche, D : droite	336
Tableau 95. Latéralité de la constriction scapulaire dans le corpus virtuel, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite, unilat. : unilatéral, bilat. : bilatéral.....	336
Tableau 96. Distribution des sujets porteurs de constriction scapulaire en fonction de leur état de vitalité, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	337
Tableau 97. Distribution des sujets porteurs de constriction scapulaire en fonction du sexe, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	337
Tableau 98. Distribution des sujets porteurs ou non de constriction scapulaire en fonction de la présence d'anomalies majeures de développement, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	337
Tableau 99. Distribution des sujets porteurs de constriction scapulaire en fonction de la présence d'au moins une côte surnuméraire cervicale, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	338
Tableau 100. Fréquences de côtes manquantes et de côtes lombaires dans la littérature, N : effectifs du corpus, % : fréquences observées.....	339
Tableau 101. Fusion de l'anneau tympanique et de la partie squameuse du temporal dans le corpus archéologique (trois échantillons confondus) , n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite.....	345

Tableau 102. Latéralité de la fusion entre l'anneau tympanique et de la partie squameuse du temporal dans le corpus archéologique, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon observable, G : gauche, D : droite	345
Tableau 103. Fusion entre l'anneau tympanique et de la partie squameuse du temporal entre les différentes séries du corpus archéologique, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite	345
Tableau 104. Fusion entre l'anneau tympanique et la partie squameuse du temporal entre les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, G : gauche, D : droite.....	346
Tableau 105. Stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans le corpus archéologique ; a : absence de fusion, b : fusion, n : effectif, % : fréquence dans le corpus observable, G : gauche, D : droite	347
Tableau 106. Symétrie et dissymétrie des stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans le corpus archéologique ; a : absence de fusion, b : fusion ; n : effectif, % : fréquence dans le corpus observable, G : gauche, D : droite	347
Tableau 107. Stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans les différentes séries du corpus archéologique ; n : effectif, % : fréquence dans chacun des échantillons ; a : absence de fusion, b : fusion, G : gauche, D : droite	348
Tableau 108. Stades de fusion entre la partie squameuse et la partie pétreuse du temporal dans les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique ; a : absence de fusion, b : fusion, GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons, n : effectif, n obs. : effectif observé, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, G : gauche, D : droite.....	348
Tableau 109. Fermeture du canal hypoglosse dans le corpus archéologique ; a : absence de fermeture, b : fermeture, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite	349
Tableau 110. Symétrie et dissymétrie de l'expression du canal hypoglosse dans le corpus archéologique ; a : absence de fermeture, b : fermeture, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite	350
Tableau 111. Modalités du canal hypoglosse dans les différentes séries du corpus archéologique ; a : absence de fermeture, b : fermeture, n : effectif, % : fréquence dans l'échantillon, G : gauche, D : droite	350
Tableau 112. Modalités du canal hypoglosse dans les différentes sous-classes d'âge du corpus archéologique ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : sujets périnataux stricts, N : nourrissons ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; a : absence de fermeture, b : fermeture, G : gauche, D : droite.....	350
Tableau 113. Points d'ossification observés dans le corpus archéologique	351
Tableau 114. Fréquences des points d'ossification dans les différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel du côté gauche et du côté droit ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge, G : gauche, D : droite	352
Tableau 115. Symétrie et dissymétrie des points d'ossification dans le corpus virtuel ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droite	353
Tableau 116. Distribution des points d'ossification en fonction du sexe et des différentes sous-classes d'âge du corpus virtuel, F : sujets féminins, M : sujets masculins, ; n : effectif, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droite	354

Tableau 117. Distribution des points d'ossification en fonction des sous-classes d'âge et de l'état de vitalité ; G : gauche, D : droite	355
Tableau 118. Distribution des points d'ossification en fonction des sous-classes d'âge et de l'état de morbidité, P. : présence d'anomalies majeures, A. : absence d'anomalies majeures	355
<i>Tableau 119. Détails des germes dentaires observés et des germes dentaires porteurs d'une perforation linguale, n : effectifs, d : dent déciduale, G : gauche, D : droit</i>	<i>363</i>
Tableau 120. Reproductibilité du système de cotation des types morphologiques, Obs. : observateur	390
Tableau 121. Cotation de la variabilité des reliefs	391
Tableau 122. Détail des cotations relatives à la symétrie d'expression des tubérosités bicipitales, G : gauche, D : droite	391
Tableau 123. Distribution des types de reliefs entre les échantillons kerma et médiévaux, radius gauches, individus en période périnatale.....	392
Tableau 124. Occurrences de l'atteinte d'aspect ostéolytique en fonction des sous-classes d'âge et des populations, côté gauche, K : échantillon kerma, M : échantillon médiéval ; GP : grands prématurés, PL : prématurés légers, PS : périnatals stricts, N : nourrissons, < 1 an : sujets entre 2 mois et un an, no : non observable	395
Tableau 125. Latéralité d'expression de l'atteinte d'aspect ostéolytique, A : absence, P : présence, no : non observable, G : côté gauche, D : côté droit	396
Tableau 126. Détail des fréquences de côtes cervicales unilatérales et bilatérales en fonction des sous-classes d'âge de la collection de sujets immatures de la nécropole 8B51, effectifs relatifs aux sujets en période périnatale surlignés en gris, N : effectif total de sujets, n : effectifs de sujets, unilat. : unilatéral, lat. : latéral, G : gauche, D : droite.....	422
Tableau 127. Détail des fréquences de côtes cervicales par cause du décès comparativement aux naissances vivantes, IMG : interruption médicale de grossesse, CK7 : côtes cervicales, n : effectif, % : fréquence par rapport à l'échantillon de sujets ayant fait l'objet de chacune des causes de décès, ou d'une naissance vivante.....	427
Tableau 128. Distribution des côtes cervicales en fonction du sexe des sujets, N : effectif total, CK7 : côtes cervicales	427
Tableau 129. Distribution des sujets porteurs de côte cervicales et porteurs de côtes lombaires, CK7 côte cervicale	427
Tableau 130. Distribution des VANM en fonction de la présence de côtes cervicales, n : effectifs de sujets, p-valeur : résultats des tests du χ^2 avec la correction de Yates, CK7 : côte cervicale	428
Tableau 131. Fréquences de la côte surnuméraire cervicale observées dans les corpus adultes actuels, NR. : non renseigné.....	429
Tableau 132. Fréquences élevées de côtes surnuméraires cervicales observées dans des corpus médicaux de fœtus, de nourrissons et d'enfants, classés en fonction de l'âge des sujets, % : fréquence, NR. : non renseigné	431
Tableau 133. Fréquences de côtes cervicales dans des échantillons se rapprochant de populations « naturelles », % : fréquence, CK7 : côte cervicale.....	433
Tableau 134. Fréquences de côtes cervicales dans les cas d'anomalies congénitales fréquentes, d'après Galis et al (2006 ; 2648), % : fréquence, CK7 : côte cervicale	437
Tableau 135. Datations par ^{14}C , d'après Maureille et al (2006), http://www.calpal-online.de/	467

Tableau 136. Distribution par âge des individus de la nécropole, d'après Murail et al. (2004) et Maureille et al (2006).....	468
Tableau 137. Distribution des formes de fosses en fonction des sous-classes d'âge des individus inhumés, « indéterminé » désigne les fosses pour lesquelles aucune forme précise n'a pu être identifiée à la fouille ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge.....	472
Tableau 138. Détails des orientations des fosses en fonction des sous-classes d'âge, « indéterminé » : fosses pour lesquelles aucune orientation précise n'a pu être identifiée...	473
Tableau 139. Orientations de la tête des individus en fonction des sous-classes d'âge, N : nord, E : est, S : sud, W : ouest ; indet. : orientation indéterminée	474
Tableau 140. Bords des fosses verticaux ou en pente en fonction des sous-classes d'âge, n : effectifs ; % : fréquence dans la classe d'âge ; indet. : type de bord indéterminé	476
Tableau 141. Détails des surélévations de la tête et des pieds ; indet. : observation indéterminée sur au moins une des deux régions anatomiques observées.....	478
Tableau 142. Positions générales des sujets immatures en fonction des différentes sous-classes d'âge, n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe	479
Tableau 143. Positions générales des sujets en période périnatale précisées à partir des photographies de terrain, comp. : avec composante.....	480
Tableau 144. Positions des mains des individus immatures, détails, n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge ; G : gauche, D : droite ; indet. : indéterminé.....	482
<i>Tableau 145. Positions des membres inférieurs des individus immatures, indet. : indéterminé, n : effectifs, % : fréquence dans la sous-classe d'âge.....</i>	<i>484</i>
Tableau 146. Attitudes générales des membres supérieurs et inférieurs, sup : supérieur, inf : inférieur, indet. : l'attitude d'un des membres ou des deux est indéterminée, % : fréquences dans la classe d'âge	485
Tableau 147. Présence d'un lit funéraire en fonction des sous-classes d'âge, présence : présence d'indices matériels permettant d'identifier un lit, absence : absence d'indices matériels permettant d'identifier un lit, indet : observation impossible ; n : effectifs ; % : fréquence dans la classe d'âge.....	487
Tableau 148. Présence de végétaux dans la structure funéraire, détails en fonction des sous-classes d'âge, n : effectifs ; % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible	488
Tableau 149. Présence de restes de tissus dans les sépultures, détails en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible	489
Tableau 150. Présence de céramiques dans les sépultures, détails en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible.....	490
Tableau 151. Détails des sépultures dotées de céramiques en fonction des âges estimés au décès des sujets, E : est, NE : nord est ; ml : mois lunaires	491
Tableau 152. Sujets inhumés avec un bracelet de perles à la cheville, détail en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible.....	492
Tableau 153. Détails de la présence d'amulettes en fonction des sous-classes d'âge ; n : effectifs, % : fréquence dans la classe d'âge ; indet : observation impossible.....	493
Tableau 154. Détails du mobilier des sépultures avec matériel en fonction de l'âge des individus, l'âge est donné en m.l. soit mois lunaires pour faciliter la lecture des âges des jeunes enfants	494

Tableau 155. Orientations des individus et présence ou absence de côte surnuméraire cervicale ; indet. : orientation indéterminée	500
Tableau 156. Positions générales des individus immatures et présence de côtes surnuméraires cervicales ; indet : sujets pour lesquels la position générale est indéterminée ; n : effectifs, % : fréquence parmi les sujets porteurs ou non porteurs du caractère.....	500
Tableau 157. Présence ou absence de céramiques dans les sépultures des sujets immatures porteurs ou non de côtes cervicales ; n : effectifs, % : fréquence parmi les sujets porteurs ou non du trait	500
Tableau 158. Présence ou absence d'amulettes chez les sujets immatures porteurs ou non de côtes cervicales ; n : effectifs ; % fréquences parmi les sujets porteurs ou non du caractère	501

Liste des annexes

Annexe 1. Équations de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier (1993), publiées dans Schmitt et Georges (2008) et utilisées dans notre étude. E.S. : erreur standard (écart-type résiduel) ; Pour les définitions des variables, consulter les annexes 3 et 4.....	611
Annexe 2. Estimations des âges retenues pour les individus de l'ensemble du corpus archéologique, avec intervalles de confiance et critères pris en compte pour l'estimation (longueurs diaphysaires ou autre élément non métrique), âges estimés en s.a. sauf précision contraire, m.l. : mois lunaires ; s : semaines ; p.p. : post-partum ; log : équation logarithmique. F. : fémur, Hum. : humérus, Tib. : tibia, Clav. : clavicule, Ul. : ulna, Fi. : fibula, Rad. : radius, G : gauche ; D : droit ; NR : non renseigné.....	612
Annexe 3. Détail des mesures et origines bibliographiques, région ant. : région anatomique concernée, code : appellation dans notre étude ; origine : origine bibliographique de la mesure : corres. FK : correspondance dans l'ouvrage de Fazekas et Kósa (1978) ; corres. Sch. : correspondance Schutkowski (1990). En italique : mesures proposées dans la présente étude.	616
Annexe 4 : protocole d'étude métrique	626
Annexe 5. Effectifs de données par variable, pour les définitions des variables, Cf. annexe 3 et 4, obs : dimensions observables, non obs. : dimensions non observables. A : variables du membre supérieur ; B : variables du bloc crânio-facial ; C : variables de la main ; D : variables du membre inférieur ; E : variables de la ceinture du membre inférieur	649
Annexe 6. Statistiques descriptives, variables métriques ; pour les définitions, consulter les annexes 3 et 4	663
Annexe 7. Normalité des données métriques selon le test de Shapiro-Wilk ; pour les définitions des variables, consulter les annexes 3 et 4 ; N : effectifs, W : valeur critique, p : p-valeur ; les p-valeurs significatives sont signalées en rouge.....	668
Annexe 8. VANM détails et origine ; VANM : variation anatomique non métrique ; Code : code de référence ; T ou P : transitoire ou pérenne ; Code T(2011) : référence dans Thomas (2011) ; Code publi. : référence dans la publication d'origine ; Code H et DS (1989) : référence dans Hauser et De Stefano (1989 ; Code S (1989) : référence dans Saunders (1978) ; G : gauche ; D : droite	672
Annexe 9 : VANM, protocole de cotation	673
Annexe 10 : indicateurs de maturation.....	685
Annexe 11. Lignes de Harris.....	689
Annexe 12. Recherche d'hypoplasies dentaires	690
Annexe 13. Résultats des estimations d'asymétrie directionnelles et fluctuantes, p : p-valeur, W : valeur critique selon le test de Shapiro-Wilk, AD : asymétrie directionnelle ; AF : asymétrie fluctuante ; les p-valeurs significatives sont signalées par un astérisque ; pour les définitions des variables, consulter les annexes 3 et 4	691

Annexe 14. Protocole de cotation de l'atteinte ostéolytique de la région bicipitale du radius ;GP : grand prématuré ; Préma léger : prématuré léger ; Péri : sujet périnatal strict ; A : absence ; P : présence ; Région : région anatomique ; médio-lat : région médio-latérale ; ant-lat : antéro-latéral ; entre parenthèse, composante ; NR : non renseigné ; s. : semaines ; m. : mois ; pp. : post-partum.....	693
Annexe 15. Variabilité métrique des côtes cervicales de la collection de Saï en mm, no. : non observable ; G : gauche ; D : droite.....	699
Annexe 16. Correspondance entre les sous-classes de Murail et al (2006) et Maureille et al (2006) et les sous-classes de la présente étude.....	700
Annexe 17. Catalogue de sépultures	702

Annexes

Annexe 1. Équations de Fazekas et Kósa (1978) révisées par Sellier (1993), publiées dans Schmitt et Georges (2008) et utilisées dans notre étude. E.S. : erreur standard (écart-type résiduel) ; Pour les définitions des variables, consulter les annexes 3 et 4

Type d'équation	Élément osseux	Équation	± ES
Logarithmique	Fémur	$9,6642(\text{LogN}(\text{Fe1}))^2 - 45,1693(\text{LogN}(\text{Fe1})) + 65,9689$	1,52
	Humérus	$3,608(\text{LogN}(\text{Hu1}))^3 - 24,501(\text{LogN}(\text{Hu1}))^2 + 63,606(\text{LogN}(\text{Hu1})) - 50,011$	1,36
	Tibia	$0,7026(\text{Ti1}) + 5,5828$	1,58
	Ulna	$0,8142(\text{U11}) + 2,2945$	1,59
Linéaire	Radius	$0,9453(\text{Ra1}) + 1,3397$	1,65
	Fibula	$0,7409(\text{Fi1}) + 5,2834$	1,64
	Clavicule	$1,1789(\text{Cl11}) - 0,9445$	1,58

Annexe 2. Estimations des âges retenues pour les individus de l'ensemble du corpus archéologique, avec intervalles de confiance et critères pris en compte pour l'estimation (longueurs diaphysaires ou autre élément non métrique), âges estimés en s.a. sauf précision contraire, m.l. : mois lunaires ; s : semaines ; p.p. : post-partum ; log : équation logarithmique. F. : fémur, Hum. : humérus, Tib. : tibia, Clav. : clavicule, Ul. : ulna, Fi. : fibula, Rad. : radius, G : gauche ; D : droit ; NR : non renseigné

Sujet	âge min.	âge central.	âge max.	Détails	F. G log	F. D log.	Hum. G log.	Hum. D log.	Tib. G	Tib. D	Clav. G	Clav D	Ul. G	Ul. D	Fi G	Fi D	Rad. G	Rad. D
S3	23,31	24,23	25,18				×											
S4	37,57	39,05	40,58				×											
S5	39,52	41,21	42,98										×					
S6	39,54	41,16	42,85		×													
S7	44,82	46,59	48,42				×											
S9	39,70	41,33	43,02			×												
S10	38,27	39,84	41,47		×													
S11	44,04	45,84	47,72		×													
S12-1	39,91	41,55	43,25				×											
S12-2	42,14	43,87	45,67				×											
S14	NR	NR	NR	≈ 9,5 m.l.														
S15	40,40	41,99	43,64				×											
S16	42,41	44,20	46,08			×	×											
S17	37,49	38,97	40,50				×											
S18	37,49	39,02	40,62		×													
S25.1	40,91	42,52	44,19				×											
S25.2	NR	NR	NR	≈10,5 m.l.														
S26	39,33	40,94	42,62		×													
S27	44,11	45,98	47,93			×												
S28	39,38	40,99	42,67		×													
S29	40,21	41,79	43,43		×			×	×									
S30	39,65	41,27	42,96		×													
S34	37,78	39,27	40,82					×										
S35	43,03	44,79	46,63		×	×												
S37	41,48	43,18	44,95			×												
S39	40,60	42,19	43,85				×											
S40	40,02	41,66	43,37		×	×												
S41	41,05	42,73	44,48		×	×												
S43	44,89	46,80	48,80						×									
S44	37,12	38,65	40,23		×													
S45	43,36	45,14	46,99		×													

Sujet	âge min.	âge central.	âge max.	Détails	F. G log	F. D log.	Hum. G log.	Hum. D log.	Tib. G	Tib. D	Clav. G	Clav D	Ul. G	Ul. D	Fi G	Fi D	Rad. G	Rad. D
S46	40,50	42,17	43,89		×													
S47	43,26	44,96	46,73					×										
S48	38,69	40,28	41,93		×													
S49	40,07	41,72	43,43		×													
S50	35,56	36,96	38,42					×										
S51	42,36	44,10	45,91		×													
S54	40,61	42,28	44,01		×													
S55	39,59	41,22	42,90		×													
S57	38,01	39,65	41,35											×				
S58	40,30	42,01	43,79		×													
S60	42,34	44,13	46,00		×													
S61	40,72	42,39	44,13			×												
S63	40,40	42,05	43,78		×													
S64	25,16	26,19	27,27		×													
S66	41,81	43,53	45,31			×												
S67	36,92	38,43	40,01		×													
S68	NR	NR	NR	≈ 10,8 m.l.														
S69	40,56	42,22	43,95		×													
S70	34,89	36,32	37,81		×													
S71	42,20	43,93	45,73			×												
S72	43,25	45,10	47,02						×									
S73	43,08	44,85	46,69		×													
S74	24,93	25,99	27,09		×													
PE2	35,29	36,73	38,24		×													
P10	39,17	40,77	42,44		×													
P15	34,74	36,10	37,52				×											
P201	32,58	33,91	35,30			×												
P202	NR	NR	NR	3 à 11,2 s. p.p. (E. Portat, 2018)														
P207	38,90	40,50	42,16		×													
P213	26,96	28,07	29,22		×													
P214-A	26,65	27,80	28,99											×				
P214-B	26,86	27,91	29,01	donnée approximative			×											
P215	40,56	42,22	43,95		×													

Sujet	âge min.	âge central.	âge max.	Détails	F. G log	F. D log.	Hum. G log.	Hum. D log.	Tib. G	Tib. D	Clav. G	Clav D	Ul. G	Ul. D	Fi G	Fi D	Rad. G	Rad. D
P217	44,15	45,96	47,84		×													
P220	38,38	39,89	41,46				×											
P223	39,33	40,94	42,62		×													
P233	43,20	44,97	46,81		×													
P239	31,62	32,91	34,26		×													
P241	30,44	31,63	32,88					×										
P242	NR	NR	NR	nourrisson														
P243	NR	NR	NR	grand prématuré														
P248	40,28	41,87	43,52				×											
P249	31,67	32,91	34,21															
P251	40,88	42,56	44,30		×													
P266-A	27,98	29,12	30,32			×												
P266-B	25,54	26,59	27,68		×													
P272	38,74	40,33	41,98		×													
P273	NR	NR	NR	grand prématuré														
P275	38,43	40,00	41,64		×													
P278	40,45	42,11	43,84		×													
P281	41,16	42,84	44,60		×													
P285	41,79	43,58	45,45										×					
P288	44,86	46,63	48,46				×											
P289	40,38	42,10	43,90						×									
P292	40,91	42,65	44,47						×									
P294	38,38	39,89	41,46				×											
P302	43,14	44,91	46,75			×												
P303	42,06	43,87	45,75											×				
B3	NR	NR	NR	périnatal														
B6	41,32	43,01	44,78		×													
B32	35,63	37,03	38,49	donnée approximative			×											
B37	NR	NR	NR	grand prématuré														
B58	37,80	39,35	40,96		×													
B63-1	31,66	33,01	34,42						×									
B63-2	43,28	45,13	47,05								×		×					
B64	34,74	36,16	37,64		×													

Sujet	âge min.	âge central.	âge max.	Détails	F. G log	F. D log.	Hum. G log.	Hum. D log.	Tib. G	Tib. D	Clav. G	Clav D	Ul. G	Ul. D	Fi G	Fi D	Rad. G	Rad. D
B65	41,43	43,21	45,06	donnée approximative									×					
B67	38,80	40,39	42,04		×													
B70	40,24	41,88	43,60			×												
B74	38,15	39,65	41,21					×										
B78	32,82	34,16	35,56		×													
B78-2	32,00	33,37	34,81										×					
B88	41,08	42,84	44,68										×					
B95	35,27	36,84	38,48															×
B96-1	41,98	43,70	45,49			×												
B96-2	NR	NR	NR	périnatal														
B97	42,81	44,56	46,39		×													
B102	42,09	43,81	45,61		×													
B105	35,19	36,63	38,13		×													
B109	39,92	41,49	43,13	donnée approximative				×										
B111	39,18	40,86	42,61										×					
B114	38,92	40,60	42,34										×					
B120	39,90	41,46	43,10				×						×					
B125	32,82	34,16	35,56			×												
B128	NR	NR	NR	nourrisson														

Annexe 3. Détail des mesures et origines bibliographiques, région ant. : région anatomique concernée, code : appellation dans notre étude ; origine : origine bibliographique de la mesure ; corres. FK : correspondance dans l'ouvrage de Fazekas et Kósa (1978) ; corres. Sch. : correspondance Schutkowski (1990). En italique : mesures proposées dans la présente étude.

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
Bloc cranio-facial	Hémi-frontal	Fr 1	Hauteur de l'écaille du milieu du bord supérieur de l'orbite au point de la suture coronale qui en est le plus éloigné (corde)	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Fr 2	Largeur maximale mesurée au niveau de la bosse frontale	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
		<i>FR1 bis</i>	<i>Arc entre les points de repère définis dans la mesure Fr1</i>	<i>présente étude</i>	/	/
	Temporal	Et 1	Hauteur de l'écaille temporale du milieu du bord inférieur au point de la suture squamosale qui en est le plus éloigné	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Et 2	Largeur maximale de l'écaille parallèlement à l'axe du processus zygomatique	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
	Anneau	At 1	Diamètre à la hauteur du processus tympanique antérieur	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
	Pariétal	Pa 1	Hauteur mesurée parallèlement à la suture coronale, entre les milieux des sutures squamosale et sagittale	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Pa 2	Largeur mesurée parallèlement à la suture sagittale, de la suture coronale à la suture lambdoïde au niveau de la bosse pariétale (corde)	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
	Occipital, écaille	Eo 1	Hauteur maximale mesurée dans le plan médian (corde)	présente étude	FK a	/
		<i>Eo 2</i>	<i>Largeur maximale au niveau de la sutura mendosa</i>	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
		<i>Eo 1 bis</i>	<i>Arc selon les points de repères définis dans la mesure Eo 1</i>	<i>présente étude</i>	/	/
	Occipital, pars basilaris	Bo 1	Longueur mesurée dans le plan médian du bord antérieur du foramen magnum à la synchondrose sphéno-occipitale	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Bo 2	Largeur maximale à hauteur des tubercules latéraux	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
	Occipital, pars lateralis	Ex 1	Longueur maximale prise entre les synchondroses inter-occipitales antérieure et postérieure, sans prendre en compte l'épine distale si elle est présente	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Ex 2	Largeur maximale mesurée entre les bords médial et latéral de la synchondrose inter-occipitale postérieure	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
	Pétreux	Pe 1	Longueur maximale mesurée entre la limite postéro-supérieure du processus mastoïdien et le sommet du pétreux	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
Pe 2		Hauteur maximale mesurée dans un plan vertical à hauteur de l' <i>eminentia arcuata</i>	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.	
		Pe 2 bis	Hauteur mesurée dans un plan vertical entre le point supérieur de l'eminentia arcuata et le bord inférieur (= même mesure que Pe2 mais prise sur l'eminentia arcuata qui est beaucoup plus souvent conservée que le bord supérieur du pétreux)	présente étude	/	/	
		Pe 3	Diamètre vertical maximal du méat acoustique interne	présente étude	/	/	
		Pe4	Diamètre horizontal maximal du méat acoustique interne	présente étude	/	/	
	Sphénoïde	Pas 1	Longueur prise entre les l'extrémité latérale de la petite aile et le milieu du bord postéro-supérieur du canal optique	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/	
		Pas 2	Largeur maximale mesurée perpendiculairement au canal optique	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	
		Pas 3	Distance entre les extrémités latérales des processus alaires : largeur maximale du sphénoïde	présente étude	/	/	
		Cs 1	Longueur mesurée dans le plan médian entre les synchondroses intersphénoïdales et sphéno-occipitales	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/	
		Cs 2	Largeur maximale prise au milieu de la fosse hypophysaire	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	
		Cs3	Largeur maximale inférieurement à la fosse hypophysaire, entre les extrémités des processus	présente étude	/	/	
		Gas 1	Longueur maximale prise du processus ptérygoïde médial à l'extrémité supéro-latérale de la grande aile	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/	
		Gas 2	Largeur maximale mesurée de la lingula sphénoïdale à l'extrémité antérieure du processus ptérygoïde	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	
		Cornet nasal inférieur	Cor 1	Longueur maximale longueur maximale du cornet nasal	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
			Cor 2	Hauteur maximale mesurée perpendiculairement à la longueur	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
	Os nasal	Na 1	Longueur médiane de la suture naso-frontale au bord inférieur	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/	
		Na 2	Largeur mesurée le long du bord inférieur	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	
		Na 3	Longueur entre la suture naso-frontale (point utilisé pour la mesure Na1) et l'extrémité du bord inférieur	présente étude	/	/	
	Vomer	Vo 1	Longueur maximale entre l'extrémité antérieure et le point le plus postérieur de l'aile	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/	
	Zygomatique	Zy 1	Longueur entre la limite antérieure du processus infra-orbitaire et la limite postérieure du processus temporal	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/	
		Zy 2	Largeur entre la limite antérieure du bord infra-orbitaire et le sommet du processus frontal	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
		Zy 3	<i>Largeur entre le sommet du processus frontal et la limite postérieure du processus temporal</i>	présente étude	/	/
	Palatin	Pal 1	Longueur maximale de la lame perpendiculaire	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
	Maxillaire	Mx 1	Longueur sagittale de l'épine nasale antérieure au bord postérieur du processus palatin (<i>prendre en compte l'angle du processus palatin</i>)	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Mx 2	Hauteur verticale du processus alvéolaire au sommet du processus frontal	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
		Mx 3	Largeur de l'angle postéro-médial du processus palatin à l'extrémité du processus zygomatique	Fazekas et Kósa (1978)	FK c	/
		Mx 4	Largeur oblique maximale de l'épine nasale antérieure à l'extrémité du processus zygomatique	Fazekas et Kósa (1978)	FK d	/
		Mx1bis	<i>Longueur sagittale de l'épine nasale antérieure au bord postérieur du processus alvéolaire</i>	présente étude	/	/
		Mx2 bis	<i>Hauteur verticale du sommet du processus frontal à l'épine nasale</i>	présente étude	/	/
		Mx3 bis	<i>Largeur de l'angle postéro-médial du processus alvéolaire à l'extrémité du processus zygomatique</i>	présente étude	/	/
		Mandibule	Ma 1	Longueur maximale de l'angle inféro-médial au bord postérieur du processus condyalaire	Fazekas et Kósa (1978)	FK c
	Ma1bis		Longueur du corps	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
	Ma 2		Largeur de l'incisure mandibulaire du sommet du processus coronoïde au bord postérieur du processus condyalaire	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
	Ma 3		<i>Largeur maximale du processus condyalaire</i>	présente étude	/	/
	Ma 4		<i>Hauteur de la symphyse mandibulaire</i>	présente étude	/	/
Grill costal	Côtes	Ct 1	Longueur droite de l'angle médial de la tête au point de l'extrémité sternale qui en est le plus éloigné. Le repère postérieur est évident lorsque la tête a une forme triangulaire ; lorsque la tête est tronquée et a une forme carrée, le repère postérieur est constitué par le bord postérieur du méplat médial de la tête	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ct 2	Longueur droite maximale du point le plus antérieur de l'extrémité sternale au point de la côte qui en est le plus éloigné Sur les neuf premières côtes, ce point se situe sur le tubercule costal. Sur les dernières côtes, les mesures Ct1 et CT 2 sont identiques	Fazekas et Kósa (1978)	Fk a	/

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
Ceinture scapulaire	Manubrium – Sternum	CT 3	Longueur de l'arc costal mesurée le long de la face exothoracique entre les points de repère de la mesure CT 1	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		CT 4	La flèche costale, distance du segment reliant les deux points de repère de la mesure Ct 1 au point de la face exo thoracique qui en est le plus éloigné.	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ct 5	<i>Longueur maximale de la surface articulaire de l'extrémité proximale</i>	présente étude	/	/
		Ct 6	<i>Longueur maximale de la surface articulaire de l'extrémité distale</i>	présente étude	/	/
		Mn 1	Diamètre transversal maximal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Mn 2	Diamètre vertical minimal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Mn 3	Diamètre sagittal minimal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Clavicule	Cl 1	Longueur maximale	Fazekas et Kósa (1978)	FK a
	Cl 2		Périmètre au milieu	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Cl 3		Largeur externe maximale prise entre les points les plus éloignés des bords antérieur et postérieur de l'extrémité latérale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Cl 4		Largeur externe obtenue en appliquant l'un des deux bras du pied à coulisse contre les deux points les plus saillants du bord postérieur de l'os, l'autre bras s'appuyant sur le point le plus saillant du bord antérieur de l'extrémité latérale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Cl 5		Diamètre vertical de l'extrémité médiale l'os est placé de telle manière que sa moitié médiale soit parallèle au bras du pied à coulisse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Cl 6		Diamètre vertical de l'extrémité médiale même mesure que la précédente mais sans tenir compte de l'orientation de l'os (mesure hors tout)	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Cl 7		Diamètre horizontal au milieu	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Cl 8		Diamètre vertical au milieu	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Scapula	Sc 1	Hauteur	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Sc 2	Largeur prise entre le centre du versant vertical de la région glénoïdo-coracoïdienne et le point du bord médial qui en est le plus éloigné, dans la zone correspondant à la naissance de l'épine	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Sc 3	Largeur prise entre l'extrémité caudale de la cavité glénoïdale et le point du bord médial défini précédemment	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Sc 4	Longueur de l'épine prise entre le point le plus latéral de l'épine (région	Fazekas et Kósa (1978)	FK c	/

Région anat.	Elément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
			acromiale) et le point du bord médial défini précédemment			
		Sc 5	Longueur du bord axillaire le repère inférieur est différent de celui de l'adulte, le point angulaire inférieur n'étant pas formé ; le point supérieur correspond au bord inférieur de la cavité glénoïdale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Sc 6	Hauteur de la région glénoïdale, elle intègre la base du processus coracoïde non dissociable	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Sc6 bis	<i>Hauteur de la région glénoïdale en incluant la jonction avec le bord axillaire</i>	présente étude	/	/
		Sc 7	Largeur de la cavité glénoïdale sur l'échancrure	présente étude	/	/
		Sc 8	<i>Largeur maximale de la cavité glénoïdale</i>	présente étude	/	/
		Sc 9	<i>Longueur prise entre l'angle supérieur et le point inférieur de la cavité glénoïdale</i>	présente étude	/	/
Ceinture pelvienne	Ilium	II 1	Hauteur de l'ilium prise du point le plus bas de la région acétabulaire au point de la crête iliaque qui en est le plus éloigné. Ce point est situé au voisinage du milieu de la crête iliaque, mais pas exactement au milieu.	Schutkowski (1990)	/	B4
		II 2	Hauteur de l'ilium prise du point situé à l'extrémité inférieure de la <i>linea arcuata</i> au point de la crête iliaque qui en est le plus éloigné	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		II 3	Largeur de l'ilium de l'épine iliaque antéro-supérieure à l'épine iliaque postéro-supérieure	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	B3
		II 4	Diamètre antéro-postérieur maximal de la surface auriculaire	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		II 5	Diamètre vertical de la surface auriculaire un des bras du pied à coulisse est tangent au bord inférieur de la surface, l'autre vient au contact du point du bord supérieur qui en est le plus éloigné	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		II 6	Longueur de la crête iliaque, mesure curviligne	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		II 7	Diamètre sagittal maximal de la région acétabulaire	Schutkowski (1990)	/	B5
		II 8	Diamètre transversal de la région acétabulaire perpendiculaire au précédent II 7, mesure oblique de haut en bas et de l'extérieur vers l'intérieur	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		II 9	Largeur de l'échancrure sciatique, distance entre l'épine iliaque postéro-inférieure et le point où l'échancrure sciatique rencontre la surface acétabulaire	Schutkowski (1990)	/	B1

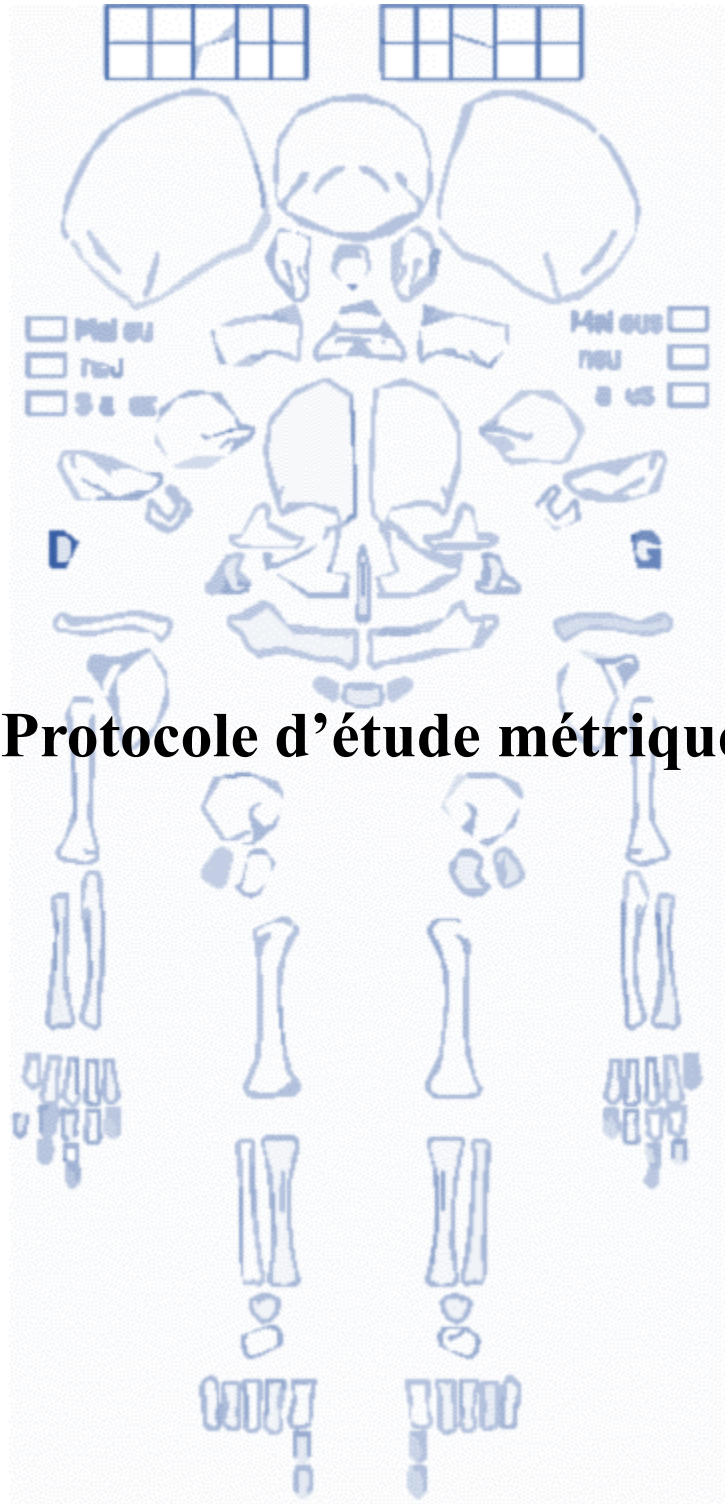
Région anat.	Elément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
Membres sup.	Ischium	Il 10	Profondeur de l'échancrure sciatique prise perpendiculairement à la largeur, à partir du point le plus profond de l'échancrure	Schutkowski (1990)	/	B2
		Is 1	Hauteur maximale de l'ischium	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Is 2	Diamètre sagittal maximal	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/
		Is 3	Diamètre sagittal de l'ischium, le bras fixe du pied à coulisse s'appuie sur les deux points les plus antérieurs de la région acétabulaire et de la branche ischio-pubienne	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Is 4	Diamètre transversal maximal de l'ischium le bras fixe du pied à coulisse s'appuie sur les bords antérieur et postérieur de la face médiane	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Is 5	Diamètre transversal maximal de la tubérosité ischiatique	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Pubis	Is 6	Hauteur du foramen obturateur prise entre le point le plus antérieur de la branche ischio-pubienne et le point le plus bas de la surface correspondant au point acétabulaire antérieur	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Pu 1	Longueur du pubis prise parallèlement au bord supérieur	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Pu 2	Hauteur de l'extrémité acétabulaire prise perpendiculairement au bord supérieur du pubis	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Pu 3	Hauteur de la surface symphysaire prise perpendiculairement au bord supérieur du pubis	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Pu 4	Hauteur minimale du pubis entre le bord supérieur du foramen obturé et le bord supérieur	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Pu 5	Diamètre sagittal de l'extrémité acétabulaire	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Humérus	Pu 6	Diamètre sagittal maximal de la surface symphysaire	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Hu 1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		Hu 2	Périmètre au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Hu 3	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Hu 4	Diamètre minimal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Hu 5	Diamètre maximal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
Hu 6		Diamètre minimal de l'extrémité proximale perpendiculaire au précédent	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
Hu 7		Largeur transversale maximale de l'extrémité distale	Fazekas et Kósa (1978)	FK b	/	
Hu 8	Diamètre sagittal de l'extrémité distale le bras fixe du pied à coulisse est	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/		

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
			tangent à la face postérieure de l'extrémité distale (contre les deux piliers de la fosse olécranienne) et le bras mobile vient s'appliquer sur le point le plus saillant de la face antérieure			
		Hu 9	Diamètre antéo-postérieur minimal au niveau de la fosse olécranienne	Fazekas et Kósa (1978)	/	/
		Hu 10	Largeur de la fosse olécranienne les repères latéral et médial sont situés sur le bord postérieur de la surface distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		<i>Hu 1bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>	présente étude	/	/
	Ulna	UI 1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		UI 2	Périmètre au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 3	Diamètre minimal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 4	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 5	Diamètre sagittal maximal de l'extrémité proximale, du point le plus antérieur du bec coronoïdien à la face postérieure de l'os	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 6	Diamètre transversal perpendiculaire à UI 5	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 7	Hauteur de l'incisure trochléaire	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 8	Diamètre sagittal de l'extrémité olécranienne	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 9	Diamètre transversal de l'extrémité olécranienne perpendiculaire à UI 8	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 10	Diamètre maximal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		UI 11	Diamètre minimal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		<i>UI 1 bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Radius	Ra 1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas et Kósa (1978)	FK a
	Ra 2		Longueur du col, prise du bord tranchant médial de l'extrémité proximale au centre de la tubérosité bicipitale (mesure qu'il est difficile de prendre lorsqu'une petite dépression se substitue à la tubérosité)	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Ra2 bis		Longueur du col au centre de la fosse de la tubérosité bicipitale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Ra 3		Diamètre sagittal du col pris perpendiculairement à Ra 4	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Ra 4		Diamètre transversal du col diamètre minimal de la face médiane à la face latérale pris à l'endroit du plus fort rétrécissement du col	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
Membres inférieurs	Fémur	Ra 5	Diamètre transversal maximal pris au niveau de la tubérosité bicipitale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 6	Diamètre transversal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 7	Diamètre sagittal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 8	Périmètre au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 9	Diamètre sagittal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 10	Diamètre transversal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 11	Diamètre transversal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra12	Diamètre sagittal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ra 1bis	Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Fe 1	Longueur de la diaphyse	Fazekas et Kósa (1978)	Fka	/	
	Fe 2	Périmètre au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fe 3	Diamètre antéro-postérieur au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fe 4	Diamètre transversal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fe 5	Diamètre maximal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fe 6	Diamètre de l'extrémité proximale perpendiculaire à Fe 5	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fe 7	Diamètre transversal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fe 8	Diamètre antéro-postérieur de l'extrémité distale pris perpendiculairement au précédent Fe 7, le bras fixe du pied à coulisse est tangent à la face postérieure, le bras li vient s'appliquer contre le point le plus saillant vers l'avant de la face antérieure	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
Fe 1 bis	Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/		
Tibia	Ti 1	Longueur de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	FKa	/	
	Ti 2	Périmètre au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Ti 3	Diamètre sagittal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Ti 4	Diamètre transversal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Ti 5	Diamètre sagittal de la diaphyse au niveau du trou nourricier	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Ti 6	Diamètre transversal de la diaphyse au niveau du trou nourricier	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Ti 7	Diamètre transversal maximal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	

Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
Rachis	Fibula	Ti 8	Diamètre sagittal maximal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ti 9	Diamètre transversal maximal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ti 10	Diamètre sagittal maximal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Ti 1 bis	Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier	présente étude	/	/
		Fi 1	Longueur de la diaphyse	Fazekas et Kósa (1978)	Fka	/
		Fi 2	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Fi 3	Diamètre minimal au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Fi 4	Périmètre au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Fi 5	Diamètre antéro-postérieur de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Fi 6	Diamètre transversal de l'extrémité proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Fi 7	Diamètre antéro postérieur maximal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Fi 8	Diamètre transversal de l'extrémité distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Fi 1 bis	Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier	présente étude	/	/	
	Acs vertébraux	An 1	Longueur maximale au point le plus antérieur à l'extrémité postérieure de la lame.	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		An 2	Largeur maximale, l'un des bras du pied à coulisse prend appui sur les points les plus médiaux de l'extrémité antérieure (portion du corps attenante au pédicule vertébral) et de la lame, l'autre venant au contact du point le plus latéral	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		An 3	Hauteur de la lame, l'un des bras du pied à coulisse prend appui sur le bord supérieur de la lame, l'autre vient au contact du point du bord inférieur qui en et le plus éloigné (à l'exclusion du processus articulaire postéro-inférieur)	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Ailerons sacrés	As 1	Diamètre sagittal maximal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		As 2	Diamètre transversal maximal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		As 3	Diamètre vertical maximal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
Corps vertébraux	Cv 1	Diamètre sagittal maximal, l'un des bras du pied à coulisse prend appui sur les points les plus postérieurs du corps, l'autre bras venant au contact du point le plus antérieur vertèbres corps	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	Cv 2	Diamètre transversal maximal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	

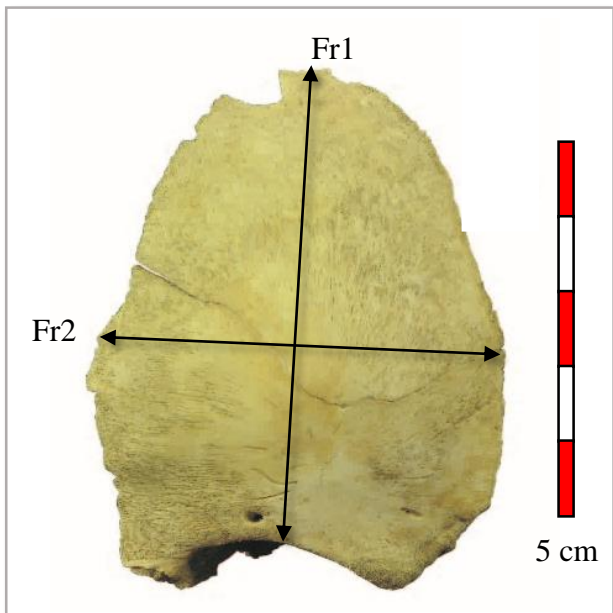
Région anat.	Élément osseux	Code	Définition	Origine	Corres. FK	Ccorres. Sch.
Mains	Métacarpiens	Cv 3	Hauteur maximale du corps	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 1	Longueur maximale métacarpiens	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		MC 2	Largeur au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 3	Hauteur au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 4	Largeur distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 5	Hauteur distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 6	Largeur proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 7	Hauteur proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Phalanges mains	Phm1	Longueur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	Pieds	Talus	Ta 1	Longueur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/
Ta 2			Largeur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
Ta			Hauteur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
Calcaneus		Cal 1	Longueur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Cal 2	Largeur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		Cal 3	Hauteur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
Métatarsiens		MC 1	Longueur maximale métatarsiens	Fazekas et Kósa (1978)	FK a	/
		MC 2	Largeur au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 3	Hauteur au milieu de la diaphyse	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
		MC 4	Largeur distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/
	MC 5	Hauteur distale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	MC 6	Largeur proximal	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
	MC 7	Hauteur proximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	
Phalanges pied	Php1	Longueur maximale	Duday <i>et al</i> (1995)	/	/	



Protocole d'étude métrique

Illustration de la page de garde d'après la fiche de conservation de terrain de TS. Constandse-Westemann et C. Meikeljonh, modifié par A.m Tillier et H. Duday, informatisée par M. Coutureau (Inrap)

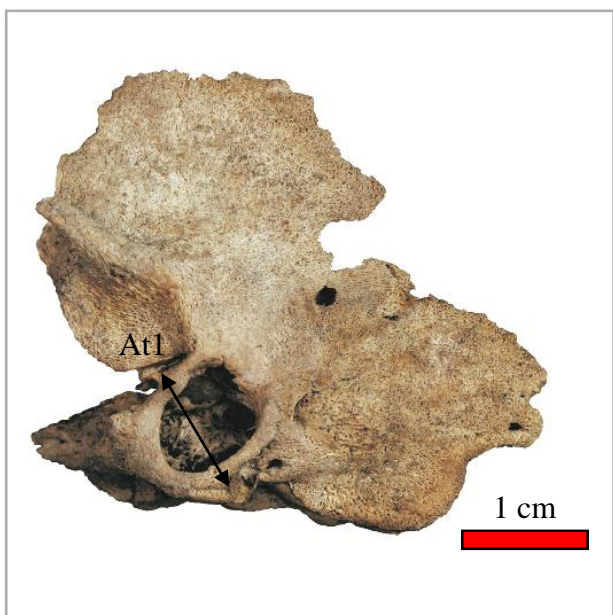
Hémi-frontal



Frontal gauche, vue antérieure, P292

Fr 1	Hauteur de l'écaille du milieu du bord supérieur de l'orbite au point de la suture coronale qui en est le plus éloigné (corde)
Fr 2	Largeur maximale mesurée au niveau de la bosse frontale
<i>FR1 bis</i>	<i>Arc entre les points de repère définis dans la mesure fr1 (mètre ruban)</i>

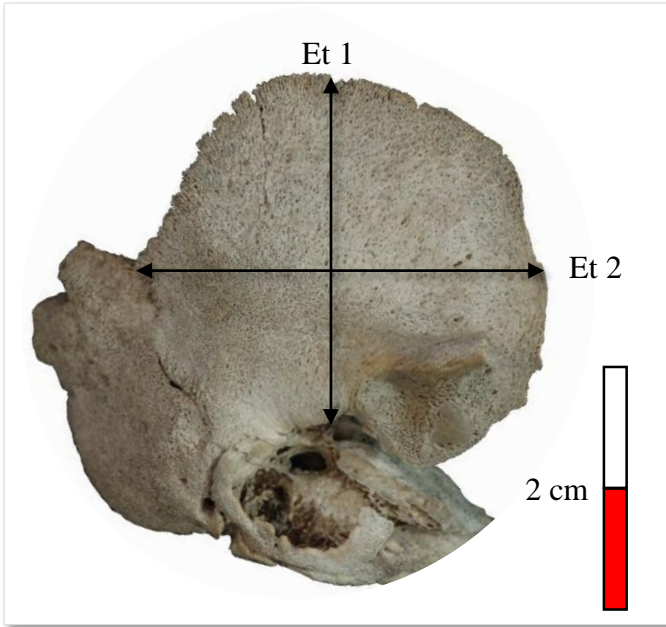
Anneau tympanique



Temporal droit, vue exocrânienne, S41

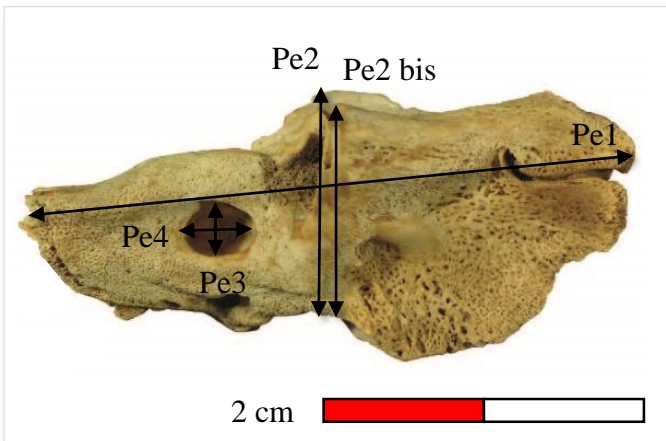
At 1	Diamètre à la hauteur du processus tympanique antérieur
------	---

Temporal



Temporal droit, vue exocrânienne, P292

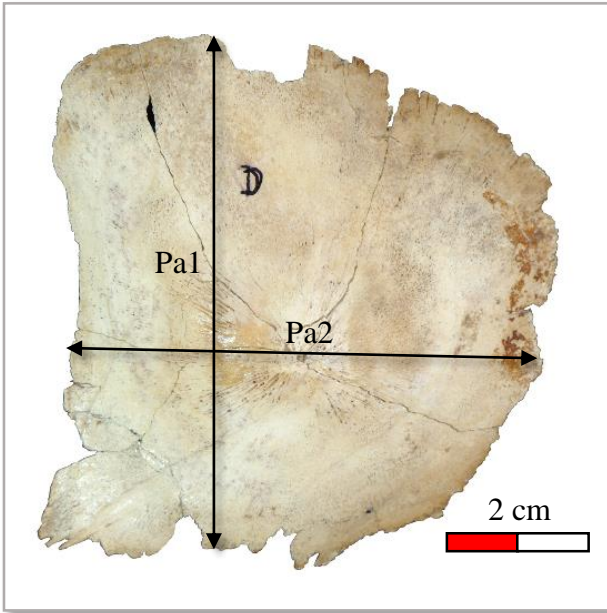
Et 1	Hauteur de l'écaïlle temporale du milieu du bord inférieur au point de la suture squamosale qui en est le plus éloigné
Et 2	Largeur maximale de l'écaïlle parallèlement à l'axe du processus zygomatique



Pétreux droit, vue endocrânienne, S44

Pe 1	Longueur maximale mesurée entre la limite postéro-supérieure du processus mastoïdien et le sommet du pétreux
Pe 2	Hauteur maximale mesurée dans un plan vertical à hauteur de l' <i>eminentia arcuata</i>
Pe 2 bis	<i>Hauteur mesurée dans un plan vertical entre le point supérieur de l'eminentia arcuata et le bord inférieur (même mesure que pe2 mais prise sur l'eminentia arcuata qui est plus souvent conservée que le bord supérieur du pétreux)</i>
Pe 3	<i>Diamètre vertical maximal du méat acoustique interne</i>
Pe 4	<i>Diamètre horizontal maximal du méat acoustique interne</i>

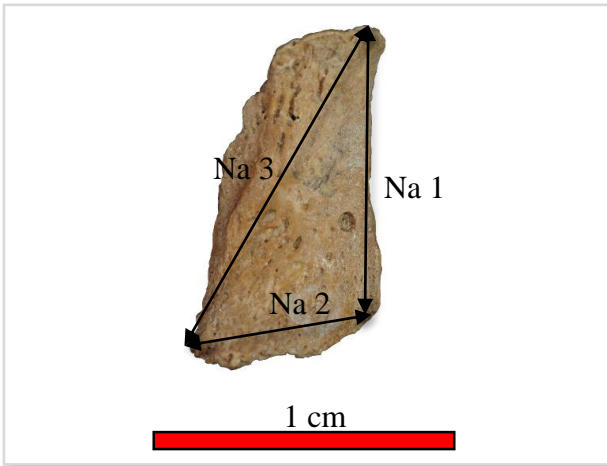
Pariétal



Pariétal droit, vue exocrânienne, S41

Pa 1	Hauteur du pariétal mesurée parallèlement à la suture coronale, entre les milieux des sutures squamosale et sagittale
Pa 2	Largeur du pariétal mesurée parallèlement à la suture sagittale, de la suture coronale à la suture lambdoïde au niveau de la bosse pariétale (corde)

Os nasal



Os nasal droit, vue antérieure, S41

Na 1	Longueur médiane de la suture naso-frontale au bord inférieur
Na 2	Largeur mesurée le long du bord inférieur
Na 3	3 ^{ème} dimension de l'os : longueur entre la suture naso-frontale (point utilisé pour la mesure Na 1) et l'extrémité du bord inférieur

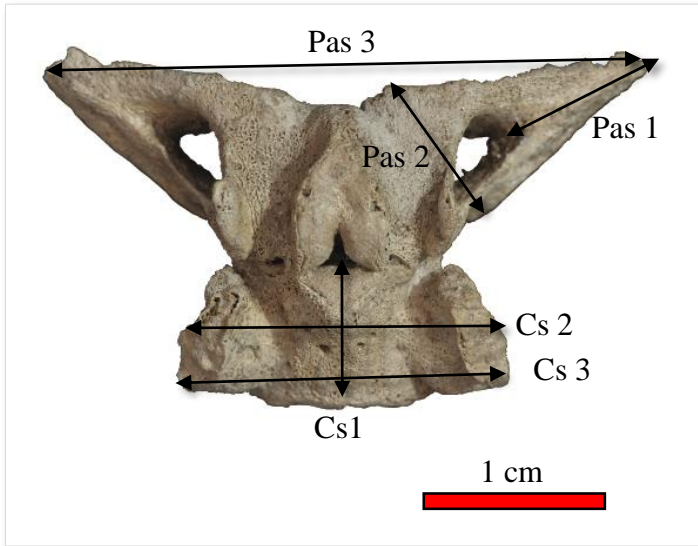
Vomer



Vomer, vue latérale, S41

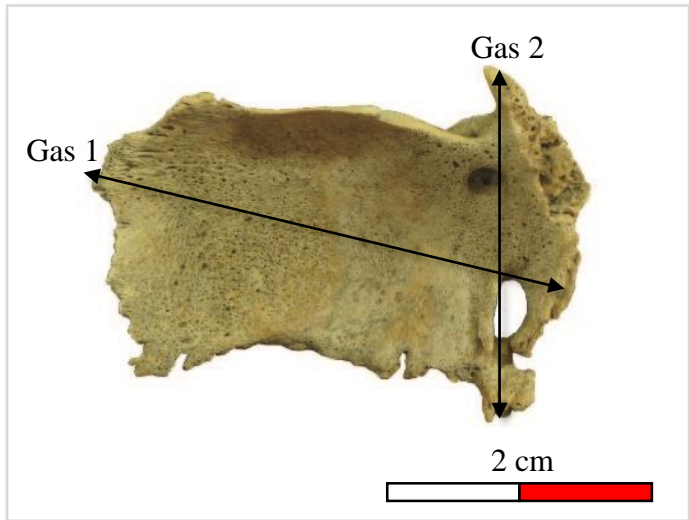
Vo 1	Longueur maximale entre l'extrémité antérieure et le point le plus postérieur de l'aile
------	---

Sphénoïde



Post-sphénoïde et petites ailes, vue antérieure, S41

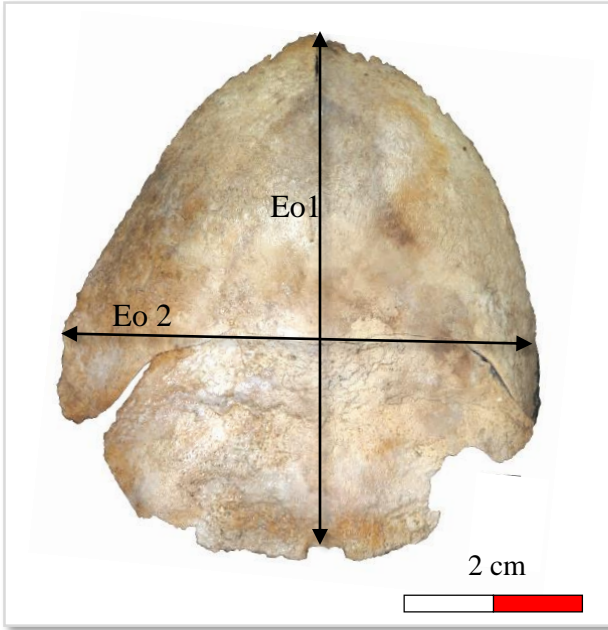
Pas 1	Longueur prise entre l'extrémité latérale de la petite aile et le milieu du bord postéro-supérieur du canal optique
Pas 2	largeur maximale mesurée perpendiculairement au canal optique
Pas 3	<i>Distance entre les extrémités latérales des processus alaires : largeur maximale</i>
Cs 1	Longueur mesurée dans le plan médian entre les synchondroses intersphénoïdale et sphéno-occipitale
Cs 2	Largeur maximale prise au milieu de la fosse hypophysaire
Cs3	<i>Largeur maximale inférieurement à la fosse hypophysaire, entre les extrémités des processus</i>



Post-sphénoïde et petites ailes, vue antérieure, P288

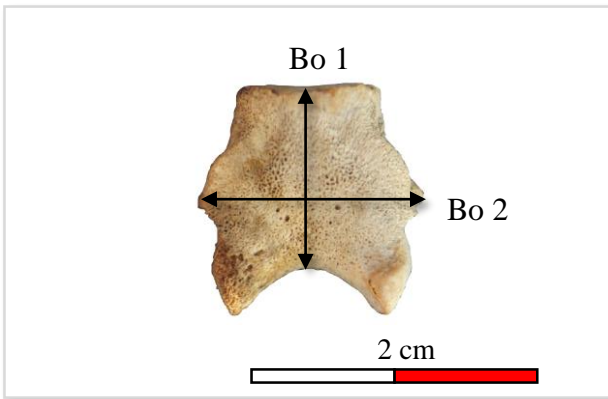
Gas 1	Longueur maximale prise du processus ptérygoïde médial à l'extrémité supéro-latérale de la grande aile
Gas 2	Largeur maximale mesurée de la <i>lingula</i> sphénoïdale à l'extrémité antérieure du processus ptérygoïde

Occipital



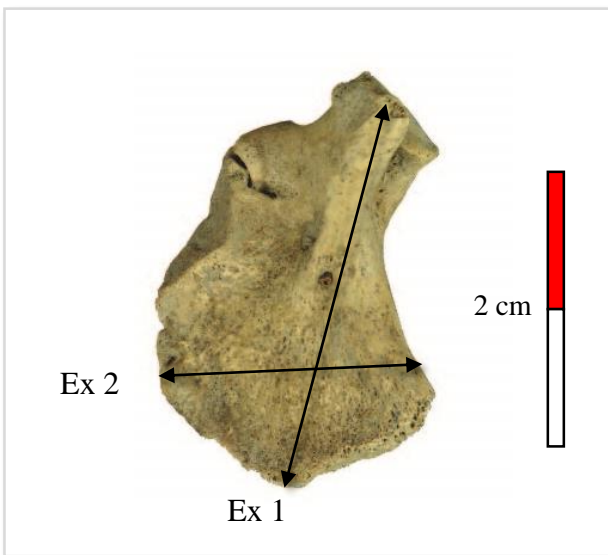
Partie squameuse de l'occipital, vue exocrânienne, S41

Eo 1	Hauteur maximale mesurée dans le plan médian (corde)
Eo 2	<i>Largeur maximale au niveau de la sutura mendosa</i>
Eo 1 bis	<i>Arc selon les points de repères définis dans la mesure Eo 1</i>



Pars basilaris, vue inférieure, S41

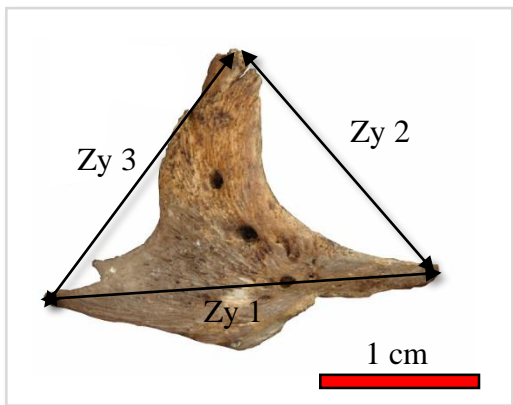
Bo 1	Longueur mesurée dans le plan médian du bord antérieur du <i>foramen magnum</i> à la synchondrose sphéno-occipitale
Bo 2	Largeur maximale à hauteur des tubercules latéraux



Pars lateralis gauche, vue endocrânienne, P303

Ex 1	Longueur maximale prise entre les synchondroses inter-occipitales antérieure et postérieure, <i>sans prendre en compte l'épine distale si elle est présente</i>
Ex 2	Largeur maximale mesurée entre les bords médial et latéral de la synchondrose inter-occipitale postérieure

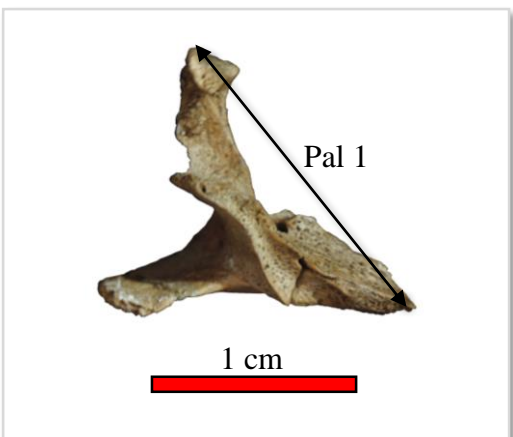
Zygomatique



Zygomatique droit, vue antérieure, S73

Zy 1	Longueur entre la limite antérieure du processus infra-orbitaire et la limite postérieure du processus temporal
Zy 2	Largeur entre la limite antérieure du bord infra-orbitaire et le sommet du processus frontal
Zy 3	<i>3^e dimension : largeur entre le sommet du processus frontal et la limite postérieure du processus temporal</i>

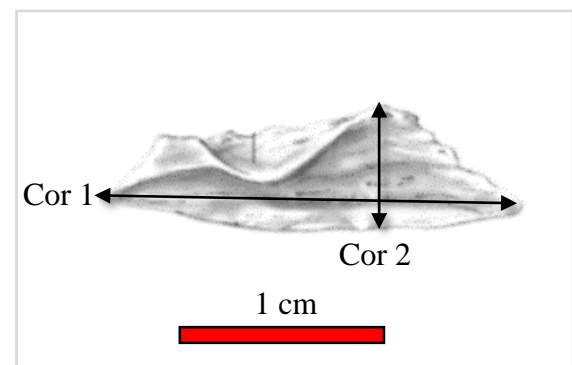
Palatin



Palatin droit, vue postérieure, S41

Pal 1	Longueur maximale de la lame perpendiculaire
-------	--

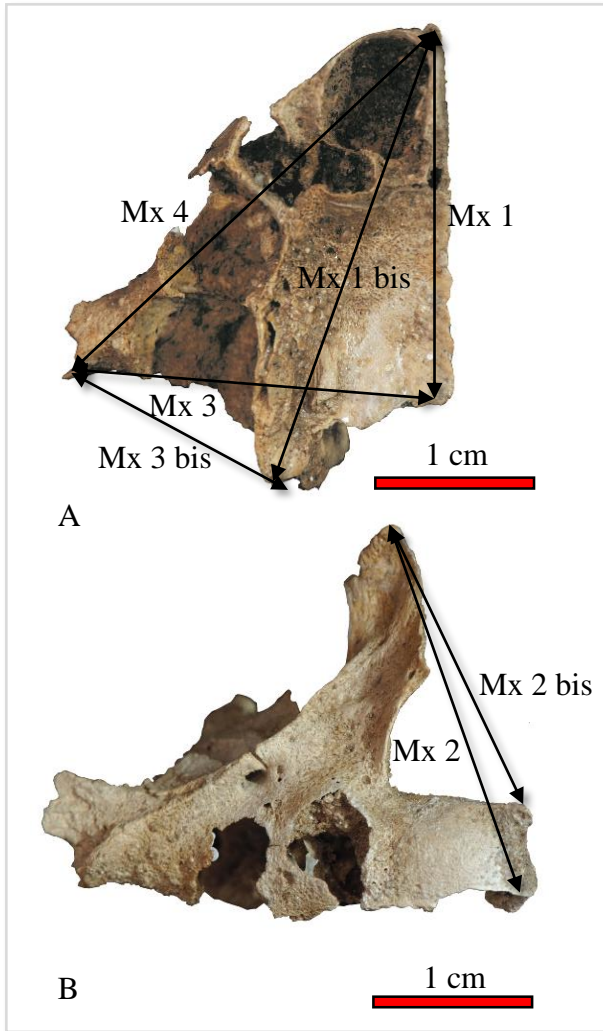
Cornet nasal inférieur



Cornet nasal inférieur, vue latérale, d'après Scheuer et Black (2000, p.117)

Cor 1	longueur maximale du cornet nasal
Cor 2	Hauteur maximale mesurée perpendiculairement à la longueur

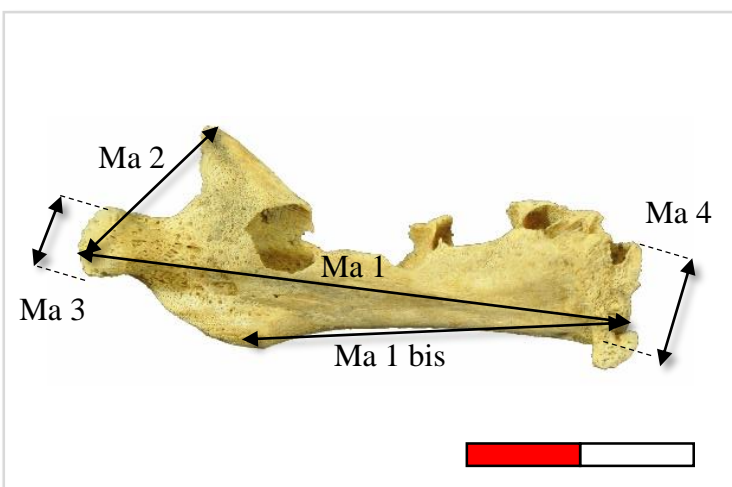
Maxillaire



Maxillaire droit, A : vue inférieure, B : vue antéro-latérale, S41

Mx 1	Longueur sagittale de l'épine nasale antérieure au bord postérieur du processus palatin
Mx 2	Hauteur verticale du processus alvéolaire au sommet du processus frontal
Mx 3	Largeur de l'angle postéro-médial du processus palatin à l'extrémité du processus zygomatique
Mx 4	Largeur oblique maximale de l'épine nasale antérieure à l'extrémité du processus zygomatique
Mx1 bis	Longueur sagittale de l'épine nasale antérieure au bord postérieur du processus alvéolaire
Mx2 bis	Hauteur verticale du sommet du processus frontal à l'épine nasale
Mx3 bis	Largeur de l'angle postéro-médial du processus alvéolaire à l'extrémité du processus zygomatique

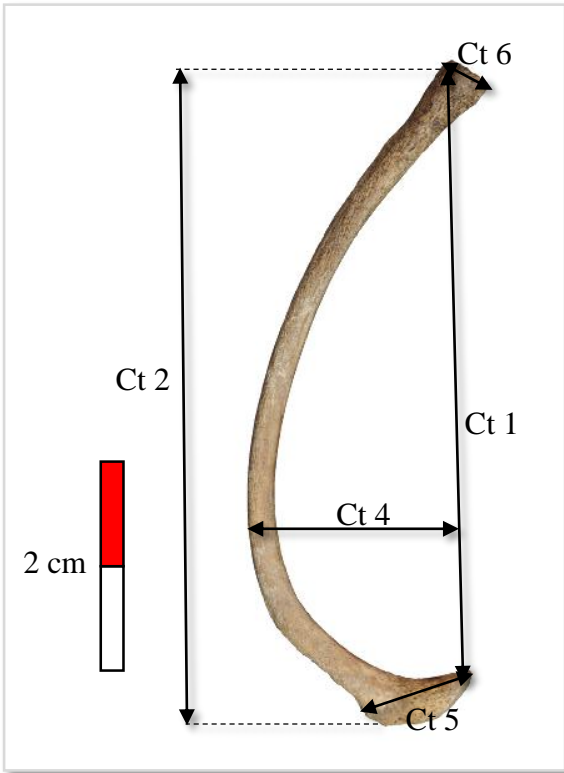
Hémi-mandibule



Hémi-mandibule gauche, vue médiale, B67

Ma 1	Longueur maximale de l'angle inféro-médial au bord postérieur du processus condyalaire
Ma1bis	Longueur du corps
Ma 2	Largeur de l'incisure mandibulaire du sommet du processus coronoïde au bord postérieur du processus condyalaire
Ma 3	Largeur maximale du processus condyalaire
Ma 4	Hauteur de la symphyse mandibulaire

Côtes

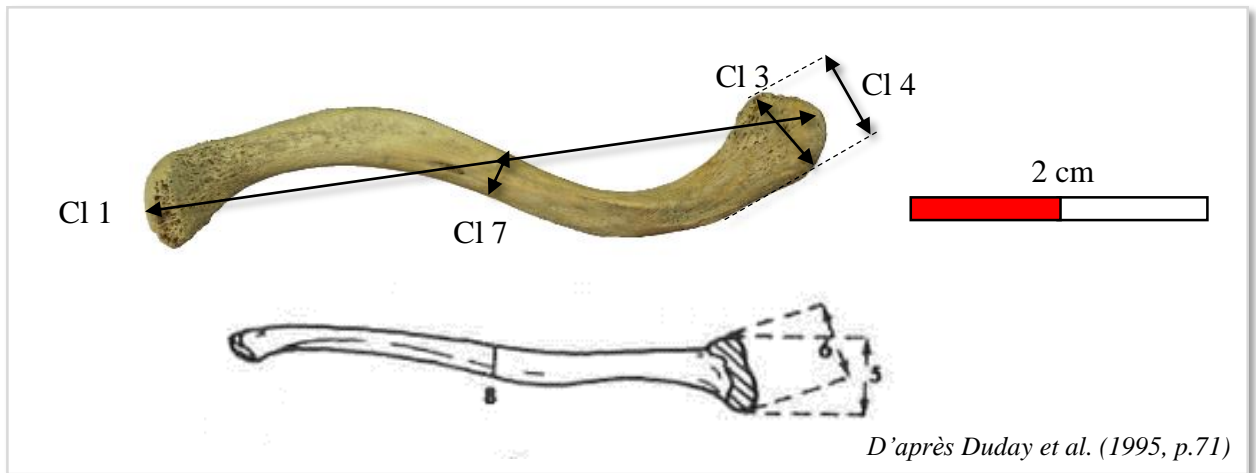


6^e côte gauche, vue inférieure, S41

Ct 1	Longueur droite de l'angle médial de la tête au point de l'extrémité sternale qui en est le plus éloigné. Le repère postérieur est évident lorsque la tête a une forme triangulaire; lorsque la tête est tronquée et a une forme carrée, le repère postérieur est constitué par le bord postérieur du méplat médial de la tête
Ct 2	Longueur droite maximale du point le plus antérieur de l'extrémité sternale au point de la côte qui en est le plus éloigné. Sur les neuf premières côtes, ce point se situe sur le tubercule costal. Sur les dernières côtes, les mesures ct1 et ct 2 sont identiques.
Ct 3	Longueur de l'arc costal mesurée le long de la face exothoracique entre les points de repère de la mesure CT 1 (mètre ruban)
Ct 4	La flèche costale distance du segment reliant les deux points de repère de la mesure ct 1 au point de la face exo thoracique qui en est le plus éloigné (mesure sur papier millimétré)
Ct5	Longueur maximale de la surface articulaire de l'extrémité proximale
Ct6	Longueur maximale de la surface articulaire de l'extrémité distale

Ceinture du membre supérieur

Clavicule



Clavicule gauche, vue inférieure, P215

CI 1	Longueur maximale
CI 2	Périmètre au milieu
CI 3	Largeur externe maximale prise entre les points les plus éloignés des bords antérieur et postérieur de l'extrémité latérale
CI 4	Largeur externe obtenue en appliquant l'un des deux bras du pied à coulisse contre les deux points les plus saillants du bord postérieur de l'os, l'autre bras s'appuyant sur le point le plus saillant du bord antérieur de l'extrémité latérale
CI 5	Diamètre vertical de l'extrémité médiale, l'os étant placé de telle manière que sa moitié médiale soit parallèle au bras du pied à coulisse
CI 6	Diamètre vertical de l'extrémité médiale même mesure que la précédente mais sans tenir compte de l'orientation de l'os
CI 7	Diamètre horizontal au milieu
CI 8	Diamètre vertical au milieu

Manubrium - Sternum

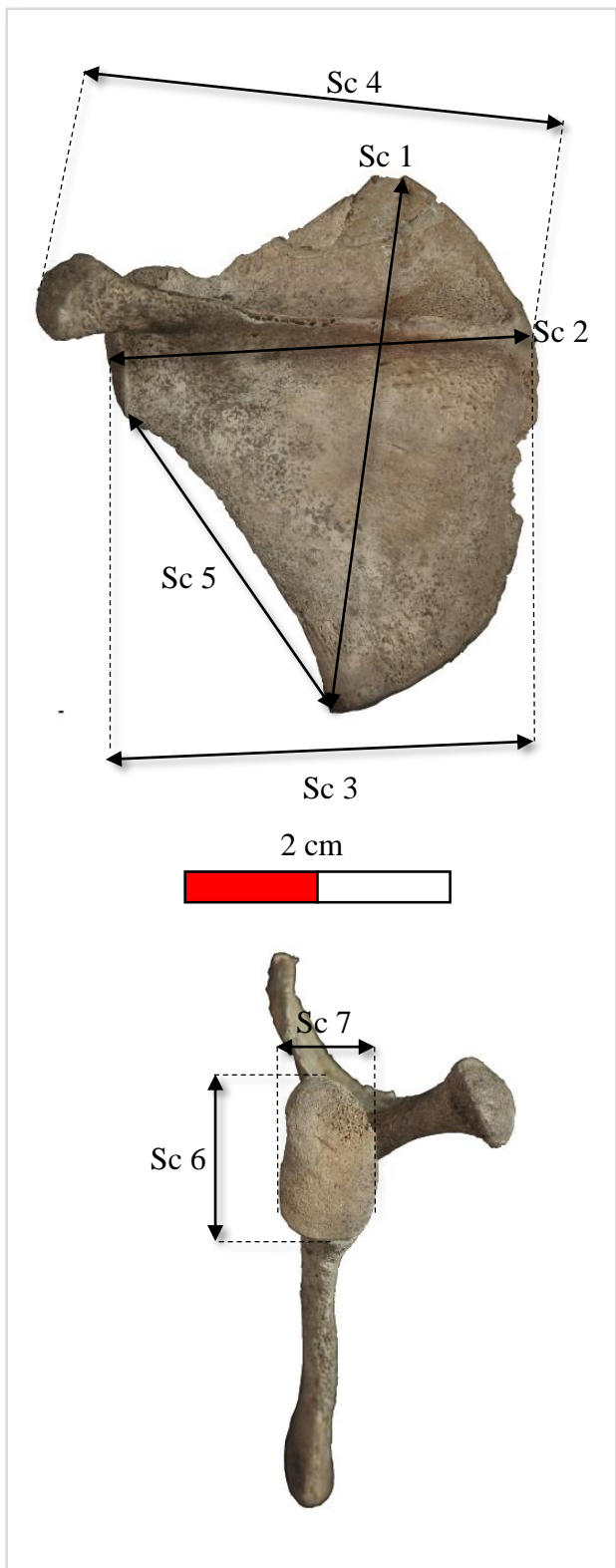


Mn 1

Longueur maximale du manubrium ou du corps ou de la sternèbre

Manubrium, vue antérieure, S41

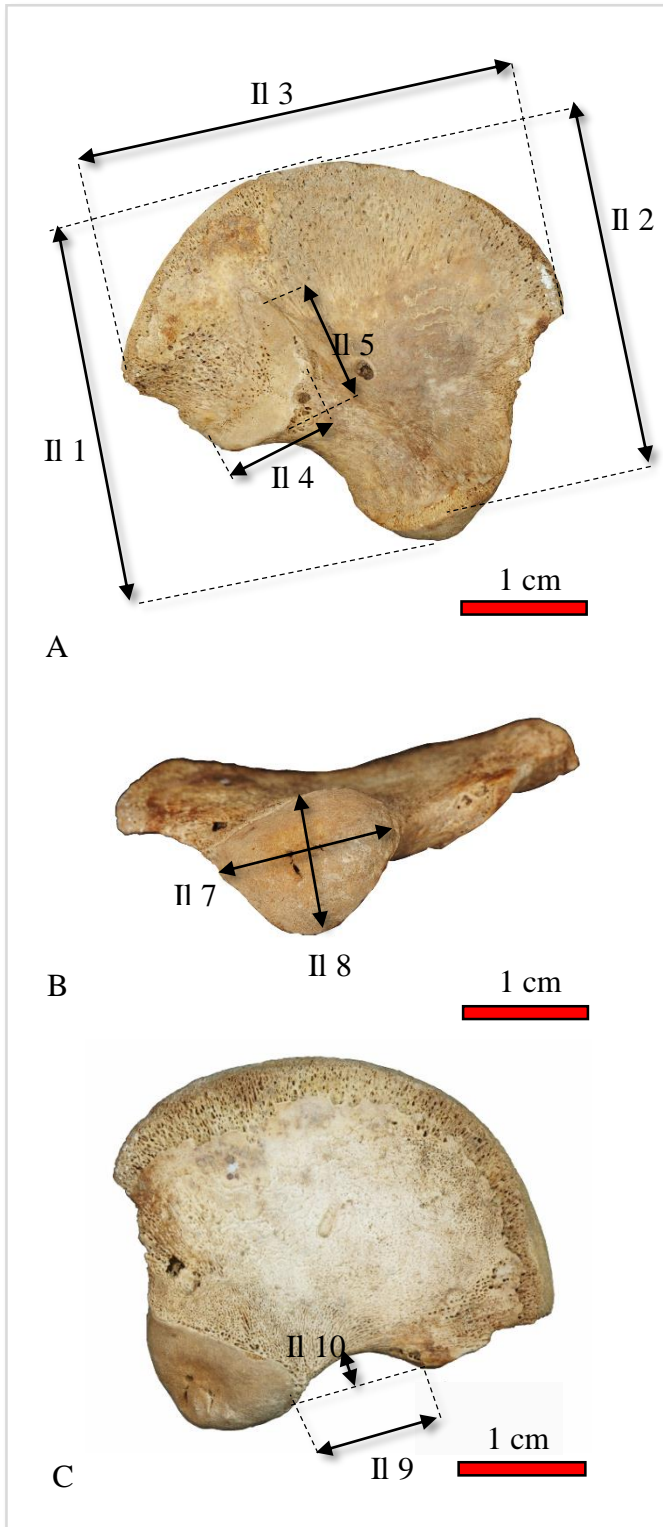
Scapula



Sc 1	Hauteur de la scapula
Sc 2	Largeur prise entre le centre du versant vertical de la région glénoïdo-coracoïdienne et le point du bord médial qui en est le plus éloigné, dans la zone correspondant à la naissance de l'épine
Sc 3	Largeur prise entre l'extrémité caudale de la cavité glénoïdale et le point du bord médial défini précédemment
Sc 4	Longueur de l'épine prise entre le point le plus latéral de l'épine (région acromiale) et le point du bord médial défini précédemment
Sc 5	Longueur du bord axillaire, le point supérieur correspond au bord inférieur de la cavité glénoïdale
Sc 6	Hauteur de la région glénoïdale; en intégrant la base du processus coracoïde non dissociable
Sc6 bis	<i>Hauteur de la région glénoïdale en incluant la jonction avec le bord axillaire</i>
Sc 7	Largeur de la cavité glénoïdale <i>sur l'échancrure</i>
Sc 8	<i>Largeur maximale de la cavité glénoïdale</i>
Sc 9	<i>Longueur prise entre l'angle supérieur et le point inférieur de la cavité glénoïdale (3^{ème} dimension qui complète Sc1 et Sc5)</i>

Scapula gauche, vue postérieure (haut) et vue latérale (bas), S41

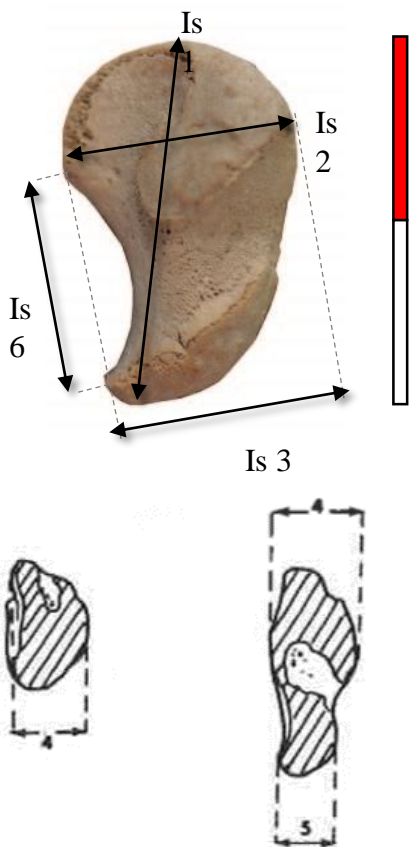
Ilium



II 1	Hauteur de l'ilium prise du point le plus bas de la région acétabulaire au point de la crête iliaque qui en est le plus éloigné. Ce point est situé au voisinage du milieu de la crête iliaque, mais pas exactement au milieu.
II 2	Hauteur de l'ilium prise du point situé à l'extrémité inférieure de la <i>linea arcuata</i> au point de la crête iliaque qui en est le plus éloigné
II 3	Largeur de l'ilium de l'épine iliaque antéro-supérieure à l'épine iliaque postéro-supérieure
II 4	Diamètre antéro-postérieur maximal de la surface auriculaire
II 5	Diamètre vertical de la surface auriculaire
II 6	Longueur de la crête iliaque; mesure curviligne au mètre ruban
II 7	Diamètre sagittal maximal de la région acétabulaire
II 8	Diamètre transversal de la région acétabulaire perpendiculaire au précédent II 7, mesure oblique de haut en bas et de l'extérieur vers l'intérieur
II 9	Largeur de l'échancrure sciatique, distance entre l'épine iliaque postéro-inférieure et le point où l'échancrure sciatique rencontre la surface acétabulaire (ce point paraît être la limite inférieure de l'échancrure sciatique lorsque l'ilium repose sur sa face latérale)
II 10	Profondeur de l'échancrure sciatique prise perpendiculairement à la largeur, à partir du point le plus profond de l'échancrure, sur papier millimétré

Ilium gauche, A : vue antérieure, B : vue médiale, C : vue postérieure, S41

Ischium

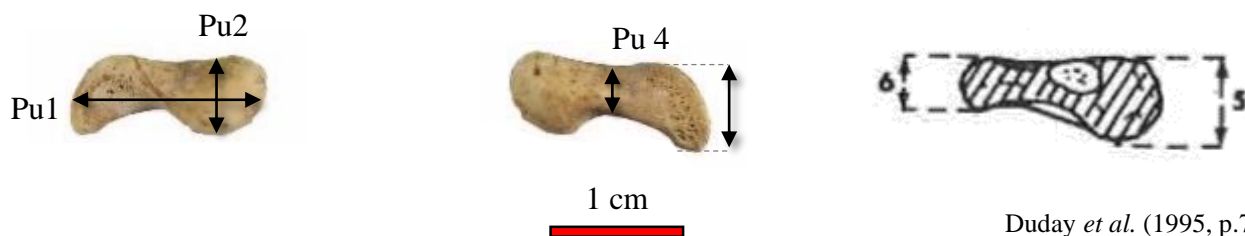


Duday *et al.* (1995, p.73)

Is 1	Hauteur maximale de l'ischium
Is 2	Diamètre sagittal maximal de l'ischium
Is 3	Diamètre sagittal de l'ischium, le bras fixe du pied à coulisse s'appuie sur les deux points les plus antérieurs de la région acétabulaire et de la branche ischio-pubienne
Is 4	Diamètre transversal maximal de l'ischium, le bras fixe du pied à coulisse s'appuie sur les bords antérieur et postérieur de la face médiane
Is 5	Diamètre transversal maximal de la tubérosité ischiatique
Is 6	Hauteur du foramen obturateur prise entre le point le plus antérieur de la branche ischio-pubienne et le point le plus bas de la surface correspondant au point acétabulaire antérieur

Ischium gauche, vue latérale, S50

Pubis

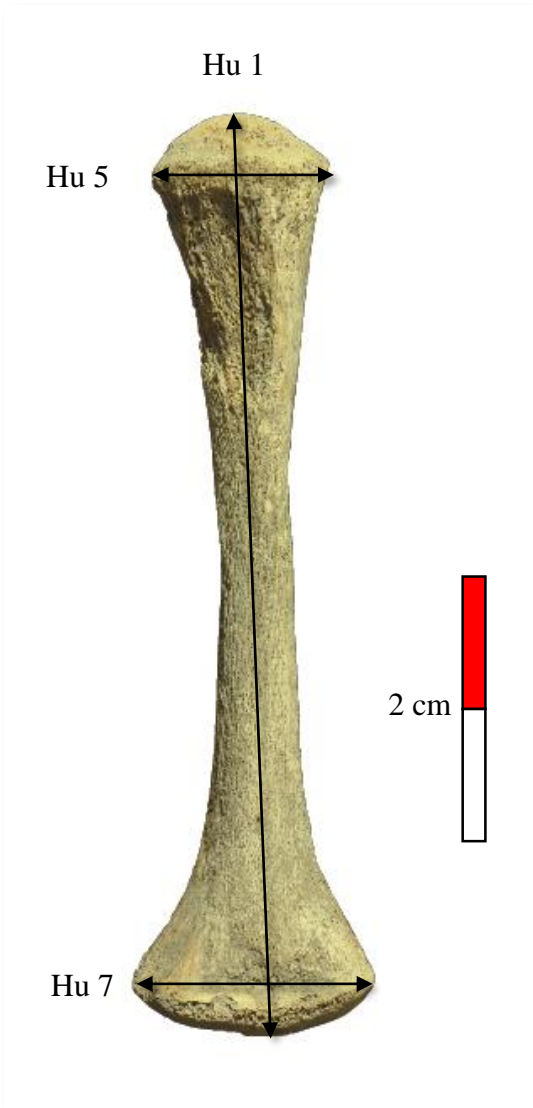


Duday *et al.* (1995, p.73)

Pubis gauche, vues latérale et médiale, S50

Pu 1	Longueur du pubis prise parallèlement au bord supérieur
Pu 2	Hauteur de l'extrémité acétabulaire prise perpendiculairement au bord supérieur du pubis
Pu 3	Hauteur de la surface symphysaire prise perpendiculairement au bord supérieur du pubis
Pu 4	Hauteur minimale du pubis entre le bord supérieur du foramen obturé et le bord supérieur
Pu 5	Diamètre sagittal de l'extrémité acétabulaire
Pu 6	Diamètre sagittal maximal de la surface symphysaire

Humérus



Humérus droit, vue postérieure, P217

Hu 1	Longueur maximale de la diaphyse
Hu 2	Périmètre au milieu de la diaphyse
Hu 3	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse
Hu 4	Diamètre minimal au milieu de la diaphyse
Hu 5	Diamètre maximal de l'extrémité proximale
Hu 6	Diamètre minimal de l'extrémité proximale perpendiculaire au précédent
Hu 7	Largeur transversale maximale de l'extrémité distale
Hu 8	Diamètre sagittal de l'extrémité distale, le bras fixe du pied à coulisse est tangent à la face postérieure de l'extrémité distale (contre les deux piliers de la fosse olécranienne) et le bras mobile vient s'appliquer sur le point le plus saillant de la face antérieure
Hu 9	Diamètre antéo-postérieur minimal au niveau de la fosse olécranienne
Hu 10	Largeur de la fosse olécranienne; les repères latéral et médial sont situés sur le bord postérieur de la surface distale
<i>Hu 1bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>

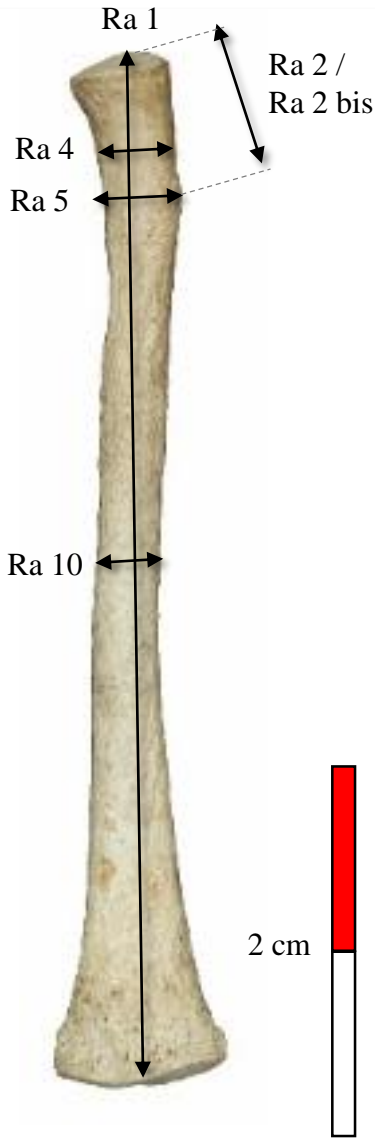
Ulna



UI 1	Longueur maximale de la diaphyse
UI 2	Périmètre au milieu de la diaphyse
UI 3	Diamètre minimal au milieu de la diaphyse
UI 4	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse
UI 5	Diamètre sagittal maximal de l'extrémité proximale, du point le plus antérieur du bec coronoïdien à la face postérieure de l'os
UI 6	Diamètre transversal perpendiculaire à UI 5
UI 7	Hauteur de l'incisure trochléaire
UI 8	Diamètre sagittal de l'extrémité olécranienne
UI 9	Diamètre transversal de l'extrémité olécranienne perpendiculaire à UI 8
UI 10	Diamètre maximal de l'extrémité distale
UI 11	Diamètre minimal de l'extrémité distale
<i>UI 1 bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>

Humérus gauche, vue médiale, P217

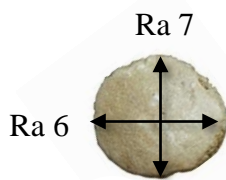
Radius



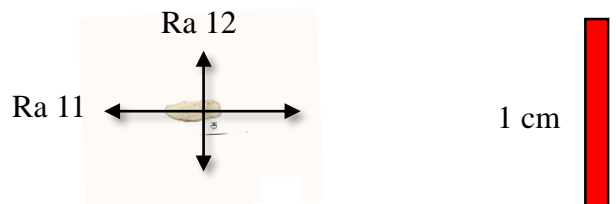
Ra 1	Longueur maximale de la diaphyse
Ra 2	Longueur du col, prise du bord tranchant médial de l'extrémité proximale au centre de la tubérosité bicipitale (mesure qu'il est difficile de prendre lorsqu'une petite dépression se substitue à la tubérosité)
Ra2 bis	Longueur du col au centre de la fosse de la tubérosité bicipitale
Ra 3	Diamètre sagittal du col pris perpendiculairement à Ra 4
Ra 4	Diamètre transversal du col diamètre minimal de la face médiane à la face latérale pris à l'endroit du plus fort rétrécissement du col
Ra 5	Diamètre transversal maximal pris au niveau de la tubérosité bicipitale
Ra 6	Diamètre transversal de l'extrémité proximale
Ra 7	Diamètre sagittal de l'extrémité proximale
Ra 8	Périmètre au milieu de la diaphyse
Ra 9	Diamètre sagittal au milieu de la diaphyse
Ra 10	Diamètre transversal au milieu de la diaphyse
Ra 11	Diamètre transversal de l'extrémité distale
Ra12	Diamètre sagittal de l'extrémité distale
<i>Ra 1bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>

A

Radius gauche, A : vue antérieure, S41



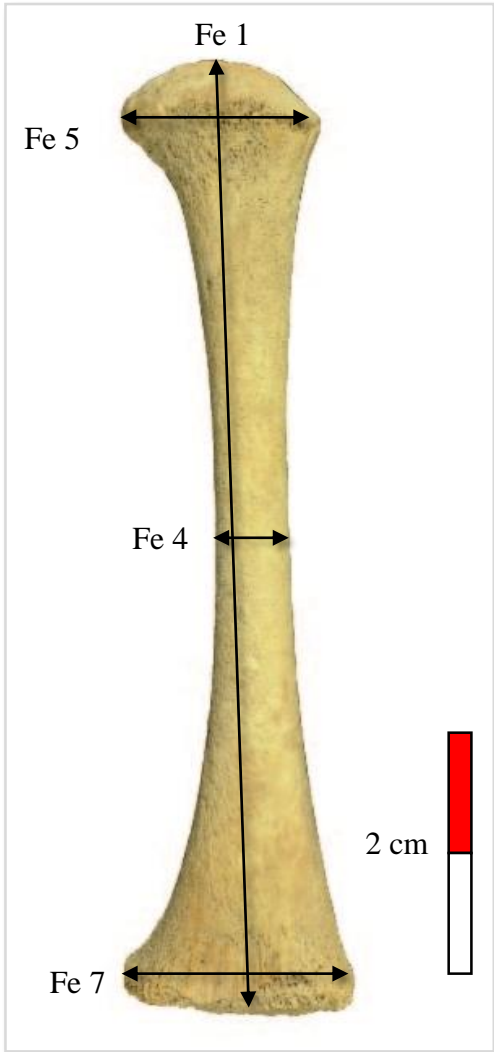
B



C

Radius gauche, B : vue proximale et C : vue distale, S41

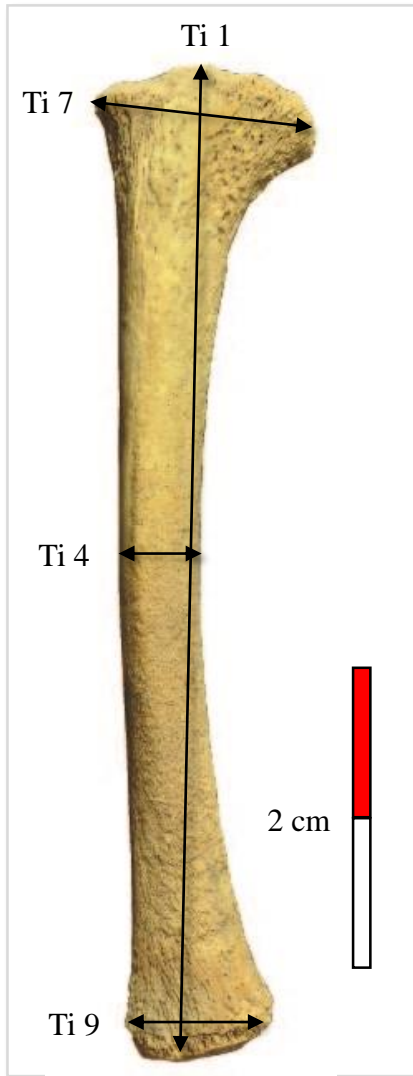
Fémur



Fe 1	Longueur de la diaphyse
Fe 2	Périmètre au milieu de la diaphyse
Fe 3	Diamètre antéro-postérieur au milieu de la diaphyse
Fe 4	Diamètre transversal au milieu de la diaphyse
Fe 5	Diamètre maximal de l'extrémité proximale
Fe 6	Diamètre de l'extrémité proximale perpendiculaire à Fe 5
Fe 7	Diamètre transversal de l'extrémité distale
Fe 8	Diamètre antéro-postérieur de l'extrémité distale pris perpendiculairement au précédent Fe 7, le bras fixe du pied à coulisse est tangent à la face postérieure, le bras du pied à coulisse vient s'appliquer contre le point le plus saillant vers l'avant de la face antérieure
<i>Fe 1 bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>

Fémur gauche, vue antérieure, S26

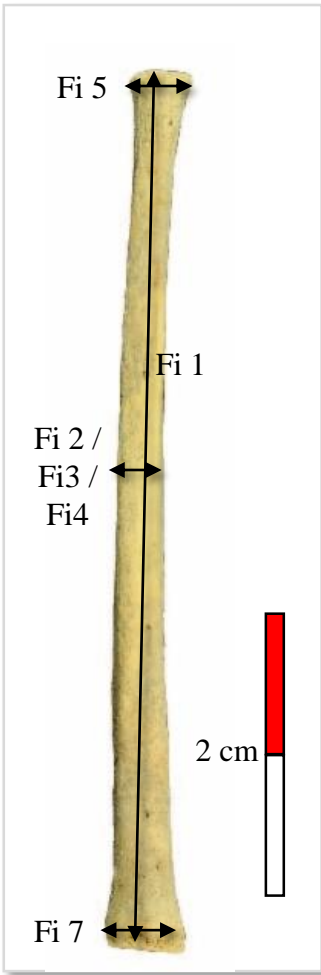
Tibia



Tibia droit, vue antérieure, S26

Ti 1	Longueur de la diaphyse
Ti 2	Périmètre au milieu de la diaphyse
Ti 3	Diamètre sagittal au milieu de la diaphyse
Ti 4	Diamètre transversal au milieu de la diaphyse
Ti 5	Diamètre sagittal de la diaphyse au niveau du trou nourricier
Ti 6	Diamètre transversal de la diaphyse au niveau du trou nourricier
Ti 7	Diamètre transversal maximal de l'extrémité proximale
Ti 8	Diamètre sagittal maximal de l'extrémité proximale
Ti 9	Diamètre transversal maximal de l'extrémité distale
Ti 10	Diamètre sagittal maximal de l'extrémité distale
<i>Ti 1 bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>

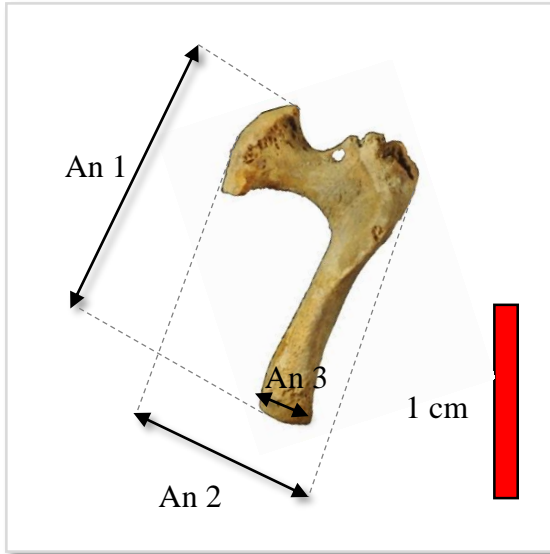
Fibula



Fi 1	Longueur de la diaphyse
Fi 2	Diamètre maximal au milieu de la diaphyse
Fi 3	Diamètre minimal au milieu de la diaphyse
Fi 4	Périmètre au milieu de la diaphyse
Fi 5	Diamètre antéro-postérieur de l'extrémité proximale
Fi 6	Diamètre transversal de l'extrémité proximale
Fi 7	Diamètre antéro postérieur maximal de l'extrémité distale
Fi 8	Diamètre transversal de l'extrémité distale
<i>Fi 1 bis</i>	<i>Longueur entre l'extrémité proximale de la diaphyse et le foramen nourricier</i>

Fibula gauche, vue latérale, S26

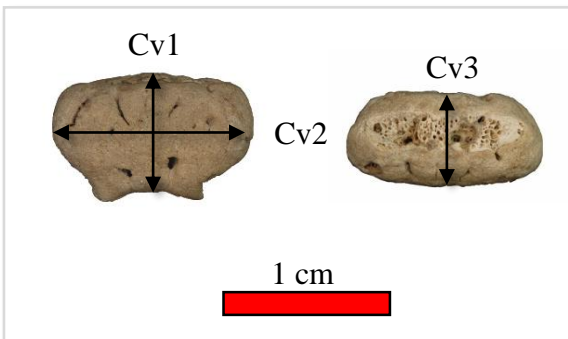
Hémi-arcs vertébraux



Hémi-arc droit de la 6^e vertèbre cervicale, vue supérieure, S67

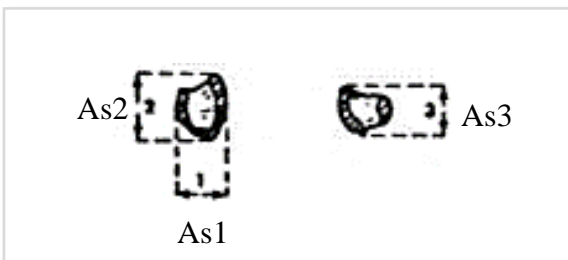
An 1	Longueur maximale au point le plus antérieur à l'extrémité postérieure de la lame. Pour l'atlas, le repère antérieur de la mesure se situe sur le processus transversaire
An 2	Largeur maximale, l'un des bras du pied à coulisse prenant appui sur les points les plus médiaux de l'extrémité antérieure (portion du corps attenante au pédicule vertébral) et de la lame, l'autre venant au contact du point le plus latéral
An 3	Hauteur de la lame, l'un des bras du pied à coulisse prenant appui sur le bord supérieur de la lame, l'autre venant au contact du point du bord inférieur qui en est le plus éloigné (à l'exclusion du processus articulaire postéro-inférieur).

Corps vertébraux



Corps de première vertèbre thoracique, vue supérieure et vue antérieure, S41

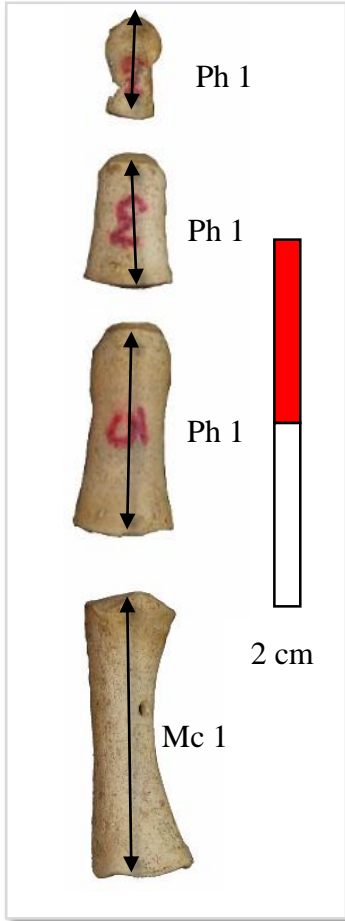
Cv 1	Diamètre sagittal maximal, l'un des bras du pied à coulisse prend appui sur les points les plus postérieurs du corps, l'autre bras venant au contact du point le plus antérieur vertèbres corps
Cv 2	Diamètre transversal maximal
Cv 3	Hauteur maximale du corps



Aileron sacré, d'après Duday *et al.* (1995, p.69)

As 1	Diamètre sagittal maximal vertèbres aileron sacré
As 2	Diamètre transversal maximal
As 3	Diamètre vertical maximal

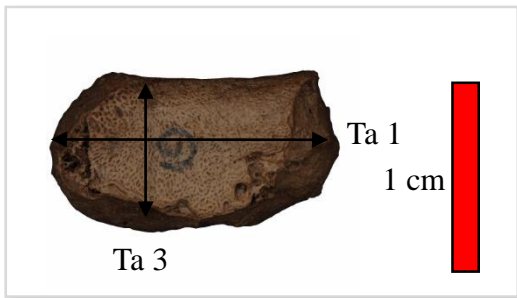
Métacarpiens / métatarsiens et phalanges



MC 1	Longueur maximale métacarpiens
MC 2	Largeur au milieu de la diaphyse
MC 3	Hauteur au milieu de la diaphyse
MC 4	Largeur distale
MC 5	Hauteur distale
MC 6	Largeur proximale
MC 7	Hauteur proximale
Phm1	Longueur maximale phalanges

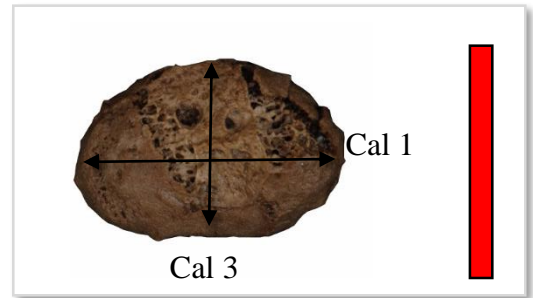
Métacarpien et phalanges proximale, médiale et distale du rayon 3 de la main droite, S41

Tarse



Talus gauche, S41

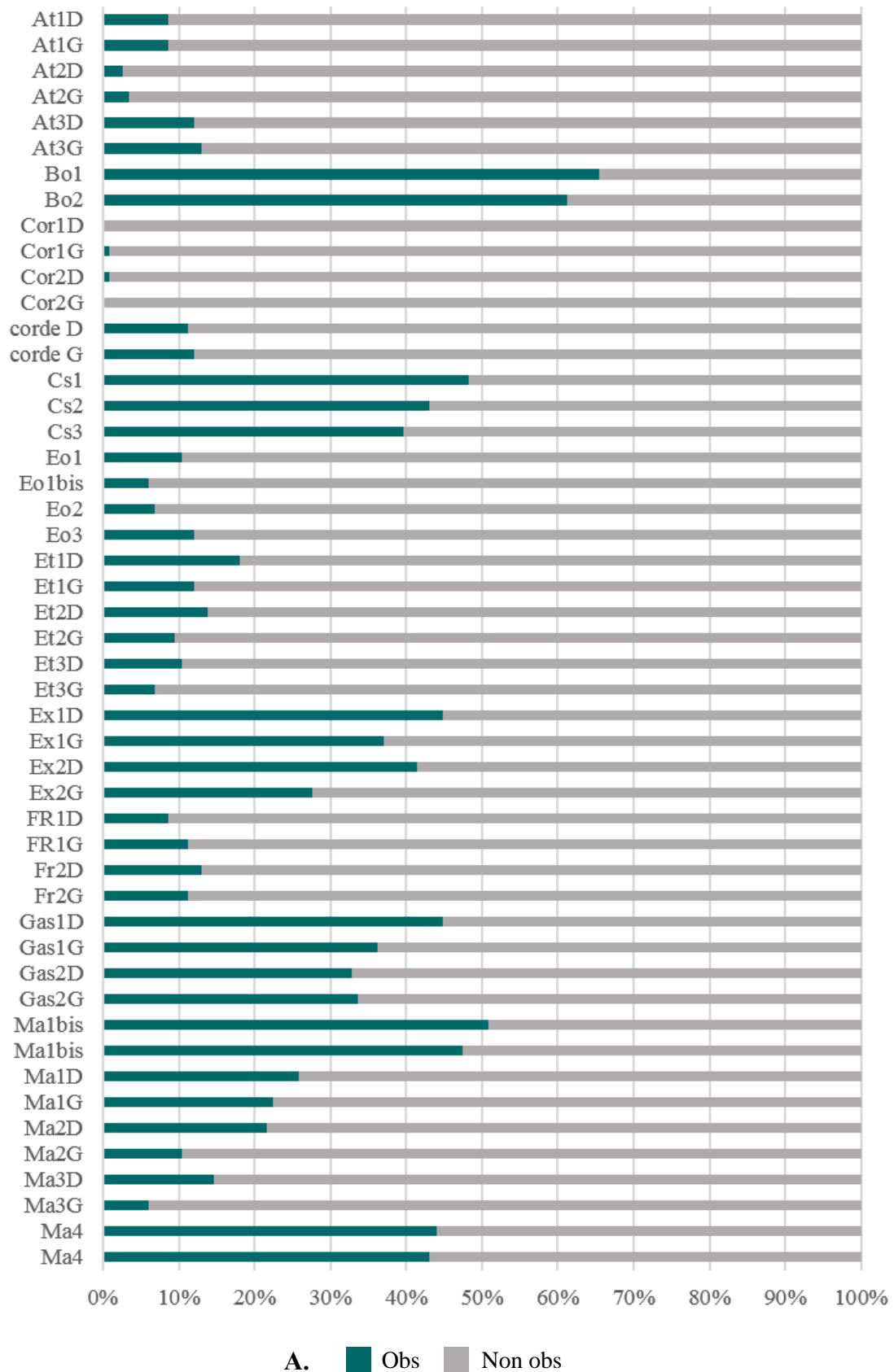
Ta 1	Longueur maximale
Ta 2	Largeur maximale
Ta	Hauteur maximale

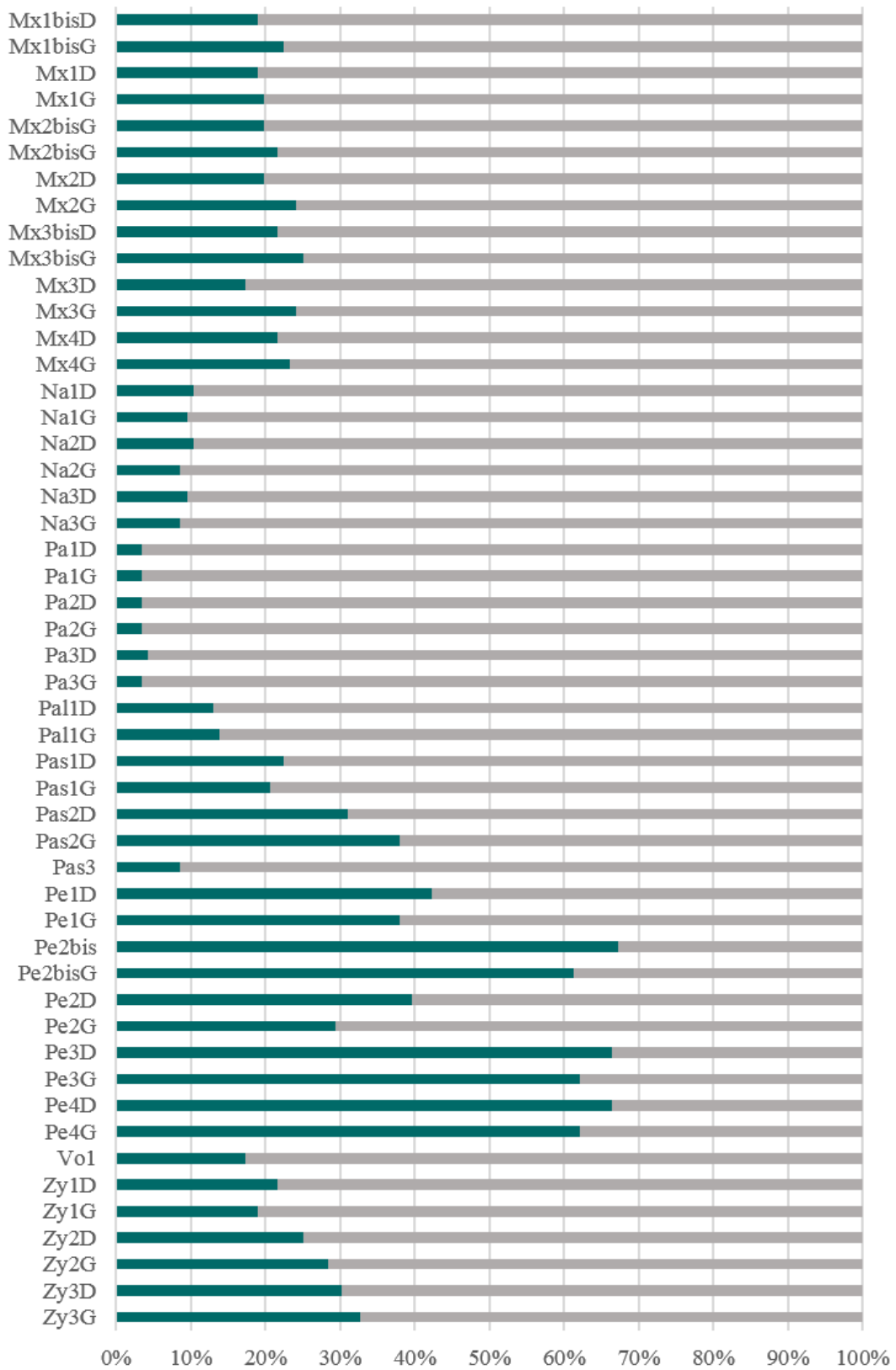


Calcaneus gauche, S41

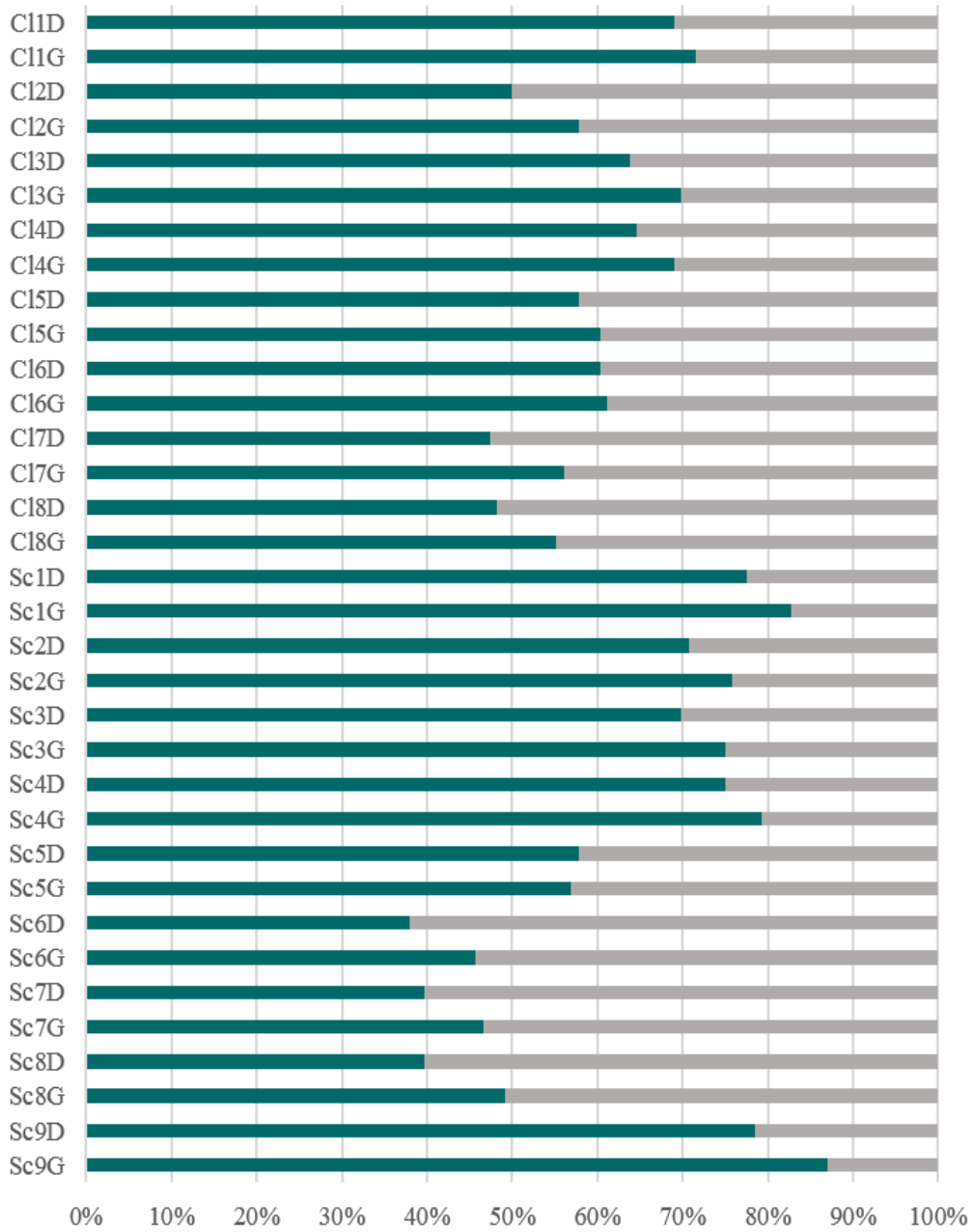
Cal 1	Longueur maximale
Cal 2	Largeur maximale
Cal 3	Hauteur maximale

Annexe 5. Effectifs de données par variable, pour les définitions des variables, Cf. annexe 3 et 4, obs : dimensions observables, non obs. : dimensions non observables. A : variables du membre supérieur ; B : variables du bloc crânio-facial ; C : variables de la main ; D : variables du membre inférieur ; E : variables de la ceinture du membre inférieur

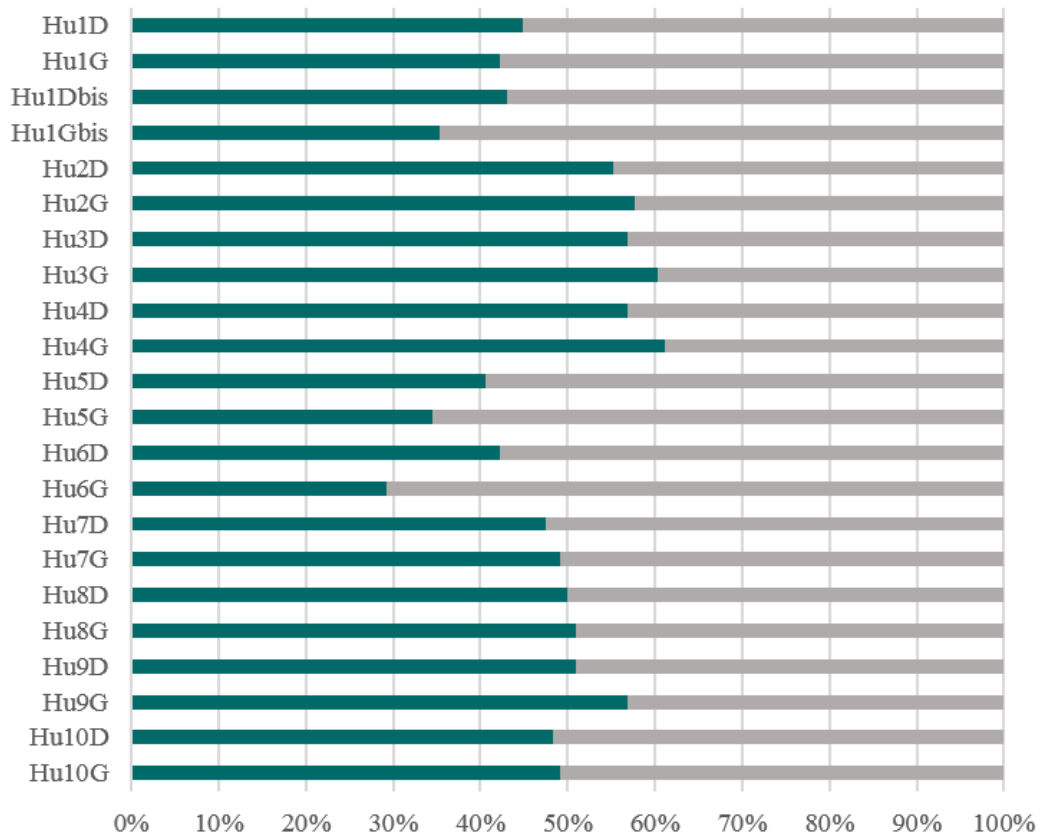




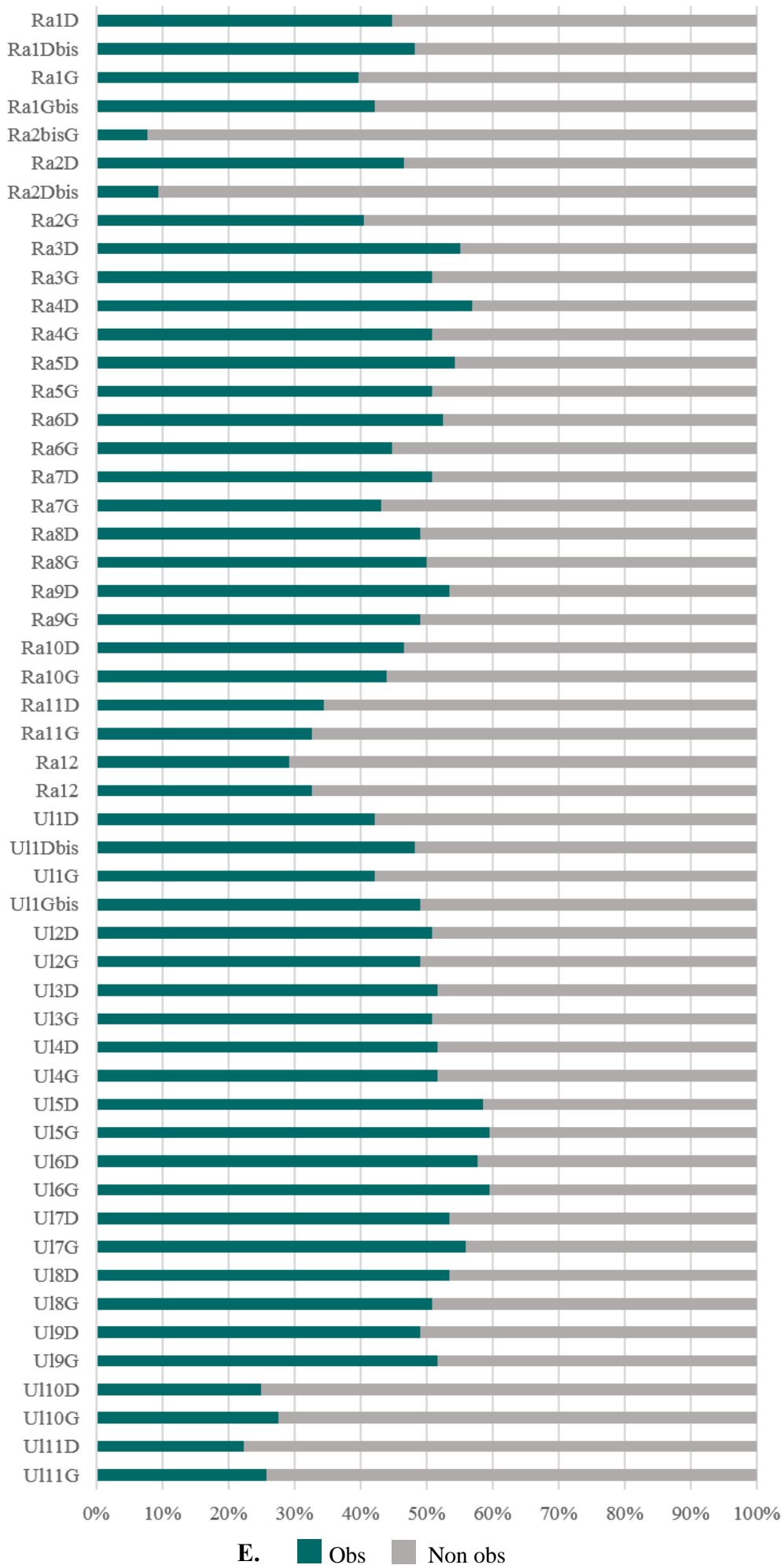
B. ■ Obs ■ Non obs

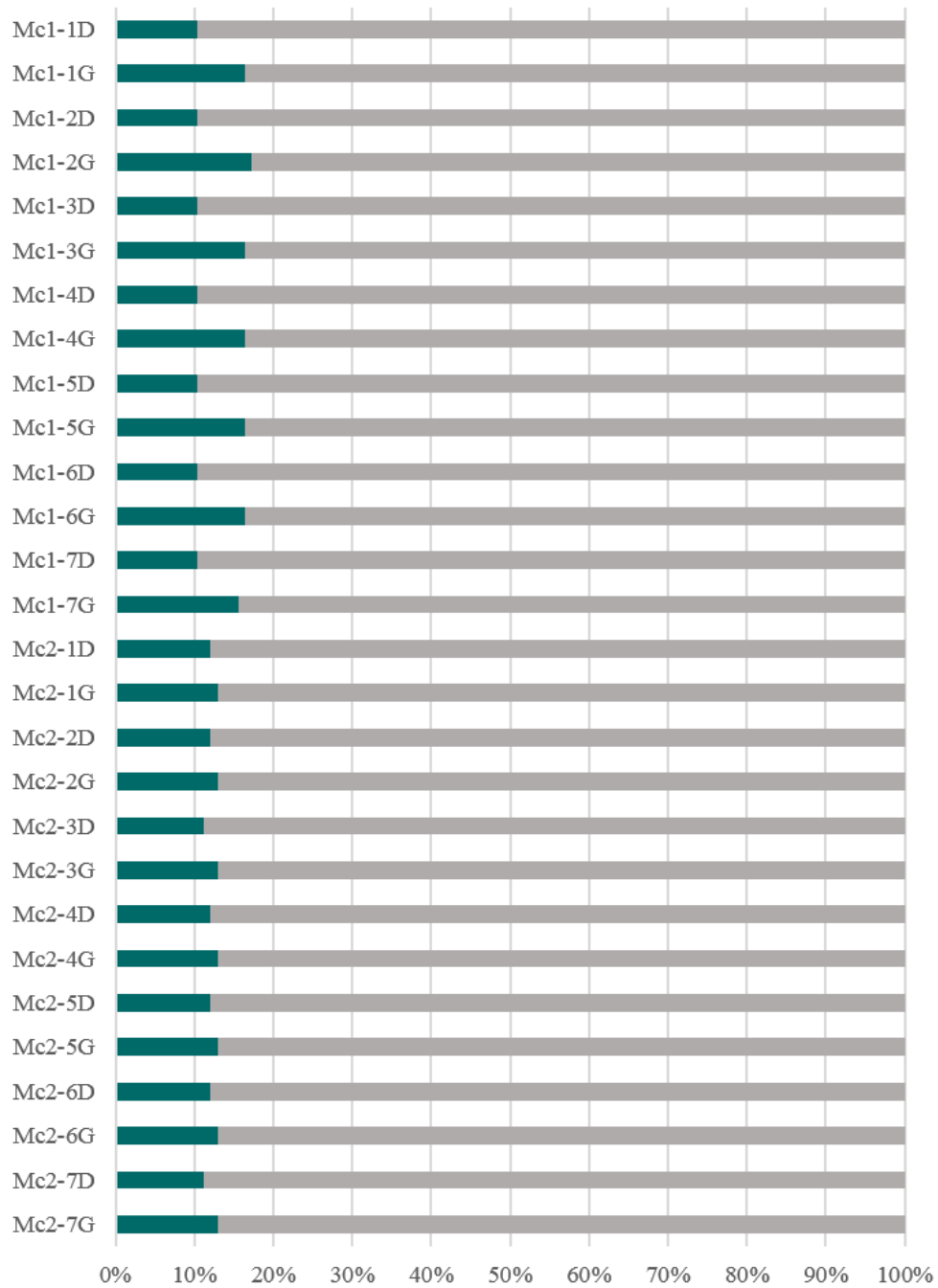


C. ■ Obs ■ Non obs

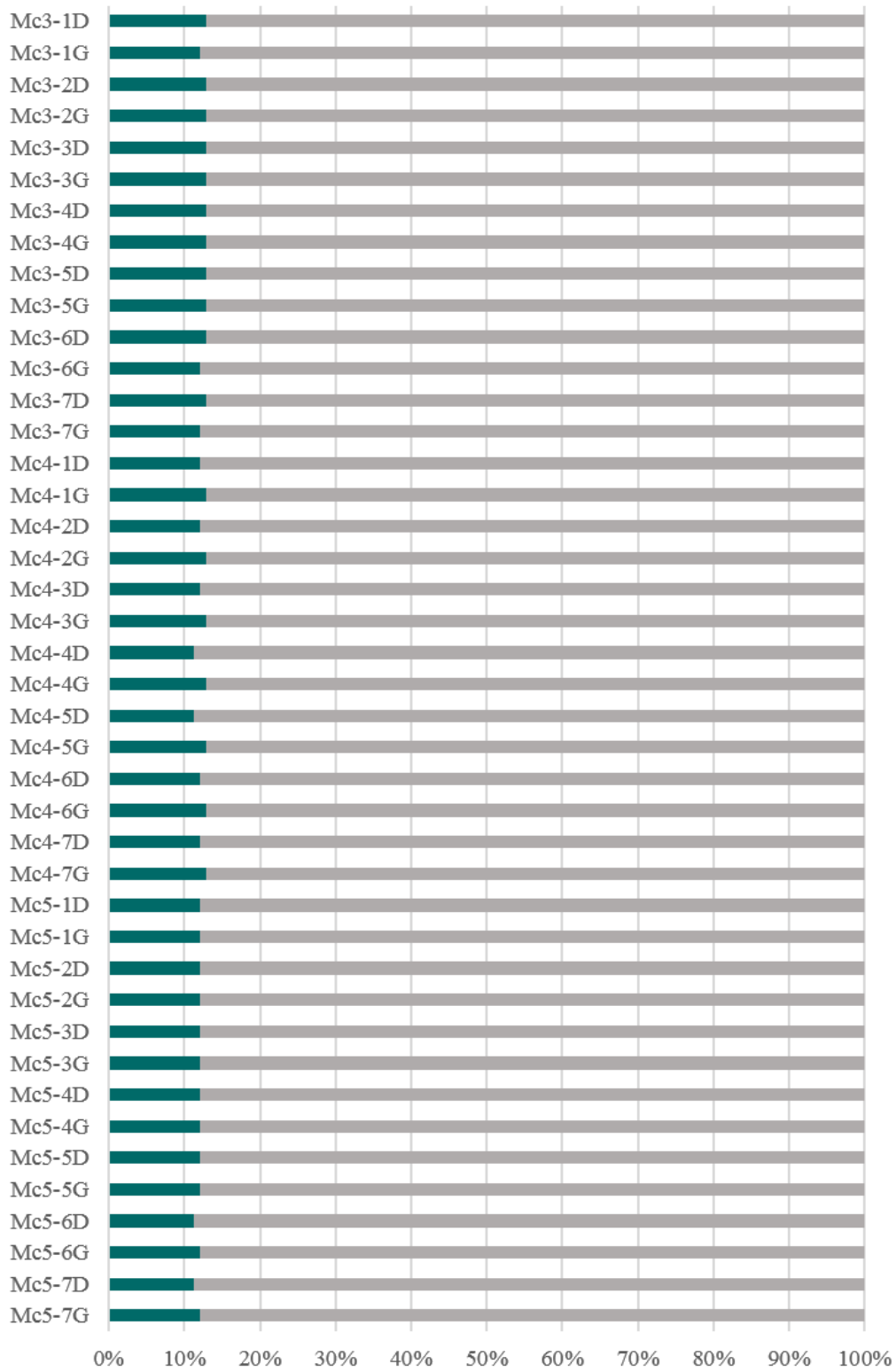


D. ■ Obs ■ Non obs

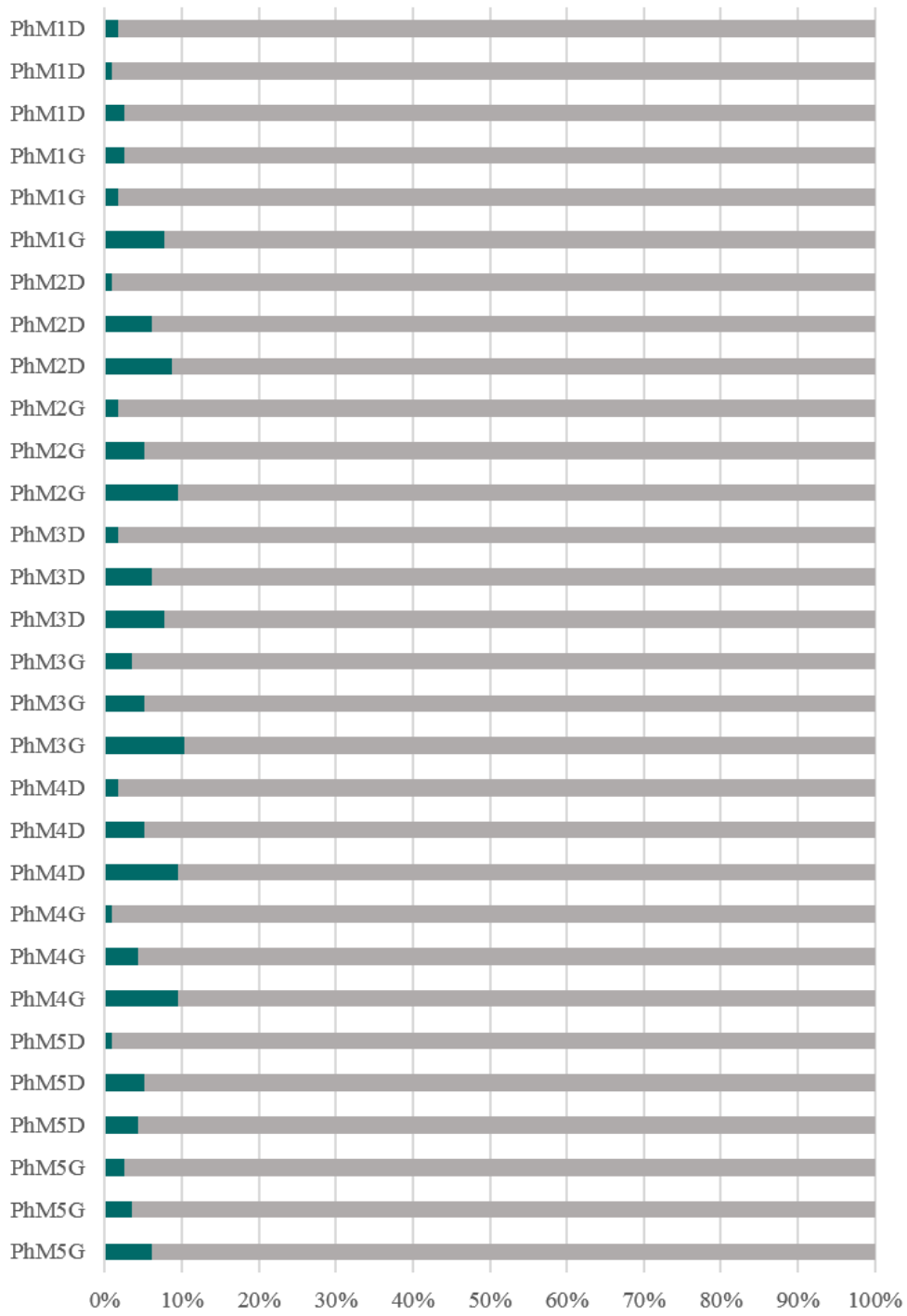




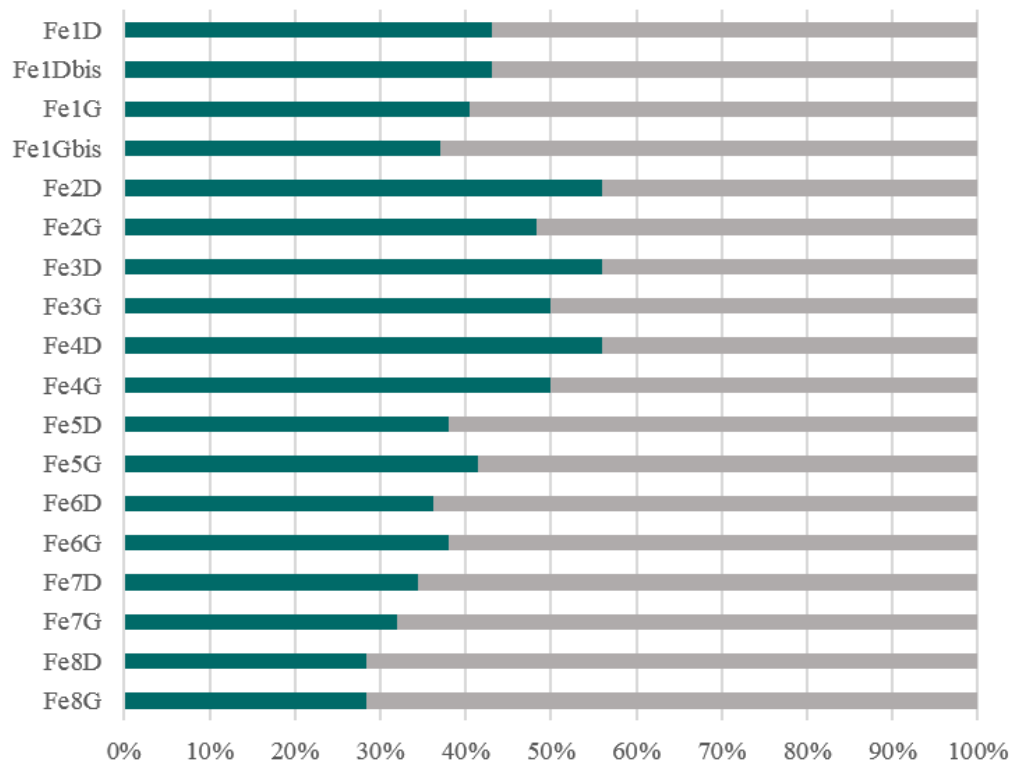
F. ■ Obs ■ Non obs



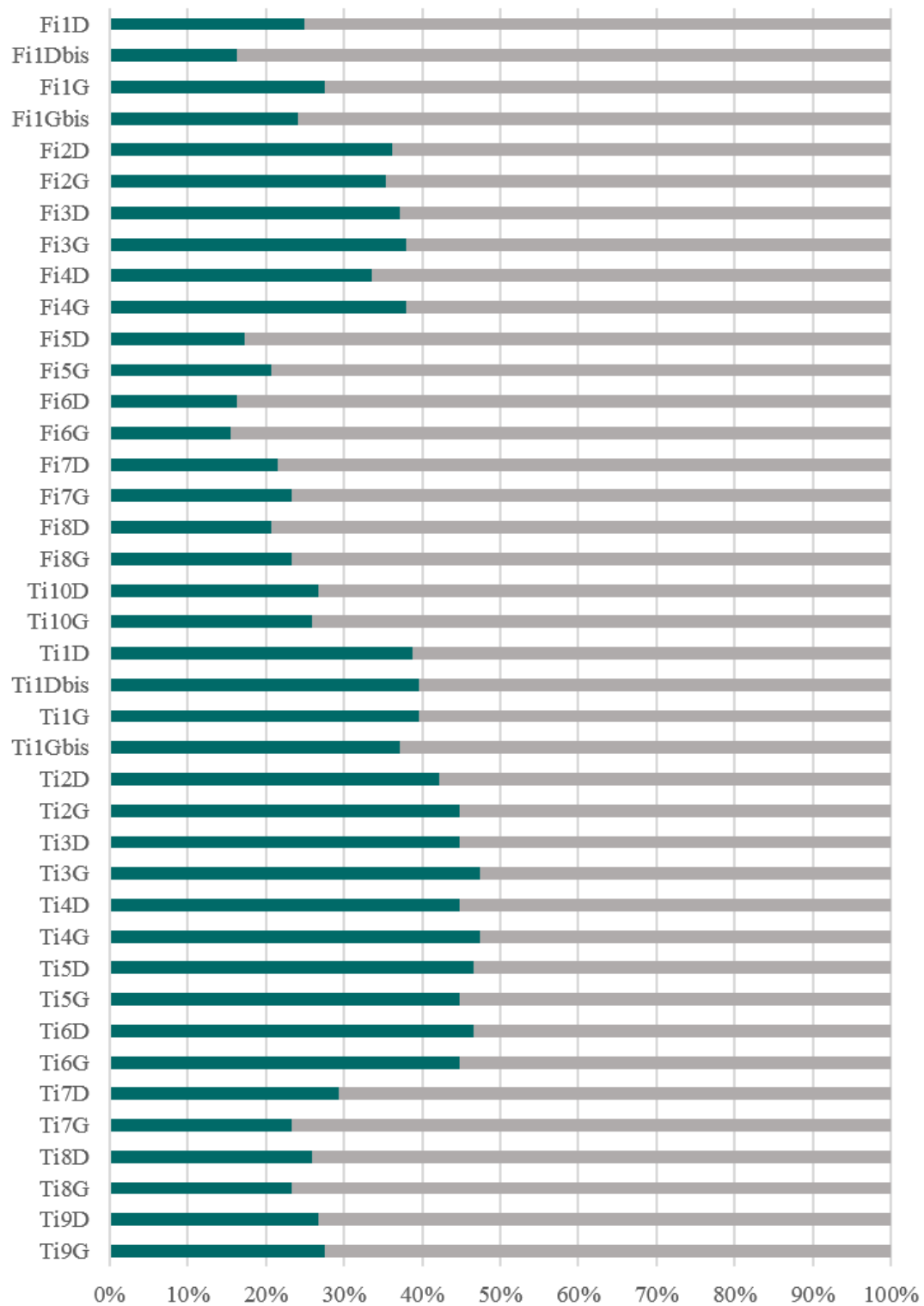
G. ■ Obs ■ Non obs



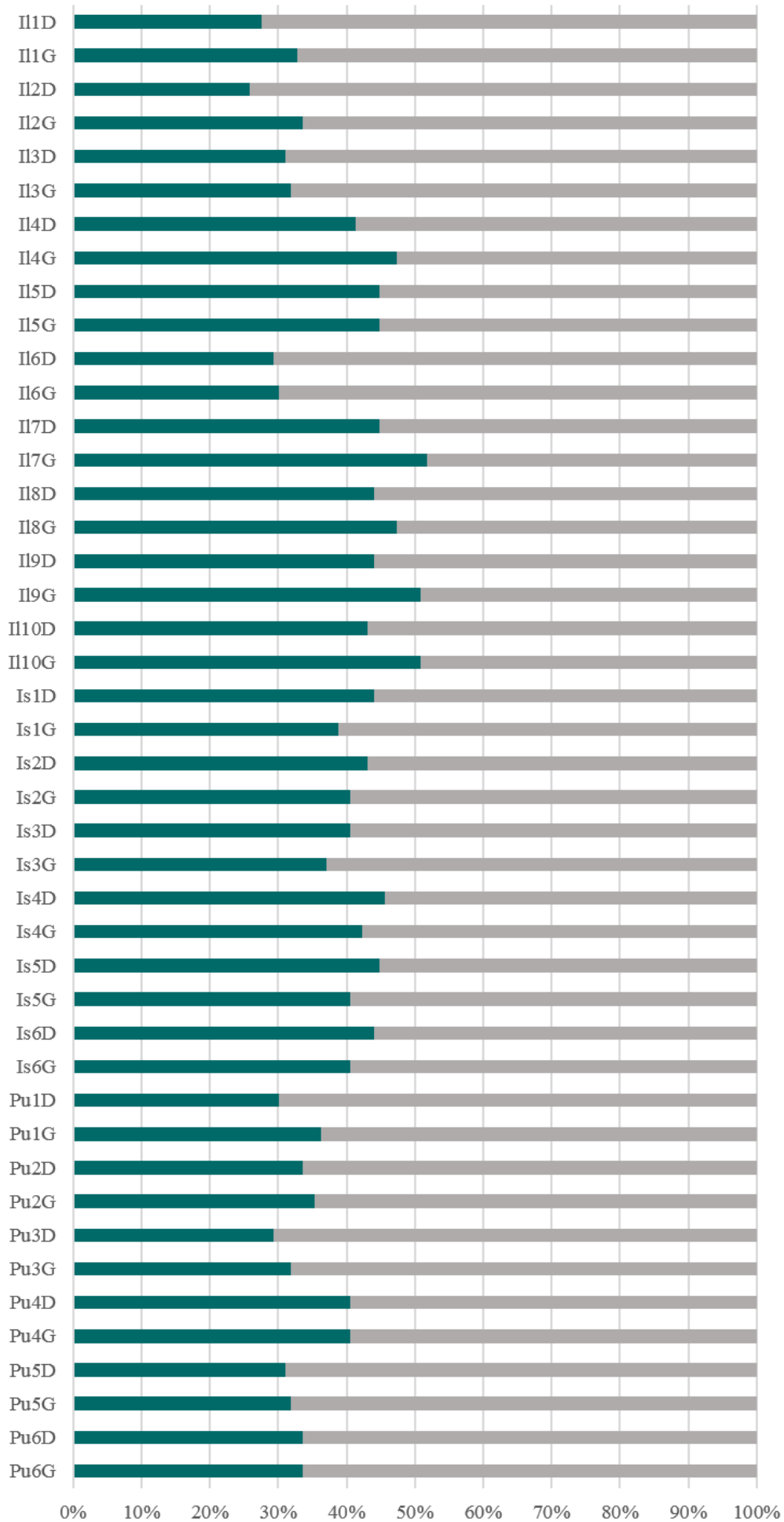
H. ■ Obs ■ Non obs

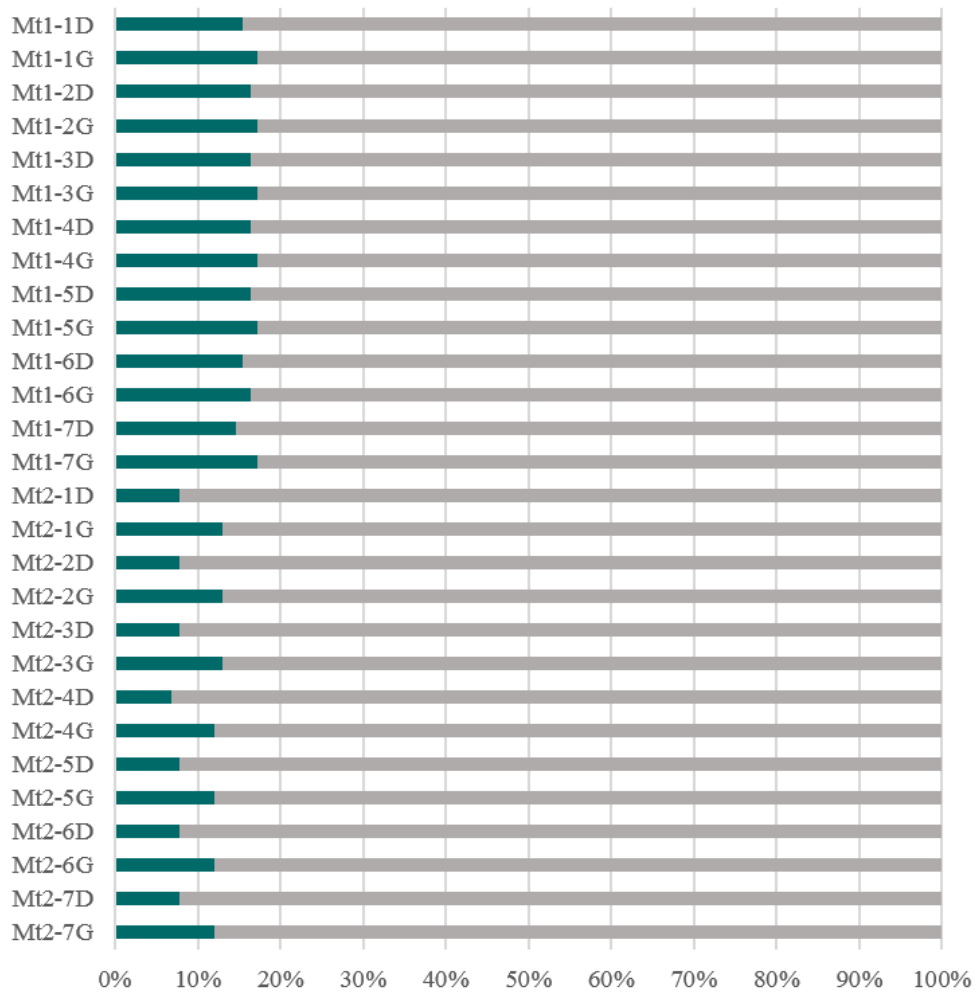


I. ■ Obs ■ Non obs

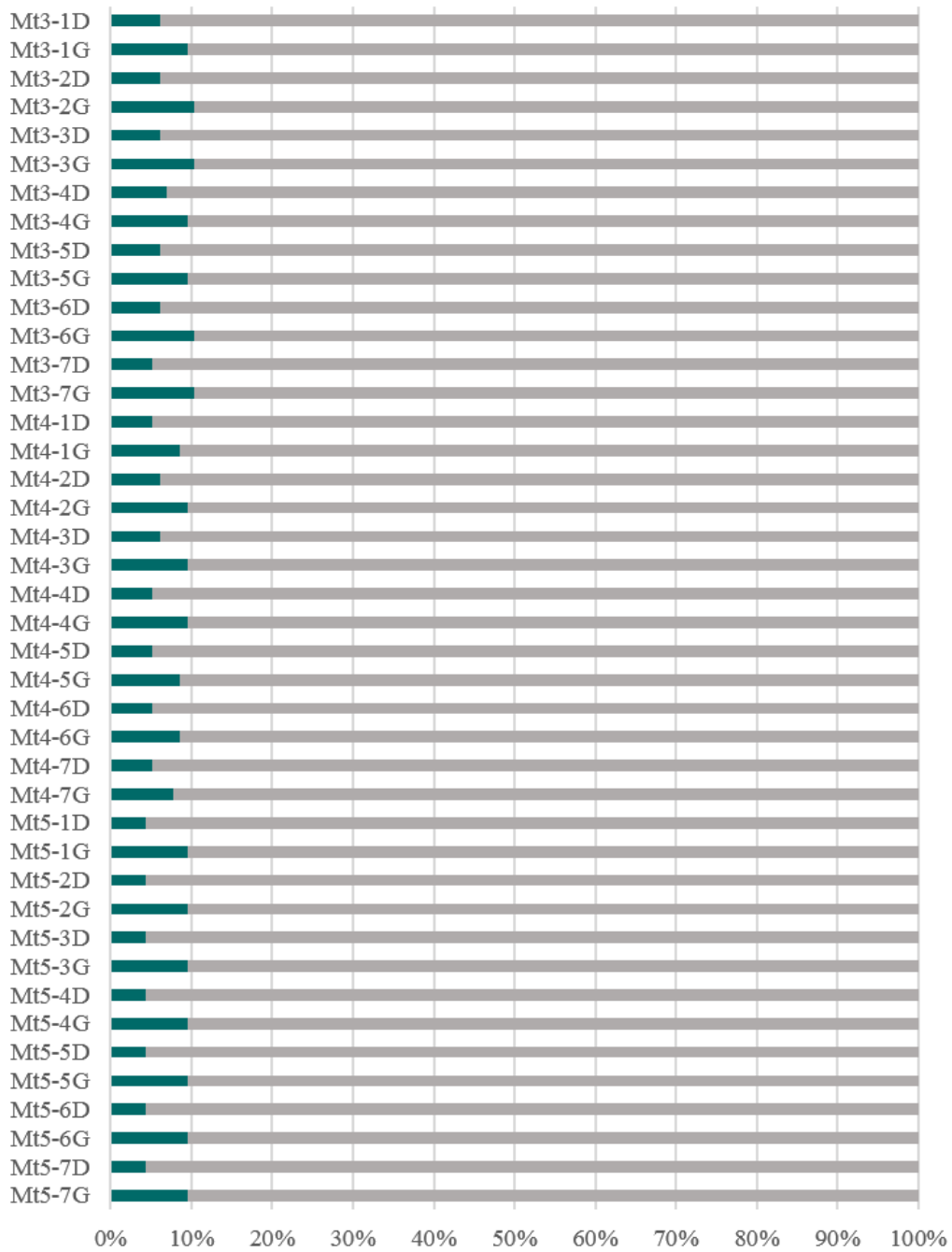


J. ■ Obs ■ Non obs

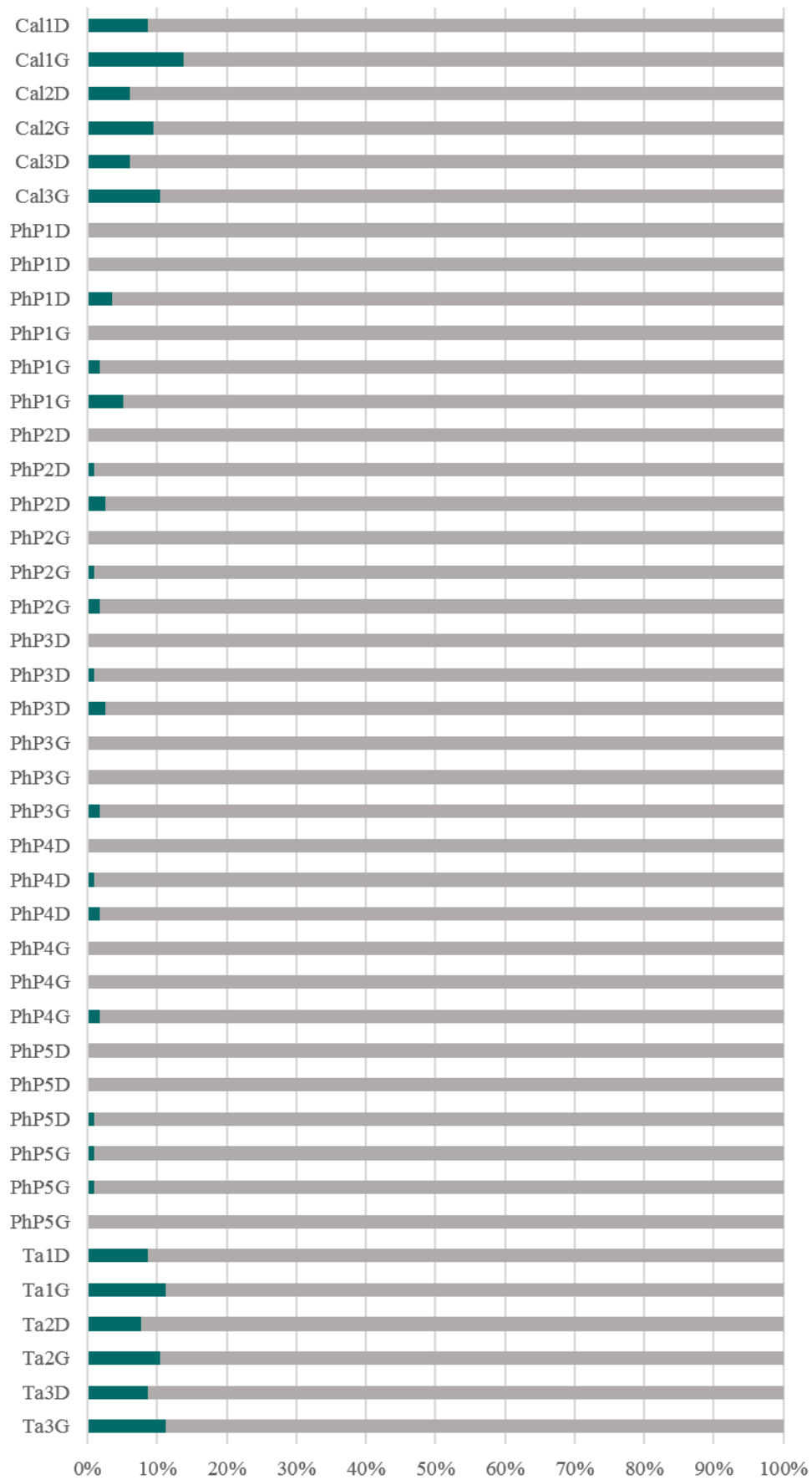




L. ■ Obs ■ Non obs



M. ■ Obs ■ Non obs



N. ■ Obs ■ Non obs

Annexe 6. Statistiques descriptives, variables métriques ; pour les définitions, consulter les annexes 3 et 4

Bloc crânio-facial	Var.	Fr2G	Fr3G	Fr1D	Fr2D	Fr3	Et1G	Et2G	Et3G	Et1D	Et2D	Et3D	At1G	At2G	At3G	At1D	At2D	At3D	Pa1G	Pa2G	Pa3G	/	/	
	Moy	45,9	59,5	53,8	48,9	60,8	24,8	31,5	26,3	24,6	30,9	26,5	12,0	1,3	11,7	11,6	8,2	10,4	73,2	78,2	89,5	/	/	
	E-T	6,8	8,7	5,0	3,7	6,8	2,7	2,6	2,2	3,8	6,2	2,3	0,8	0,3	1,3	0,6	6,3	2,7	6,3	5,6	8,1	/	/	
	Min	34,0	43,0	41,4	44,4	44,0	18,2	28,0	23,0	14,2	15,6	23,0	10,3	1,0	9,6	10,6	1,0	1,5	65,1	71,5	80,0	/	/	
	Max	53,7	70,0	60,5	56,0	69,0	28,8	36,9	30,0	30,0	37,6	30,0	13,1	1,6	13,9	12,3	12,7	12,3	80,0	85,1	98,0	/	/	
	Var.	Pa2D	Pa3D	Eo1	Eo2	Eo1 bis	Eo3	Pe1G	Pe2G	Pe2 bisG	Pe3G	Pe4G	Pe1D	Pe2D	Pe2 bis	Pe3D	Pe4D	/	/	/	/	/	/	/
	Moy	80,6	86,6	57,8	60,5	57,9	61,9	38,3	17,3	13,8	3,3	5,0	37,9	16,9	13,5	3,2	4,9	/	/	/	/	/	/	/
	E-T	7,4	4,9	3,3	4,5	9,9	7,2	4,1	1,8	0,9	0,5	0,7	4,2	1,3	1,1	0,5	0,8	/	/	/	/	/	/	/
	Min	71,4	80,0	51,5	54,6	49,0	43,0	22,0	13,2	12,0	2,0	3,4	22,3	13,4	8,4	2,1	3,2	/	/	/	/	/	/	/
	Max	89,3	91,0	61,9	66,5	73,0	75,0	47,5	22,0	15,7	4,7	6,2	45,9	19,4	16,3	5,3	7,8	/	/	/	/	/	/	/
	Var.	Pas2 G	Pas3	Pas1 D	Pas2 D	Cs1	Cs2	Cs3	Gas1 G	Gas2 G	Gas1 D	Gas2 D	Bo1	Bo2	Ex1G	Ex2G	Ex1D	Ex2D	Cor1 G	Cor1 D	Cor2G	/	/	
	Moy	11,2	30,4	11,7	11,2	9,2	14,8	18,0	28,5	21,1	28,1	21,7	12,0	14,4	24,2	13,2	24,5	13,6	13,0	/	/	/	/	
	E-T	1,6	11,8	3,3	1,7	1,7	2,6	2,0	2,8	2,6	3,5	2,6	1,3	2,2	4,3	2,9	4,6	2,8	/	/	/	/	/	
	Min	7,0	10,5	5,1	6,7	5,5	5,9	13,0	19,5	12,5	14,2	12,3	8,3	7,7	12,8	6,9	12,1	6,7	13,0	0,0	0,0	/	/	
	Max	14,3	40,7	17,7	13,4	15,2	20,2	23,3	33,3	25,9	34,0	26,3	15,3	18,0	29,0	19,9	31,8	22,9	13,0	0,0	0,0	/	/	
	Var.	Na1G	Na2G	Na3G	Na1D	Na2D	Na3D	Vo1	Zy1G	Zy2G	Zy3G	Zy1D	Zy2D	Zy3D	Pall G	Pall D	/	/	/	/	/	/	/	
	Moy	7,1	5,5	9,6	7,8	5,4	10,6	26,5	24,0	19,5	18,1	23,1	19,1	18,4	15,3	15,7	/	/	/	/	/	/	/	
	E-T	1,7	1,2	1,9	2,0	1,3	1,9	4,2	3,4	2,0	2,7	2,9	1,7	2,2	3,1	2,6	/	/	/	/	/	/	/	
	Min	4,8	3,3	6,7	4,9	3,5	8,3	15,1	16,2	16,0	12,4	16,2	13,4	12,0	9,3	11,0	/	/	/	/	/	/	/	
	Max	10,1	7,1	12,6	11,5	7,9	14,7	34,4	29,2	24,8	22,0	28,1	21,8	22,4	21,0	19,7	/	/	/	/	/	/	/	
Var.	Mx2 G	Mx3 G	Mx4 G	Mx1bisG	Mx2bisG	Mx3bisG	Mx1 D	Mx2 D	Mx3 D	Mx4 D	Mx1bisD	Mx2bisD	Mx3bisD	Ma1 G	Ma1bis	Ma2 G	Ma3 G	Ma4	Ma1 D	Ma1bis	Ma3D	Ma4		
Moy	24,5	21,7	30,5	27,9	18,7	18,6	22,1	24,9	21,4	31,7	28,7	18,9	18,2	45,3	33,5	16,1	7,7	11,3	48,0	34,2	8,0	11,6		
E-T	2,9	2,4	4,0	3,1	2,2	2,7	2,7	2,1	2,8	2,1	3,2	1,9	2,3	7,0	5,1	1,8	1,1	1,9	5,0	4,2	1,8	1,6		
Min	14,8	16,6	17,7	16,2	12,3	13,2	13,5	20,8	14,4	25,0	21,9	15,7	10,8	30,2	19,7	12,2	5,2	7,0	34,3	22,1	4,8	7,1		
Max	29,8	26,6	35,4	33,6	22,0	24,2	26,8	30,5	26,4	34,9	34,0	25,2	23,1	55,3	53,8	18,6	8,6	14,4	58,0	40,3	12,6	14,6		

Ceinture du membre supérieur	Var.	Sc2G	Sc3G	Sc4G	Sc5G	Sc6G	Sc7G	Sc8G	Sc9G	Sc1D	Sc2D	Sc3D	Sc4D	Sc5D	Sc6D	Sc7D	Sc8D	Sc9D	Cl1G	Cl2G	Cl3G	/	/	
	Moy	27,5	26,5	31,5	21,3	11,4	5,4	6,0	24,4	34,0	28,0	26,8	31,8	21,7	11,3	5,3	6,0	23,7	43,5	10,5	7,3	/	/	
	E-T	3,1	2,9	3,5	2,5	1,5	0,7	1,0	1,3	3,1	2,2	1,9	2,9	2,2	1,3	0,7	0,8	1,6	3,5	1,4	1,2	/	/	
	Min	17,7	17,4	19,5	15,1	6,4	3,0	1,0	21,8	28,0	20,5	20,7	22,4	15,1	6,6	3,0	3,2	20,2	28,8	7,0	4,1	/	/	
	Max	30,6	29,7	35,4	25,4	15,0	7,2	7,7	25,8	40,4	31,1	30,0	35,4	25,2	14,5	7,2	7,6	25,6	48,0	13,0	9,5	/	/	
	Var.	Cl5G	Cl6G	Cl7G	Cl8G	Cl1D	Cl2D	Cl3D	Cl4D	Cl5D	Cl6D	Cl7D	Cl8D	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Moy	7,6	8,0	3,5	2,9	43,4	10,6	7,2	7,2	7,7	8,0	3,5	2,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	E-T	1,0	1,0	0,6	0,4	3,9	1,5	1,3	1,5	1,1	1,0	0,6	0,4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Min	4,5	4,7	2,0	1,8	28,8	7,0	4,5	4,5	4,4	4,4	2,2	1,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Max	9,4	9,7	4,6	3,7	49,8	14,0	9,8	10,7	9,3	9,6	5,4	3,6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Membre supérieur	Var.	Hu1G	Hu2G	Hu3G	Hu4G	Hu5G	Hu6G	Hu7G	Hu8G	Hu9G	Hu10G	Hu1Gbis	Hu1D	Hu2D	Hu3D	Hu4D	Hu5D	Hu6D	Hu7D	Hu8D	Hu9D	Hu10	Hu1Gbis	
	Moy	62,8	16,3	5,4	4,7	12,4	10,6	15,9	6,4	3,0	9,0	31,8	63,3	63,3	16,2	5,4	4,7	12,4	10,3	16,0	6,3	3,0	9,0	
	E-T	7,4	2,4	0,8	0,7	1,9	1,7	2,1	1,0	0,6	1,3	6,2	7,1	7,1	2,0	0,6	0,6	1,3	1,8	1,6	1,0	0,6	1,2	
	Min	38,3	10,0	3,2	2,9	7,2	5,7	8,4	3,3	1,5	5,2	19,0	38,3	38,3	10,0	3,4	2,9	8,4	3,9	10,3	3,2	1,9	4,2	
	Max	71,6	22,5	7,1	6,5	15,2	12,8	19,5	8,3	4,6	11,5	41,8	71,3	71,3	22,0	7,0	6,3	14,9	13,1	18,7	8,5	4,2	10,9	
	Var.	U1G	U2G	U3G	U4G	U5G	U6G	U7G	U8G	U9G	U10G	U11G	U1Gbis	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Moy	58,0	11,7	3,1	4,1	9,0	6,1	7,8	6,3	5,6	6,2	4,7	22,1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	E-T	6,2	1,6	0,6	0,7	1,2	0,9	1,1	0,9	0,8	1,0	0,7	4,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Min	36,3	7,0	1,7	2,5	5,3	3,5	4,6	3,6	3,2	3,5	2,6	12,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Max	66,2	16,0	4,7	5,8	11,4	8,2	9,8	7,7	7,0	7,9	5,6	33,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Var.	U12D	U13D	U14D	U15D	U16D	U17D	U18D	U19D	U10D	U11D	U1Dbis	Ra1G	Ra2G	Ra2bisG	Ra3G	Ra4G	Ra5G	Ra6G	Ra7G	Ra8G	/	/		
Moy	11,7	3,1	4,1	8,9	6,0	7,7	6,3	5,5	6,3	6,7	21,7	51,1	6,4	5,4	4,1	4,4	4,4	5,2	5,2	11,2	/	/		
E-T	1,5	0,5	0,6	1,0	0,8	1,1	0,8	0,8	0,9	9,3	3,7	5,2	1,0	1,0	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	1,7	/	/		
Min	7,0	1,9	2,4	5,9	3,4	4,7	3,4	3,2	3,6	3,0	12,8	34,5	3,6	4,5	2,7	2,8	2,8	3,3	3,4	7,0	/	/		
Max	16,0	4,7	5,7	10,7	7,9	10,0	7,9	6,9	8,2	52,0	29,5	57,2	8,2	7,8	6,3	5,3	7,8	6,8	6,8	16,0	/	/		
Var.	Ra10G	Ra11G	Ra12	Ra1Gbis	Ra1D	Ra2D	Ra2Dbis	Ra3D	Ra4D	Ra5D	Ra6D	Ra7D	Ra8D	Ra9D	Ra10D	Ra11D	Ra12	Ra1Dbis	/	/	/	/		
Moy	3,8	8,6	6,2	18,6	51,3	6,6	5,5	4,1	4,3	4,3	5,3	5,1	11,2	3,2	3,8	8,5	6,2	18,6	/	/	/	/		
E-T	0,5	1,6	1,3	3,7	4,9	1,0	1,2	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	1,5	0,5	0,5	1,5	0,9	3,8	/	/	/	/		
Min	2,6	4,0	2,8	8,7	34,4	3,6	4,1	2,6	2,8	2,9	3,3	3,0	8,0	2,0	2,6	2,7	3,9	1,4	/	/	/	/		
Max	5,2	11,7	9,7	25,7	57,0	8,4	8,2	5,4	5,5	5,4	6,6	6,7	15,0	4,4	5,0	11,1	8,4	25,5	/	/	/	/		

Main	Var.	Mc2 G	MG	Mc4 G	Mc5 G	Mc6 G	Mc7 G	Mc1 D	Mc2 D	Mc3 D	Mc4 D	Mc5 D	Mc6 D	Mc7 D	Mc1 G	Mc2 G	MG	Mc4 G	Mc5 G	Mc6 G	Mc7G	/	/	
	Moy	3,5	3,2	3,8	3,6	3,8	3,8	8,6	3,4	3,1	3,9	3,7	3,6	3,7	12,9	2,8	4,1	4,3	3,5	3,8	3,4	/	/	
	E-T	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,8	0,7	0,6	0,7	0,8	1,1	0,7	2,6	0,6	5,9	1,0	0,7	0,9	0,7	/	/	
	Min	2,0	1,9	2,3	2,1	2,3	2,2	4,8	2,1	1,9	2,5	2,0	0,9	2,2	8,2	1,7	1,5	2,6	2,0	2,4	2,1	/	/	
	Max	4,6	4,8	4,6	4,2	4,6	4,6	10,4	4,3	3,7	4,6	4,5	4,8	4,4	16,2	3,8	25,3	6,0	4,5	5,1	4,5	/	/	
	Var.	Mc2 D	Mc3 D	Mc4 D	Mc5 D	Mc6 D	Mc7 D	Mc1 G	Mc2 G	MG	Mc4 G	Mc5 G	Mc6 G	Mc7 G	Mc1 D	Mc2 D	Mc3 D	Mc4 D	Mc5 D	Mc6 D	Mc7D	/	/	
	Moy	2,8	2,7	4,5	3,5	3,9	3,6	12,7	3,0	2,6	4,5	3,5	4,0	3,3	13,1	2,9	2,6	4,4	3,4	4,0	3,5	/	/	
	E-T	0,6	0,6	1,0	0,8	1,0	0,7	3,7	0,6	0,4	1,0	0,7	0,9	0,7	2,8	0,6	0,5	1,1	0,8	0,9	0,9	/	/	
	Min	1,7	1,6	2,6	1,9	2,4	2,2	2,0	1,9	1,6	2,5	2,0	2,2	1,8	7,9	1,9	1,6	2,7	1,9	2,6	2,0	/	/	
	Max	3,8	3,5	6,0	4,6	5,7	4,3	16,9	3,7	3,2	6,0	4,6	5,4	4,5	17,3	3,6	3,4	5,9	4,4	5,8	4,6	/	/	
	Var.	Mc2 G	MG	Mc4 G	Mc5 G	Mc6 G	Mc7 G	Mc1 D	Mc2 D	Mc3 D	Mc4 D	Mc5 D	Mc6 D	Mc7 D	Mc1 G	Mc2 G	MG	Mc4 G	Mc5 G	Mc6 G	Mc7G	/	/	
	Moy	2,8	2,4	4,1	3,1	3,5	3,2	11,6	2,6	2,4	4,2	3,2	3,3	3,1	11,0	2,7	2,6	4,0	3,2	3,3	3,1	/	/	
	E-T	0,5	0,5	1,0	0,7	0,8	0,7	2,2	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	2,1	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6	/	/	
	Min	1,7	1,4	2,5	1,6	2,0	1,7	6,7	1,6	1,6	2,4	1,6	2,0	1,7	6,4	1,6	1,7	2,3	1,9	2,2	2,0	/	/	
	Max	3,4	3,3	5,5	4,4	4,8	4,3	14,6	3,4	3,0	5,5	3,9	4,8	4,0	13,0	3,2	3,3	5,0	3,9	4,5	3,9	/	/	
	Var.	Mc2 D	Mc3 D	Mc4 D	Mc5 D	Mc6 D	Mc7 D	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Moy	2,7	2,7	4,0	3,3	3,3	3,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	E-T	0,5	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Min	1,7	1,6	2,2	1,9	2,1	1,9	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Max	3,2	3,4	5,0	4,0	4,5	4,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Var.	Ph2G	Ph3G	Ph4G	Ph5G	Ph1D	Ph2D	Ph3D	Ph4D	Ph5D	Ph1G	Ph2G	Ph3G	Ph4G	Ph5G	Ph1D	Ph2D	Ph3D	Ph4D	Ph5D	Ph1G	/	/		
Moy	10,6	11,2	10,7	8,6	7,9	10,6	11,5	10,3	8,7	6,4	7,1	7,8	7,4	5,5	6,8	7,3	7,7	7,4	6,3	6,0	/	/		
E-T	0,7	1,2	0,9	0,7	0,2	1,0	1,3	1,6	0,8	0,8	0,7	1,0	1,0	1,2	/	1,0	1,2	1,1	1,7	0,2	/	/		
Min	9,5	8,6	9,2	7,8	7,7	8,6	9,2	6,6	7,8	5,8	6,3	6,7	6,0	4,5	6,8	5,7	5,7	6,0	4,7	5,8	/	/		
Max	11,7	12,6	12,0	9,6	8,0	11,9	12,8	12,0	9,6	6,9	8,2	9,5	8,7	7,0	6,8	8,8	9,2	8,4	9,5	6,2	/	/		
Var.	Ph3G	Ph4G	Ph5G	Ph1D	Ph2D	Ph3D	Ph4D	Ph5D	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Moy	6,7	5,9	5,0	6,6	5,0	5,0	4,9	4,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
E-T	1,5	/	0,7	0,1	/	0,4	0,1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Min	4,8	5,9	4,4	6,5	5,0	4,7	4,8	4,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Max	8,1	5,9	5,7	6,6	5,0	5,2	4,9	4,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		

Membre inférieur	Var.	Fe2G	Fe3G	Fe4G	Fe5G	Fe6G	Fe7G	Fe8G	Fe1G bis	Fe1D	Fe2D	Fe3D	Fe4D	Fe5D	Fe6D	Fe7D	Fe8D	Fe1D bis	Ti1G	Ti2G	Ti3G	/	/
	Moy	19,4	5,7	6,1	16,5	11,6	18,8	9,9	32,4	73,5	19,5	5,9	6,2	16,3	11,4	18,8	9,8	30,9	64,3	19,1	6,4	/	/
	E-T	2,5	0,7	0,8	2,6	1,7	3,4	1,7	9,8	8,8	2,3	0,8	0,7	2,7	1,6	2,9	1,6	8,5	6,8	2,2	0,8	/	/
	Min	12,0	3,5	4,0	5,3	4,7	9,6	5,3	14,5	43,9	12,0	3,8	3,9	4,9	4,5	10,9	5,6	14,3	42,2	12,0	3,8	/	/
	Max	24,0	7,3	7,8	20,6	14,6	24,7	12,8	49,8	83,5	24,0	7,5	7,9	20,3	13,6	23,4	12,4	50,0	72,0	24,0	8,2	/	/
	Var.	Ti5G	Ti6G	Ti7G	Ti8G	Ti9G	Ti10 G	Ti1G bis	Ti1D	Ti2D	Ti3D	Ti4D	Ti5D	Ti6D	Ti7D	Ti8D	Ti9D	Ti10 D	Ti1D bis	/	/	/	/
	Moy	7,6	6,7	14,1	10,8	10,3	9,0	19,2	64,1	19,1	6,4	5,6	7,5	6,6	14,4	10,6	10,5	9,2	19,4	/	/	/	/
	E-T	1,1	0,8	2,6	1,8	1,3	1,2	2,3	6,9	2,4	0,8	0,7	1,0	0,8	2,2	1,8	1,6	1,4	2,7	/	/	/	/
	Min	4,4	4,0	7,5	6,6	5,7	6,1	13,0	41,8	12,0	3,8	3,3	4,5	4,1	8,5	6,4	5,8	5,6	11,9	/	/	/	/
	Max	10,3	8,8	17,3	16,7	12,9	13,0	24,0	71,7	24,0	8,4	7,4	10,0	8,6	18,4	15,8	13,8	13,2	24,6	/	/	/	/
Var.	Fi2G	Fi3G	Fi4G	Fi5G	Fi6G	Fi7G	Fi8G	Fi1G bis	Fi1D	Fi2D	Fi3D	Fi4D	Fi5D	Fi6D	Fi7D	Fi8D	Fi1D bis	Ta1G	Ta2G	Ta3G	/	/	
Moy	3,6	2,5	10,4	4,8	4,5	6,0	5,0	22,9	60,7	3,6	2,5	10,2	5,0	4,7	5,9	5,1	24,2	11,0	7,6	5,9	/	/	
E-T	0,7	0,5	1,8	0,8	0,8	1,0	0,8	5,2	7,0	0,5	0,3	1,4	1,2	0,9	0,7	0,8	7,8	1,3	0,9	0,8	/	/	
Min	2,0	1,5	6,0	3,2	3,0	3,7	3,4	10,9	39,3	2,0	1,4	6,0	3,2	2,8	3,7	3,3	12,5	8,1	5,7	4,5	/	/	
Max	6,1	5,0	18,0	6,5	5,8	9,0	6,8	39,3	68,8	5,0	3,5	13,5	9,4	7,0	7,4	6,4	42,7	13,4	8,7	8,0	/	/	
Var.	Ta2D	Ta3D	cal1G	Cal2 G	Cal3 G	cal1D	Cal2 D	Cal3 D	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Moy	7,7	6,0	12,7	8,2	8,2	12,4	8,3	8,1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
E-T	0,5	0,8	1,9	1,3	1,3	2,4	1,9	1,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Min	7,0	5,0	7,9	6,7	5,5	8,0	6,0	4,8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Max	8,4	7,9	15,5	11,7	10,5	14,8	12,3	9,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Ceinture du membre inférieur	Var.	II 2G	II3G	II4G	II5G	II6G	II7G	II8G	II9G	II10G	II1D	II2D	II3D	II4D	II5D	II6D	II7D	II8	II9	II10	Is1G	/	/
	Moy	28,3	33,4	12,0	9,7	47,5	15,2	10,5	10,8	3,1	30,4	28,7	33,7	12,0	10,1	48,8	14,9	10,8	11,0	3,2	18,9	/	/
	E-T	3,8	3,8	1,3	1,4	7,9	1,7	1,4	1,6	0,5	3,3	3,4	4,0	1,4	1,4	6,4	1,7	1,4	1,7	0,5	2,0	/	/
	Min	16,3	23,0	8,2	7,3	12,9	9,8	5,7	5,7	2,0	17,7	16,0	19,9	7,0	6,4	28,0	8,9	5,6	6,2	2,0	12,6	/	/
	Max	32,6	42,4	15,2	12,7	57,0	19,3	13,8	14,2	4,5	33,9	33,0	42,5	14,0	13,3	62,5	19,5	13,5	13,6	4,5	23,4	/	/
	Var.	Is3G	Is4G	Is5G	Is6G	Is1D	Is2D	Is3D	Is4D	Is5D	Is6D	Pu1G	Pu2G	Pu3G	Pu4G	Pu5G	Pu6G	Pu1D	Pu2D	Pu3D	Pu4D	Pu5D	Pu6D
	Moy	12,3	7,8	5,0	9,6	18,2	11,9	11,8	7,4	4,8	9,2	15,1	5,5	7,9	4,0	5,9	3,4	14,7	5,5	7,8	4,1	5,9	3,4
	E-T	1,2	1,0	0,5	1,4	2,8	1,6	1,7	1,1	0,5	1,9	2,2	0,8	1,9	0,5	0,8	0,6	2,2	0,8	1,9	0,5	0,9	0,5
	Min	9,0	4,8	3,8	5,2	7,6	5,7	5,8	3,3	2,9	3,7	10,0	3,8	3,9	2,8	3,9	2,2	9,8	3,8	3,6	3,0	3,9	2,4
	Max	14,2	9,5	6,0	12,0	22,0	14,6	14,6	9,0	5,7	12,0	19,0	7,9	11,5	5,5	7,7	5,2	18,5	7,6	11,1	5,7	7,8	4,6

ped	Var.	Mt2G	MG	Mt4G	Mt5G	Mt6G	Mt7G	Mt1D	Mt2D	Mt3D	Mt4D	Mt5D	Mt6D	Mt7D	Mt1G	Mt2G	MG	Mt4G	Mt5G	Mt6G	Mt7G	/	/
	Moy	4,1	4,1	5,3	5,0	6,2	4,9	11,8	4,2	4,1	5,3	5,0	6,2	4,7	14,2	2,9	2,1	4,4	3,2	4,4	3,2	/	/
	E-T	0,7	0,6	1,0	0,9	1,2	1,0	2,9	0,6	0,7	1,0	0,9	1,1	0,9	1,9	0,6	0,6	0,8	0,7	0,9	0,7	/	/
	Min	2,4	2,6	2,7	2,6	3,3	2,6	4,8	2,6	2,4	2,8	2,9	3,2	2,5	8,6	1,7	1,2	2,4	1,9	2,2	1,5	/	/
	Max	5,5	5,3	7,0	6,1	7,5	6,4	14,9	5,2	5,6	6,8	6,2	7,5	6,0	16,4	4,4	3,9	5,4	4,8	6,2	4,6	/	/
	Var.	Mt2D	Mt3D	Mt4D	Mt5D	Mt6D	Mt7D	Mt1G	Mt2G	MG	Mt4G	Mt5G	Mt6G	Mt7G	Mt1D	Mt2D	Mt3D	Mt4D	Mt5D	Mt6D	Mt7D	/	/
	Moy	2,7	2,6	4,1	3,2	3,8	2,9	13,2	2,7	1,8	4,3	3,0	4,2	2,6	13,3	2,6	1,8	4,3	3,0	4,0	2,8	/	/
	E-T	0,5	2,0	0,9	0,5	1,0	0,7	2,0	0,4	0,3	0,9	0,7	0,8	0,5	2,3	0,5	0,5	1,0	0,7	0,8	0,8	/	/
	Min	1,6	1,2	2,5	2,0	2,1	1,5	8,2	1,6	1,0	2,5	1,8	2,2	1,4	8,1	1,5	1,0	2,4	1,7	2,3	1,4	/	/
	Max	3,1	7,8	5,2	3,7	4,9	4,0	16,0	3,2	2,2	5,4	4,3	5,5	3,2	15,0	3,0	2,4	5,4	3,7	4,6	3,5	/	/
	Var.	Mt2G	MG	Mt4G	Mt5G	Mt6G	Mt7G	Mt1D	Mt2D	Mt3D	Mt4D	Mt5D	Mt6D	Mt7D	Mt1G	Mt2G	MG	Mt4G	Mt5G	Mt6G	Mt7G	/	/
	Moy	2,8	1,8	4,3	3,1	4,0	2,4	12,1	2,5	1,6	4,1	2,9	3,8	2,4	12,3	2,8	2,1	3,6	3,3	3,8	2,5	/	/
	E-T	0,4	0,2	0,8	0,5	0,8	0,2	2,5	0,4	0,3	0,9	0,8	0,9	0,7	1,8	0,5	0,3	0,6	0,6	0,7	0,5	/	/
	Min	1,8	1,2	2,2	2,2	1,7	2,2	7,4	1,7	1,0	2,7	1,6	2,0	1,3	7,4	1,7	1,4	2,2	2,0	2,0	1,5	/	/
	Max	3,3	2,0	5,0	3,9	4,4	3,0	13,9	3,0	1,9	5,3	3,7	4,5	3,2	14,4	3,6	2,6	4,3	4,6	5,0	3,4	/	/
	Var.	Mt2D	Mt3D	Mt4D	Mt5D	Mt6D	Mt7D	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Moy	2,4	1,9	3,1	2,8	3,4	2,4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
E-T	0,5	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Min	1,6	1,3	2,0	2,0	1,9	1,6	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Max	2,9	2,3	3,6	3,6	4,0	3,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Var.	Ph2G	Ph3G	Ph4G	Ph5G	Ph1D	Ph2D	Ph3D	Ph4D	Ph5D	Ph1G	Ph2G	Ph3G	Ph4G	Ph5G	Ph1D	Ph2D	Ph3D	Ph4D	Ph5D	Ph1G	/	/	
Moy	6,0	5,5	5,5	/	5,5	6,4	5,8	6,3	4,8	4,7	4,4	/	/	2,5	/	5,4	6,4	4,3	/	/	/	/	
E-T	0,4	0,4	1,1	/	0,5	1,8	0,7	0,1	/	2,5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Min	5,7	5,2	4,7	0,0	4,8	5,0	5,2	6,2	4,8	2,9	4,4	0,0	0,0	2,5	0,0	5,4	6,4	4,3	0,0	0,0	/	/	
Max	6,3	5,8	6,3	0,0	6,0	8,4	6,5	6,4	4,8	6,4	4,4	0,0	0,0	2,5	0,0	5,4	6,4	4,3	0,0	0,0	/	/	
Var.	Ph3G	Ph4G	Ph5G	Ph1D	Ph2D	Ph3D	Ph4D	Ph5D	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Moy	/	/	4,4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
E-T	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Min	/	/	4,4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
Max	/	/	4,4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Annexe 7. Normalité des données métriques selon le test de Shapiro-Wilk ; pour les définitions des variables, consulter les annexes 3 et 4 ; N : effectifs, W : valeur critique, p : p-valeur ; les p-valeurs significatives sont signalées en rouge

Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés			Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés		
	N	W	p	N	W	p		N	W	p	N	W	p
Fr1G	13	0,925	0,289	/	/	/	UI8G	59	0,948	0,014	50	0,967	0,178
Fr2G	13	0,846	0,025	10	0,950	0,672	UI9G	60	0,929	0,002	51	0,979	0,506
Fr3	14	0,909	0,153	/	/	/	UI10G	32	0,905	0,008	28	0,940	0,111
Fr1D	10	0,839	0,043	9	0,943	0,614	UI11G	30	0,865	0,001	26	0,957	0,331
Fr2D	15	0,924	0,222	/	/	/	UI1Gbis	57	0,984	0,670	/	/	/
Fr3	13	0,911	0,189	/	/	/	UI1D	49	0,841	0,000	44	0,979	0,597
Et1G	14	0,875	0,049	13	0,911	0,190	UI2D	59	0,955	0,030	53	0,932	0,005
Et2G	11	0,942	0,546	/	/	/	UI3D	60	0,950	0,015	54	0,908	0,001
Et3G	8	0,962	0,825	/	/	/	UI4D	60	0,969	0,129	/	/	/
Et1D	21	0,781	0,000	18	0,946	0,362	UI5D	68	0,958	0,022	60	0,989	0,863
Et2D	16	0,814	0,004	13	0,963	0,805	UI6D	67	0,966	0,063	/	/	/
Et3D	12	0,950	0,633	/	/	/	UI7D	62	0,938	0,004	54	0,988	0,845
At1G	10	0,941	0,559	/	/	/	UI8D	62	0,922	0,001	54	0,991	0,946
At2G	4	0,982	0,911	/	/	/	UI9D	57	0,933	0,004	49	0,953	0,047
At3G	15	0,934	0,309	/	/	/	UI10D	29	0,941	0,105	/	/	/
At1D	10	0,925	0,403	/	/	/	UI11D	26	0,251	0,000	23	0,249	0,000
At2D	3	0,862	0,274	/	/	/	UI1Dbis	56	0,987	0,789	/	/	/
At3D	14	0,580	0,000	14	0,580	0,000	Ra1G	46	0,878	0,000	39	0,958	0,150
Pa1G	4	0,988	0,946	/	/	/	Ra2G	47	0,964	0,156	/	/	/
Pa2G	4	0,954	0,742	/	/	/	Ra2bisG	9	0,792	0,017	9	0,792	0,017
Pa3G	4	0,963	0,796	/	/	/	Ra3G	59	0,954	0,025	49	0,893	0,000
Pa1D	4	0,968	0,831	/	/	/	Ra4G	59	0,954	0,025	49	0,963	0,126
Pa2D	4	0,985	0,930	/	/	/	Ra5G	59	0,895	0,000	49	0,866	0,000
Pa3D	5	0,879	0,304	/	/	/	Ra6G	52	0,940	0,011	43	0,976	0,497
Eo1	12	0,920	0,288	/	/	/	Ra7G	50	0,938	0,012	42	0,981	0,711
Eo2	8	0,937	0,580	/	/	/	Ra8G	58	0,956	0,036	48	0,914	0,002
Eo1bis	7	0,854	0,134	/	/	/	Ra9G	57	0,955	0,032	47	0,905	0,001
Eo3	14	0,890	0,081	/	/	/	Ra10G	51	0,965	0,138	/	/	/
Pe1G	44	0,888	0,000	42	0,967	0,264	Ra11G	38	0,939	0,040	31	0,866	0,001
Pe2G	34	0,972	0,524	/	/	/	Ra12	38	0,927	0,016	32	0,821	0,000
Pe2bisG	71	0,979	0,277	/	/	/	Ra1Gbis	49	0,984	0,750	/	/	/
Pe3G	72	0,985	0,520	/	/	/	Ra1D	52	0,850	0,000	47	0,953	0,058
Pe4G	72	0,975	0,164	/	/	/	Ra2D	54	0,950	0,026	47	0,978	0,507
Pe1D	50	0,648	0,000	45	0,949	0,047	Ra2Dbis	11	0,914	0,270	/	/	/
Pe2D	47	0,590	0,000	41	0,962	0,182	Ra3D	64	0,978	0,312	/	/	/
Pe2bis	79	0,641	0,000	70	0,984	0,501	Ra4D	66	0,981	0,388	/	/	/
Pe3D	78	0,945	0,002	69	0,945	0,005	Ra5D	63	0,965	0,072	/	/	/
Pe4D	78	0,930	0,000	69	0,960	0,025	Ra6D	61	0,951	0,015	54	0,981	0,559
Pas1G	24	0,959	0,419	/	/	/	Ra7D	59	0,929	0,002	52	0,906	0,001
Pas2G	44	0,948	0,045	37	0,944	0,061	Ra8D	57	0,942	0,009	50	0,896	0,000
Pas3	10	0,795	0,013	9	0,773	0,010	Ra9D	62	0,966	0,080	/	/	/
Pas1D	26	0,958	0,352	/	/	/	Ra10D	54	0,967	0,143	/	/	/
Pas2D	36	0,605	0,000	29	0,840	0,000	Ra11D	40	0,896	0,001	34	0,980	0,780
s1	56	0,934	0,004	49	0,901	0,001	Ra12	34	0,944	0,081	/	/	/
s2	50	0,952	0,041	44	0,920	0,005	Ra1Dbis	56	0,894	0,000	49	0,968	0,194
s3	46	0,944	0,027	40	0,923	0,010	Fe1G	47	0,807	0,000	41	0,951	0,075
Gas1G	42	0,947	0,048	38	0,976	0,565	Fe2G	56	0,960	0,062	/	/	/
Gas2G	39	0,888	0,001	36	0,978	0,677	Fe3G	58	0,958	0,044	50	0,931	0,006
Gas1D	52	0,889	0,000	44	0,975	0,448	Fe4G	58	0,964	0,086	/	/	/
Gas2D	38	0,874	0,000	34	0,928	0,027	Fe5G	48	0,836	0,000	41	0,981	0,716

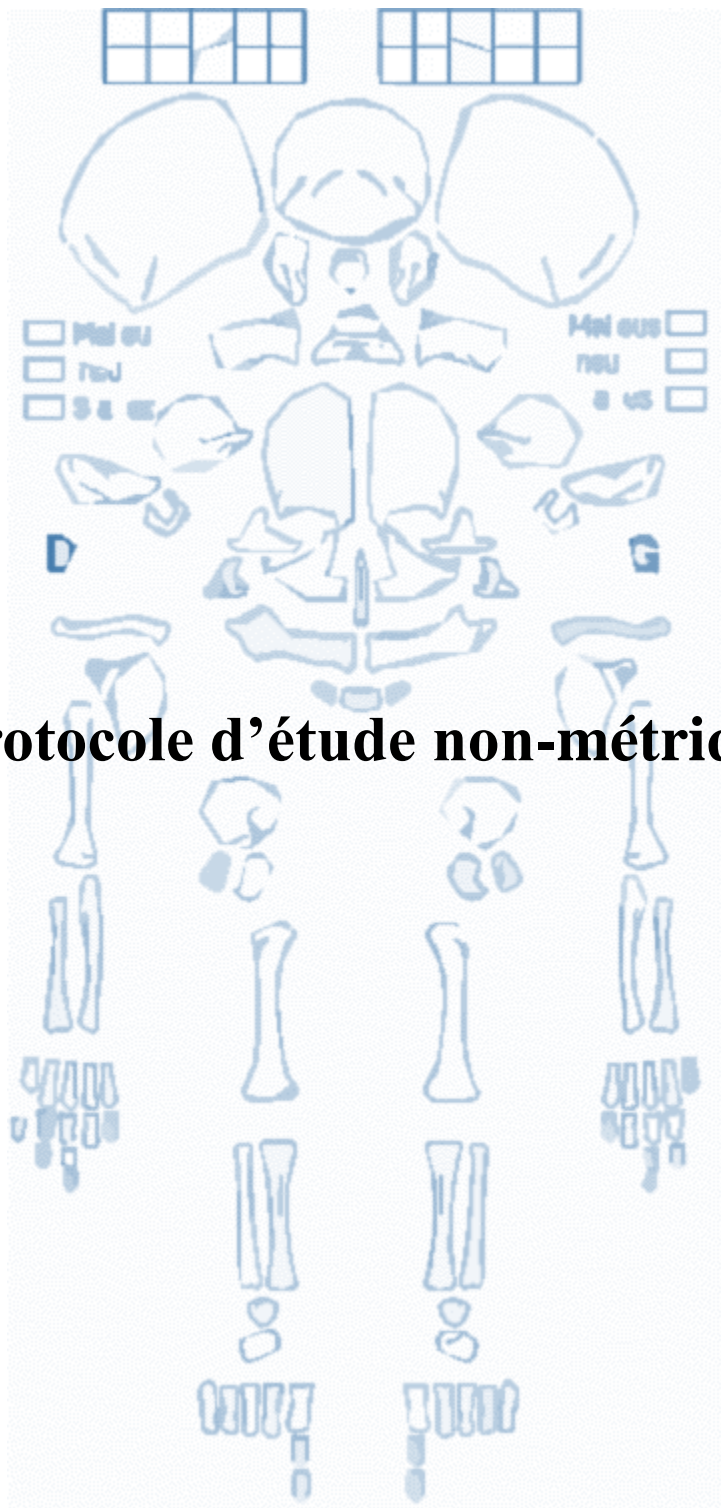
Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés			Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés		
	N	W	p	N	W	p		N	W	p	N	W	p
Bo1	76	0,951	0,005	64	0,940	0,004	Fe6G	44	0,875	0,000	39	0,974	0,505
Bo2	71	0,887	0,000	59	0,942	0,008	Fe7G	37	0,928	0,020	29	0,992	0,998
Ex1G	43	0,820	0,000	34	0,880	0,001	Fe8G	33	0,962	0,298	/	/	/
Ex2G	32	0,968	0,436	/	/	/	Fe1Gbis	43	0,960	0,133	/	/	/
Ex1D	52	0,874	0,000	41	0,957	0,118	Fe1D	50	0,808	0,000	44	0,865	0,000
Ex2D	49	0,890	0,000	39	0,758	0,000	Fe2D	65	0,949	0,010	58	0,971	0,175
or1G				/	/	/	Fe3D	65	0,981	0,407	/	/	/
or2D				/	/	/	Fe4D	65	0,960	0,032	58	0,987	0,769
Na1G	11	0,938	0,494	/	/	/	Fe5D	44	0,834	0,000	41	0,975	0,502
Na2G	10	0,959	0,776	/	/	/	Fe6D	42	0,811	0,000	37	0,977	0,642
Na3G	10	0,963	0,817	/	/	/	Fe7D	40	0,896	0,001	33	0,957	0,215
Na1D	12	0,969	0,904	/	/	/	Fe8D	33	0,908	0,009	27	0,944	0,151
Na2D	12	0,958	0,749	/	/	/	Fe1Dbis	50	0,940	0,013	44	0,908	0,002
Na3D	11	0,917	0,295	/	/	/	Ti1G	46	0,861	0,000	39	0,936	0,027
Vo1	20	0,886	0,022	17	0,951	0,471	Ti2G	52	0,965	0,126	/	/	/
Zy1G	22	0,923	0,086	/	/	/	Ti3G	55	0,968	0,155	/	/	/
Zy2G	34	0,975	0,617	/	/	/	Ti4G	55	0,965	0,106	/	/	/
Zy3G	38	0,933	0,025	30	0,958	0,278	Ti5G	52	0,987	0,855	/	/	/
Zy1D	25	0,979	0,874	/	/	/	Ti6G	52	0,972	0,258	/	/	/
Zy2D	29	0,882	0,004	25	0,967	0,562	Ti7G	27	0,852	0,001	23	0,789	0,000
Zy3D	35	0,929	0,025	29	0,941	0,105	Ti8G	27	0,877	0,004	21	0,708	0,000
Pal1G	16	0,978	0,949	/	/	/	Ti9G	32	0,917	0,017	28	0,978	0,805
Pal1D	15	0,963	0,739	/	/	/	Ti10G	30	0,912	0,016	25	0,817	0,000
Mx1G	23	0,797	0,000	20	0,990	0,999	Ti1Gbis	43	0,966	0,226	/	/	/
Mx2G	28	0,901	0,012	26	0,972	0,672	Ti1D	45	0,872	0,000	39	0,933	0,022
Mx3G	28	0,952	0,217	/	/	/	Ti2D	49	0,966	0,160	/	/	/
Mx4G	27	0,752	0,000	25	0,803	0,000	Ti3D	52	0,977	0,405	/	/	/
Mx1bis G	26	0,808	0,000	24	0,963	0,510	Ti4D	52	0,973	0,269	/	/	/
Mx2bis G	25	0,277	0,000	23	0,273	0,000	Ti5D	54	0,974	0,296	/	/	/
Mx3bis G	29	0,983	0,911	/	/	/	Ti6D	54	0,973	0,259	/	/	/
Mx1D	22	0,908	0,043	20	0,979	0,917	Ti7D	34	0,920	0,016	26	0,950	0,227
Mx2D	23	0,942	0,198	/	/	/	Ti8D	30	0,966	0,439	/	/	/
Mx3D	20	0,957	0,477	/	/	/	Ti9D	31	0,950	0,158	/	/	/
Mx4D	25	0,892	0,012	24	0,964	0,517	Ti10D	31	0,969	0,485	/	/	/
Mx1bis D	22	0,928	0,110	/	/	/	Ti1Dbis	46	0,987	0,869	/	/	/
Mx2bis G	23	0,876	0,008	21	0,856	0,005	Fi1G	32	0,832	0,000	28	0,977	0,785
Mx3bis D	25	0,865	0,003	23	0,908	0,037	Fi2G	41	0,902	0,002	34	0,836	0,000
Ma1G	26	0,879	0,005	23	0,855	0,003	Fi3G	44	0,799	0,000	37	0,729	0,000
Ma1bis	55	0,924	0,002	48	0,873	0,000	Fi4G	44	0,830	0,000	37	0,741	0,000
Ma2G	12	0,929	0,366	/	/	/	Fi5G	24	0,978	0,847	/	/	/
Ma3G	7	0,673	0,002	6	0,961	0,831	Fi6G	18	0,973	0,855	/	/	/
Ma4	50	0,909	0,001	42	0,921	0,007	Fi7G	27	0,923	0,047	22	0,809	0,001
Ma1D	30	0,752	0,000	28	0,660	0,000	Fi8G	27	0,977	0,787	/	/	/
Ma1bis	59	0,910	0,000	51	0,977	0,423	Fi1Gbis	28	0,942	0,123	/	/	/
Ma2D	25	0,926	0,072	/	/	/	Fi1D	29	0,847	0,001	25	0,953	0,288
Ma3D	17	0,952	0,485	/	/	/	Fi2D	42	0,957	0,113	/	/	/
Ma4	51	0,962	0,098	/	/	/	Fi3D	43	0,937	0,021	39	0,915	0,006
Sc1G	20	0,938	0,223	/	/	/	Fi4D	39	0,942	0,046	35	0,895	0,003
Sc2G	28	0,792	0,000	23	0,874	0,008	Fi5D	20	0,748	0,000	17	0,687	0,000

Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés			Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés		
	N	W	p	N	W	p		N	W	p	N	W	p
Sc3G	29	0,824	0,000	24	0,873	0,006	Fi6D	19	0,951	0,407	/	/	/
Sc4G	24	0,791	0,000	22	0,913	0,054	Fi7D	25	0,929	0,081	/	/	/
Sc5G	50	0,927	0,004	42	0,940	0,028	Fi8D	24	0,966	0,579	/	/	/
Sc6G	63	0,897	0,000	54	0,842	0,000	Fi1Dbis	19	0,880	0,021	16	0,835	0,008
Sc7G	62	0,854	0,000	55	0,779	0,000	Ta1G	13	0,970	0,890	/	/	/
Sc8G	59	0,798	0,000	52	0,674	0,000	Ta2G	12	0,945	0,566	/	/	/
Sc9G	15	0,873	0,037	15	0,873	0,037	Ta3G	13	0,908	0,171	/	/	/
Sc1D	26	0,969	0,596	/	/	/	Ta1D	10	0,862	0,080	/	/	/
Sc2D	33	0,891	0,003	29	0,978	0,780	Ta2D	9	0,922	0,408	/	/	/
Sc3D	35	0,924	0,019	31	0,988	0,976	Ta3D	10	0,864	0,085	/	/	/
Sc4D	29	0,879	0,003	26	0,955	0,310	Cal1G	16	0,921	0,174	/	/	/
Sc5D	49	0,955	0,061	/	/	/	Cal2G	11	0,765	0,003	11	0,765	0,003
Sc6D	72	0,746	0,000	63	0,595	0,000	Cal3G	12	0,960	0,784	/	/	/
Sc7D	70	0,985	0,539	/	/	/	Cal1D	10	0,845	0,050	/	/	/
Sc8D	70	0,923	0,000	63	0,967	0,084	Cal2D	7	0,772	0,021	7	0,772	0,021
Sc9D	25	0,916	0,041	23	0,919	0,065	Cal3D	7	0,712	0,005	7	0,712	0,005
Cl1G	33	0,764	0,000	29	0,961	0,349	II1G	38	0,794	0,000	33	0,969	0,460
Cl2G	49	0,945	0,024	41	0,921	0,008	II 2G	39	0,822	0,000	34	0,911	0,009
Cl3G	35	0,970	0,446	/	/	/	II3G	37	0,929	0,021	34	0,965	0,343
Cl4G	36	0,971	0,441	/	/	/	II4G	55	0,971	0,196	/	/	/
Cl5G	46	0,935	0,012	42	0,985	0,833	II5G	52	0,950	0,028	47	0,955	0,069
Cl6G	45	0,925	0,006	42	0,979	0,638	II6G	35	0,749	0,000	32	0,653	0,000
Cl7G	51	0,981	0,601	/	/	/	II7G	60	0,919	0,001	54	0,959	0,060
Cl8G	52	0,976	0,378	/	/	/	II8G	55	0,924	0,002	49	0,959	0,088
Cl1D	36	0,858	0,000	33	0,968	0,421	II9G	59	0,955	0,027	54	0,982	0,605
Cl2D	58	0,956	0,033	49	0,903	0,001	II10G	59	0,817	0,000	54	0,764	0,000
Cl3D	42	0,978	0,575	/	/	/	II1D	32	0,712	0,000	29	0,980	0,830
Cl4D	41	0,983	0,772	/	/	/	II2D	30	0,733	0,000	27	0,985	0,949
Cl5D	49	0,917	0,002	45	0,941	0,023	II3D	36	0,888	0,002	33	0,955	0,187
Cl6D	46	0,904	0,001	42	0,972	0,389	II4D	48	0,888	0,000	45	0,965	0,193
Cl7D	61	0,983	0,565	/	/	/	II5D	52	0,985	0,742	/	/	/
Cl8D	60	0,969	0,134	/	/	/	II6D	34	0,915	0,012	31	0,921	0,025
Hu1G	49	0,839	0,000	42	0,949	0,059	II7D	52	0,931	0,005	49	0,961	0,099
Hu2G	67	0,973	0,143	/	/	/	II8	51	0,906	0,001	48	0,966	0,183
Hu3G	70	0,982	0,388	/	/	/	II9	51	0,922	0,002	47	0,966	0,191
Hu4G	71	0,986	0,614	/	/	/	II10	50	0,797	0,000	46	0,742	0,000
Hu5G	40	0,942	0,040	32	0,977	0,706	Is1G	45	0,951	0,053	/	/	/
Hu6G	34	0,932	0,036	27	0,918	0,035	Is2G	47	0,833	0,000	44	0,974	0,400
Hu7G	57	0,904	0,000	50	0,965	0,147	Is3G	43	0,925	0,008	41	0,955	0,103
Hu8G	59	0,957	0,036	50	0,982	0,628	Is4G	49	0,895	0,000	46	0,930	0,008
Hu9G	66	0,988	0,791	/	/	/	Is5G	47	0,973	0,341	/	/	/
Hu10G	57	0,950	0,021	48	0,985	0,781	Is6G	47	0,963	0,145	/	/	/
Hu1Gb1s	41	0,952	0,083	/	/	/	Is1D	51	0,815	0,000	44	0,954	0,079
Hu1D	52	0,831	0,000	45	0,957	0,091	Is2D	50	0,853	0,000	44	0,973	0,372
Hu2D	64	0,946	0,008	56	0,914	0,001	Is3D	47	0,892	0,000	40	0,985	0,856
Hu3D	66	0,964	0,050	58	0,978	0,365	Is4D	53	0,865	0,000	46	0,972	0,331
Hu4D	66	0,974	0,173	/	/	/	Is5D	52	0,924	0,003	45	0,970	0,294
Hu5D	47	0,973	0,329	/	/	/	Is6D	51	0,917	0,002	44	0,974	0,412
Hu6D	49	0,919	0,002	41	0,981	0,700	Pu1G	42	0,967	0,260	/	/	/
Hu7D	55	0,937	0,006	50	0,975	0,375	Pu2G	41	0,960	0,160	/	/	/
Hu8D	58	0,961	0,059	/	/	/	Pu3G	37	0,968	0,355	/	/	/
Hu9D	59	0,967	0,114	/	/	/	Pu4G	47	0,985	0,809	/	/	/
Hu10	56	0,881	0,000	49	0,973	0,305	Pu5G	37	0,975	0,560	/	/	/
Hu1Db1s	50	0,951	0,036	41	0,949	0,063	Pu6G	39	0,953	0,105	/	/	/
Ul1G	49	0,834	0,000	42	0,976	0,516	Pu1D	35	0,980	0,763	/	/	/

Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés			Var.	Corpus archéologique			Corpus sans grands prématurés		
	N	W	p	N	W	p		N	W	p	N	W	p
UI2G	57	0,957	0,041	50	0,922	0,003	Pu2D	39	0,947	0,066	/	/	/
UI3G	59	0,962	0,062	/	/	/	Pu3D	34	0,975	0,603	/	/	/
UI4G	60	0,970	0,145	/	/	/	Pu4D	47	0,975	0,393	/	/	/
UI5G	69	0,948	0,006	59	0,952	0,022	Pu5D	36	0,979	0,695	/	/	/
UI6G	69	0,958	0,020	58	0,953	0,024	Pu6D	39	0,968	0,335	/	/	/
UI7G	65	0,903	0,000	55	0,961	0,073	/	/	/	/	/	/	/

Annexe 8. VANM détails et origine ; VANM : variation anatomique non métrique ; Code : code de référence ; T ou P : transitoire ou pérenne ; Code T (2011) : référence dans Thomas (2011) ; Code publi. : référence dans la publication d'origine ; Code H et DS (1989) : référence dans Hauser et De Stefano (1989) ; Code S (1989) : référence dans Saunders (1978) ; G : gauche ; D : droite

Région anatomique	Vanm	Code	T ou P	T (2011)	Publi. d'origine	H. et DS (1989)	Code S (1989)
Voûte	Processus de Kerckring	VV1	transitoire	/	/	/	/
	Os suturaire	VV2	pérenne	A1/A2/A3	G21/G22/G23 ; HDS Pl. II	HDS Pl. II	/
	Ecaille du pariétal bipartite	VV3	pérenne	A25	G84	Pl. V	/
	Ecaille du temporal bipartite	VV4	pérenne	A13	G70	PL. XXVIII	/
Mandibule	Condyle mandibulaire bipartite	VM1	pérenne	C11	G99	/	/
	Facette condyalaire bipartite	VB1	pérenne	A40	G43	HDS Pl. XXI	/
Base	Sinuosité postérieure <i>pars lateralis</i>	VB2	transitoire	/	/	/	/
	Sinuosité antérieure <i>pars lateralis</i>	VB3	transitoire	/	/	/	/
	Epine distale branche jugulaire	VB4	transitoire	/	/	/	/
	Epine latérale branche jugulaire	VB5	transitoire	/	/	/	/
	Pont latéral	VB6	transitoire	/	/	/	/
	Canal condyalaire incomplet	VB7	transitoire	/	/	/	/
	Absence du canal condyalaire	VB8	pérenne	/	/	/	/
	Canal hypoglosse bipartite	VB9	pérenne	A37	G40	Pl. XXI	/
	Face	Trou supra-orbitaire	VF1	pérenne	B6	G6	Pl. VII
Incisure supra orbitaire		VF2	pérenne	B8	G8	Pl. VIII	/
Incisure supra-trochléaire		VF3	pérenne	B9	G9	Pl. VIII	/
Os zygomatique bipartite		VF4	pérenne	B13	G16	Pl. XXXI	/
Nombre de foramens zygomatiko-faciaux		VF5	pérenne	B14	G17	Pl. XXXI	/
Rachis	Pont osseux - foramen transverse bipartite des cervicales	VR1	pérenne	/	/	/	/
	Facette articulaire supérieure bipartite de l'atlas	VR2	pérenne	D1	G101	/	S pl. 25
	Exostose sur le corps	VR3	transitoire	/	/	/	/
	Côte carrée	VG1	transitoire	/	/	/	/
Ceinture scapulaire	Côte surnuméraire lombaire	VG2	pérenne	/	/	/	/
	Foramen de la fosse supra-épineuse	VS1	pérenne	/	/	/	/
	<i>Epispinus notch</i>	VS2	transitoire	/	/	/	/
Membres supérieurs	Constriction de la scapula	VS3	pérenne	/	/	/	/
	Processus supra-condyalaire	VMS1	pérenne	H2	/	/	S. fig. 18c
Membres inférieurs	Incisure de la surface épiphysaire distale de l'humérus	VMS2	transitoire	/	/	/	/
	Incisure de la surface épiphysaire distale du fémur	VMI1	transitoire	/	/	/	/



Protocole d'étude non-métrique

Processus de Kerckring (VANM transitoire)

Corpus archéologique



1 cm

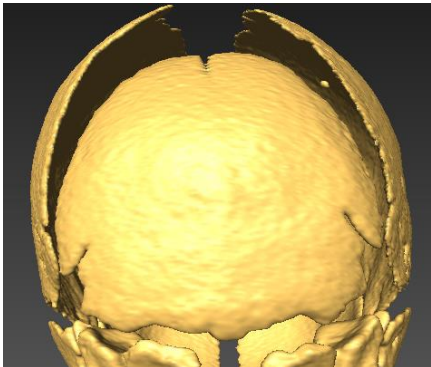
Processus de Kerckring coté comme présent, partie squameuse de l'occipital, vue exocrânienne, P278



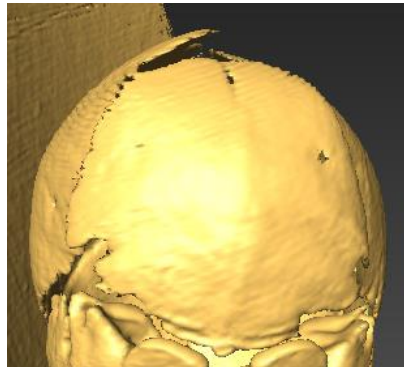
1 cm

Processus de Kerckring coté comme absent, partie squameuse de l'occipital, vue exocrânienne, S41

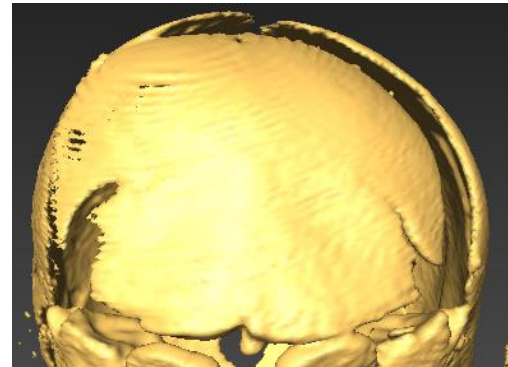
Corpus virtuel



Processus de Kerckring coté comme présent, M477



Processus de Kerckring coté comme présent, M124



Processus de Kerckring coté comme présent, M96

Facette condyliare bipartite (VANM pérenne)

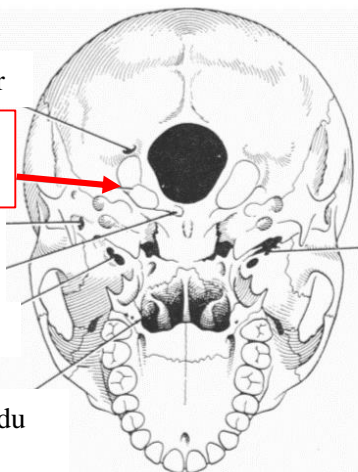
Canal condyliare postérieur

Facette condyliare bipartite

Foramen de Huschke
Tubercule précondyliare

Foramen ovale incomplet

Foramen accessoire du palatin



Foramen spinosum

Modifié d'après Berry et Berry (1967, p. 366)

La facette condyliare bipartite n'a pas été observée dans notre corpus et n'est, à notre connaissance, pas documentée sur l'individu en période périnatale.

Incisure postérieure de la *pars lateralis* (VANM transitoire)



Pars lateralis G, incisure postérieure cotée présente, P10



Pars lateralis G, incisure postérieure cotée absente, P303

2 cm



Incisure antérieure de la *pars lateralis* (VANM transitoire)



Pars lateralis gauche, sinuosité antérieure cotée présente, P303



Pars lateralis droite, sinuosité antérieure cotée présente, S30



Pars lateralis gauche, sinuosité antérieure cotée absente, S30

2 cm



Épine distale de la *pars lateralis* (VANM transitoire)



Pars lateralis gauche, épine distale de la *pars lateralis* cotée présente



Pars lateralis gauche, épine distale de la *pars lateralis* cotée absente, P303

2 cm



Épine latérale de la *pars lateralis* (VANM transitoire)



Épine latérale de la *pars lateralis* cotée présente, *pars lateralis* droite, S68



Épine latérale de la *pars lateralis* cotée absente, *pars lateralis* gauche, P303

2 cm



Pont latéral de la *pars lateralis* (VANM transitoire)



Pont latéral de la *pars lateralis* cotée présent, *pars lateralis* droite, S57



Pont latéral de la *pars lateralis* cotée absent, *pars lateralis* gauche, P303

2 cm



Canal condyalaire absent ou incomplet (présent sur une des faces), *pars lateralis* (VANM transitoire)



Absence du canal condyalaire de *la pars lateralis*, *pars lateralis* gauche, S51



Présence du canal condyalaire de *la pars lateralis*, *pars lateralis* gauche, P30

2 cm



Canal hypoglosse bipartite de la *pars lateralis* (VANM transitoire)



Canal hypoglosse bipartite coté présent, *pars lateralis* gauche, vue latérale, S10

1 cm



Canal hypoglosse bipartite coté absent, *pars lateralis* gauche, vue latérale, P303

1 cm



Foramen zygomatique (VANM pérenne)



Foramen zyomatique coté comme absent, zygomatique droit, vue antérieure, S55



Foramen zygomatique coté comme unique, zygomatique gauche, vue antérieure, S55



Foramen zygomatique coté comme multiple (> 2), zygomatique droit, vue antérieure, S73

1 cm

Os surnuméraires crâniens (VANM pérenne)

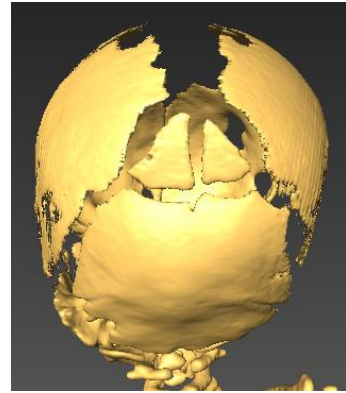
Corpus archéologique



Os surnuméraire crânien, P288

1 cm

Corpus virtuel

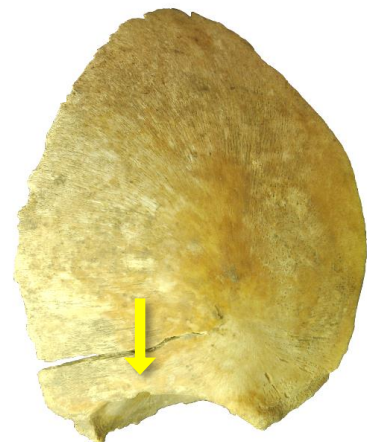


M206, os surnuméraires crâniens côtés comme présents

Foramen et incisure supra-orbitaires (VANM pérennes)



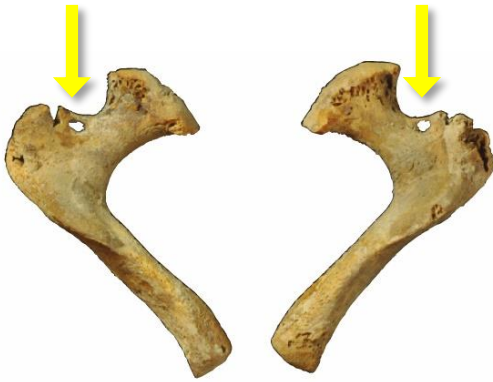
P292, hémi-frontal G, foramen supra-orbitaire coté comme présent et incisure supra-orbitaire cotée comme absente



P248, hémi-frontal G, incisure supra-orbitaire cotée comme présente, foramen supra-orbitaire coté comme absent

2 cm

Pont osseux du foramen transverse des hémis-verts vertébraux (VANM pérenne)



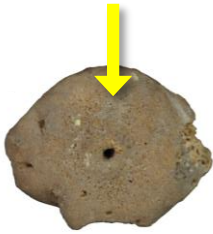
Hémi-arcs vertébraux de C6, pont osseux du foramen transverse coté comme présent, S67



Hémi-arcs vertébraux de C6, pont osseux du foramen transverse coté comme absent, P207

1 cm

Exostose du corps vertébral (VANMT)



Corps de la 5^e vertèbre thoracique, exostose avec foramen cotée présente, vue supérieure, P292



Corps de la 9^e vertèbre thoracique, exostose sans foramen cotée présente, vue supérieure, P292

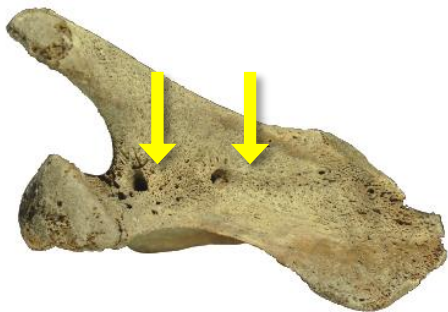


Corps de la 1^{ère} vertèbre thoracique, exostose cotée absente, vue supérieure, S41

1 cm

Ceinture du membre supérieur

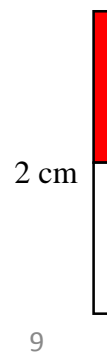
Foramens de la fosse supra-épineuse de la scapula (VANMT)



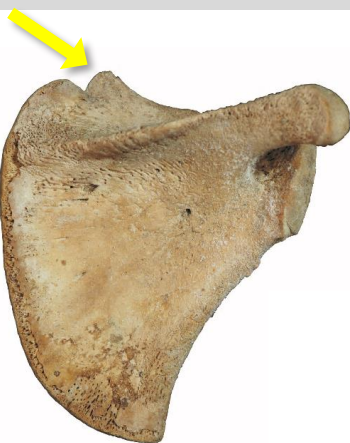
Foramen double de la fosse supra-orbitaire, P220



Foramen unique de la fosse supra-orbitaire, P251



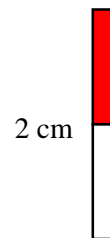
Epispinus notch (VANMP)



Epispinus notch coté comme présent, scapula droite, S63



Epispinus notch coté comme absent, scapula gauche, S41



Constriction scapulaire (VANMT)

Corpus archéologique

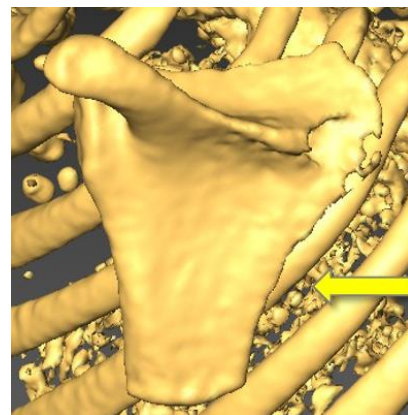


Constriction scapulaire cotée comme présente, scapula gauche, S12-2



Constriction scapulaire cotée comme absente, scapula gauche, S41

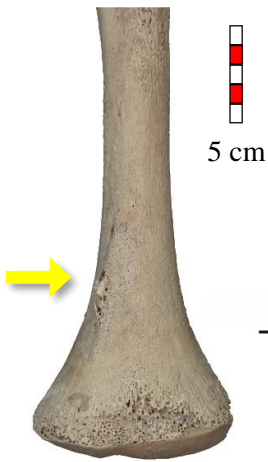
Corpus virtuel



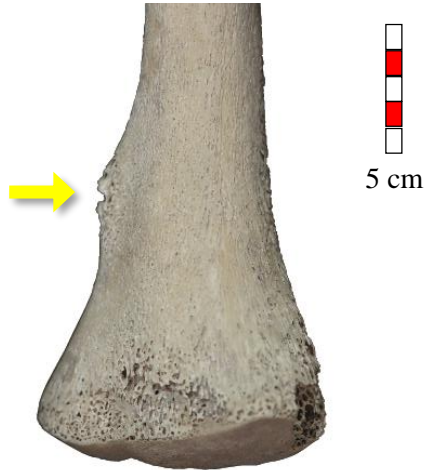
M818 G, constriction scapulaire cotée comme présente 681



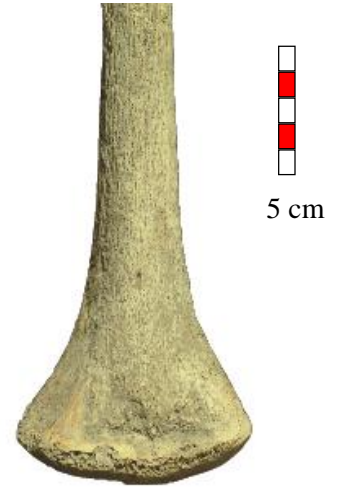
Processus supra-condyloire (VANM pérenne)



Processus supra-condyloire coté présent, humérus gauche, vue antérieure, P289



Processus supra-condyloire coté présent, détail, humérus gauche, vue antéro-latérale, P289



Processus supra-condyloire coté absent, détail, humérus gauche, vue antérieure, S41 ?

Forme en papillon de la surface épiphysaire

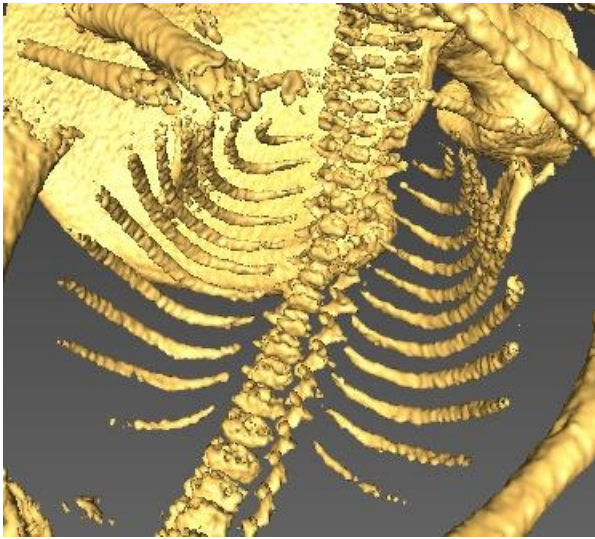


Incisure ou forme en papillon de la surface épiphysaire cotée présente, fémur gauche, vue postérieure, S35



Incisure ou forme en papillon de la surface épiphysaire cotée absente, fémur gauche, vue antérieure, S26

Réduction du gril costal (VANMP)

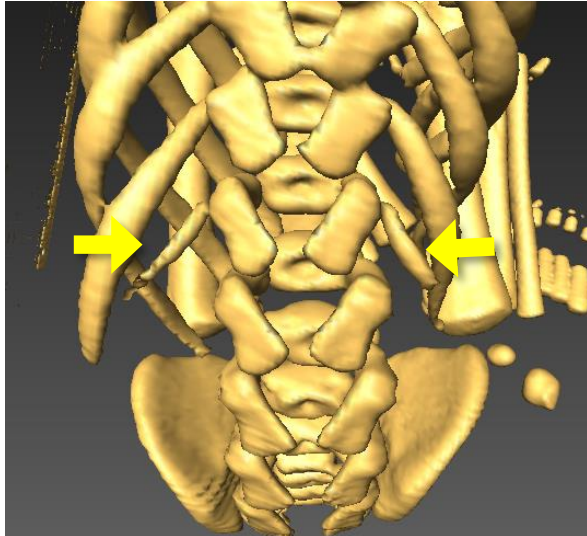


Réduction du gril costal cotée comme présente, M 239



Réduction du gril costal cotée comme absente, M 33

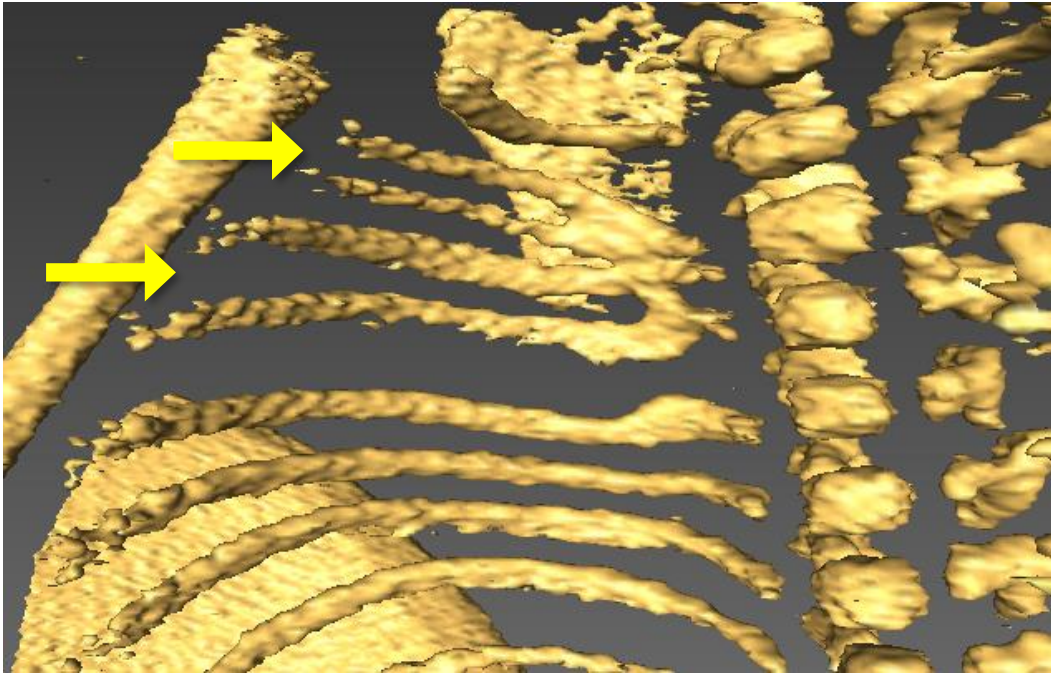
Côte surnuméraire lombaire (VANMP)



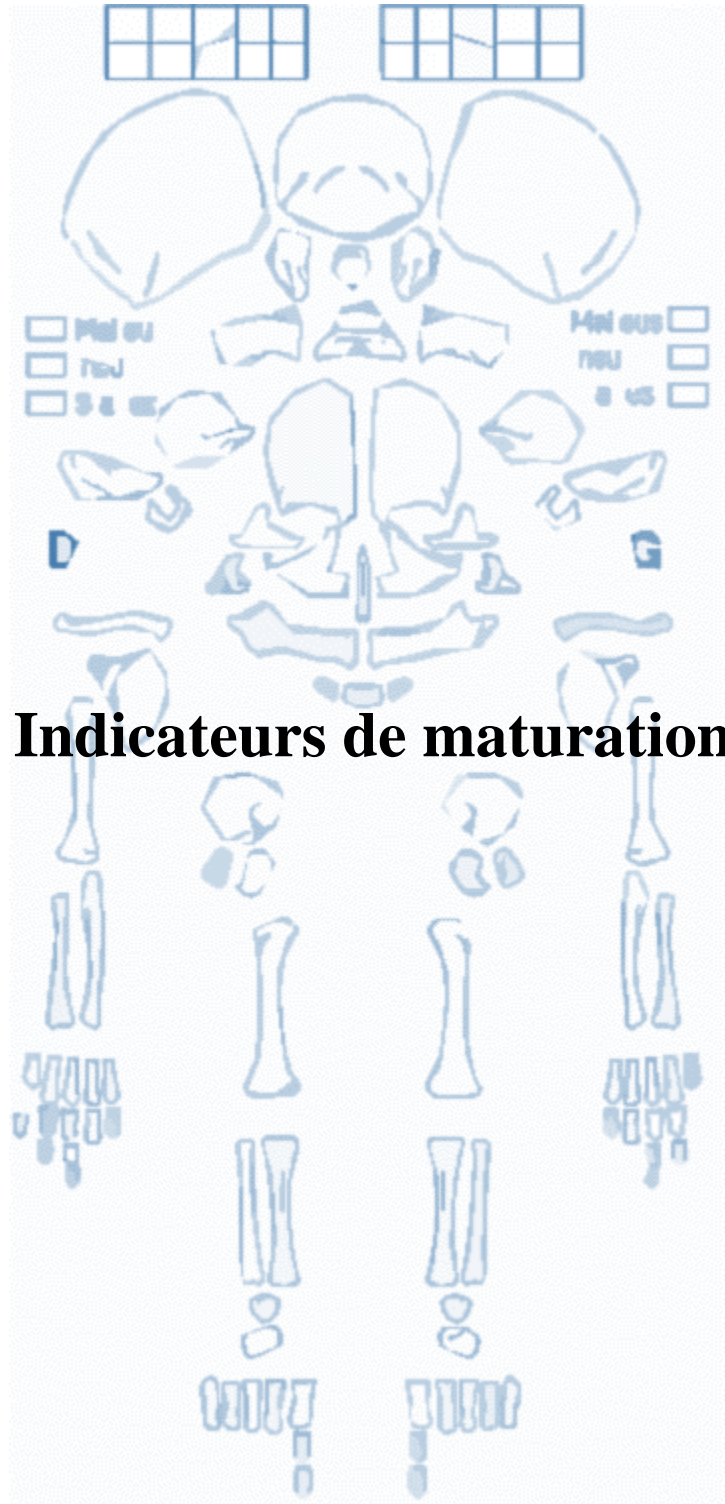
M64, côtes surnuméraires lombaires bilatérale cotées comme présentes



Réduction du gril costal cotée comme absente, M 33

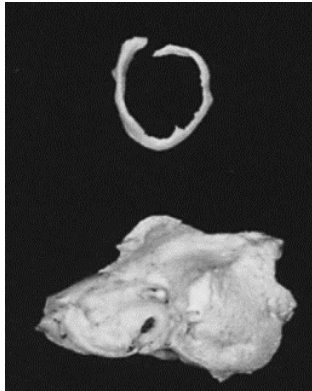


Anomalie morphologique du gril costal supérieur droit avec côtes bifides cotées comme présentes, M260

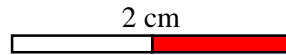


Indicateurs de maturation

Fusion anneau tympanique / partie pétreuse du temporal

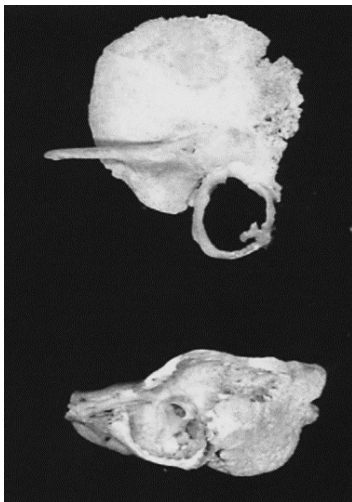


Anneau tympanique coté comme non fusionné au pétreux, d'après Scheuer et Black (2000, p. 78)



Anneau tympanique coté comme fusionné au pétreux, vue latérale, S41 D

Fusion partie squameuse / partie pétreuse du temporal



Partie squameuse cotée comme non fusionnée au pétreux, d'après Scheuer et Black (2000, p. 78)



Partie squameuse cotée comme fusionnée au pétreux, d'après Scheuer et Black (2000, p. 78)

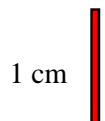
Fermeture du canal hypoglosse



Fermeture du canal hypoglosse cotée comme présente, *pars lateralis* gauche en vue latérale, P303



Fermeture du canal hypoglosse cotée comme absente, *pars lateralis* droite en vue latéro-antérieure, S10



Point de Béclard et point de Todt

Corpus archéologique

Point de Béclard



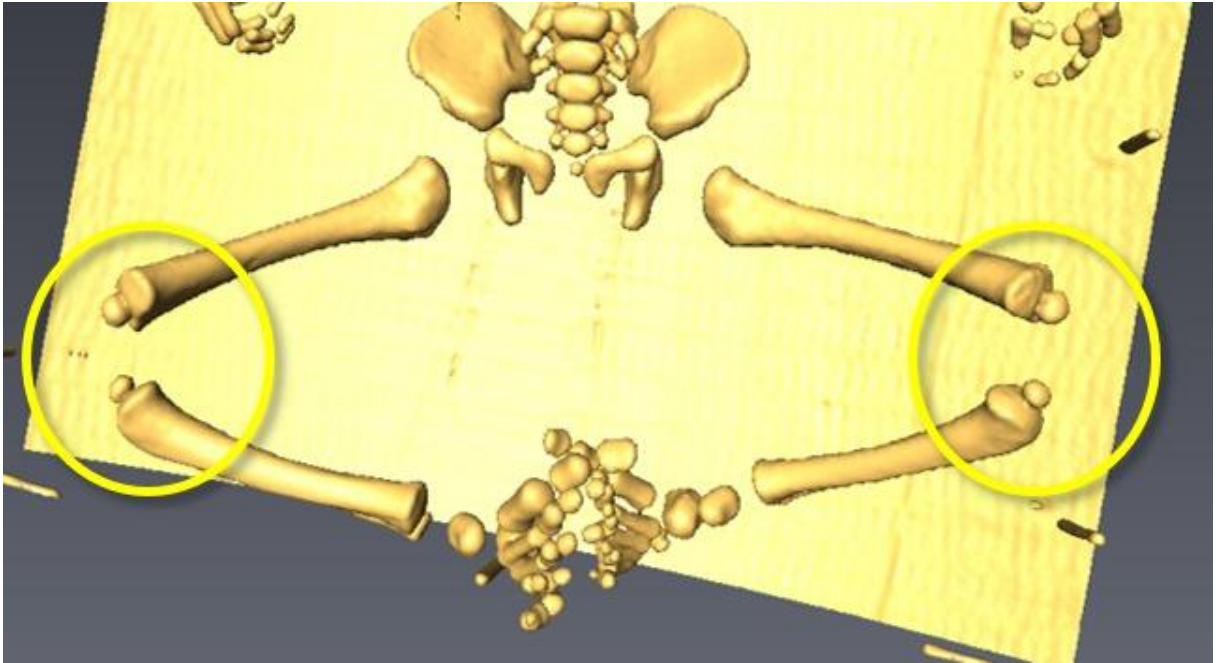
Point de Todt



1 cm



Corpus virtuel



Point de Béclard et point de Todt cotés comme présents de manière bilatérale, M34,

Annexe 11. Lignes de Harris

Individu	Côté	Âge minimal	Âge central	Âge maximal	Lignes de Harris
B64	G	34,74	36,16	37,64	absence
S44	D	37,12	38,65	40,23	absence
B58	D	37,80	39,35	40,96	suspicion
P207	D	38,90	40,50	42,16	absence
S9	D	39,70	41,33	43,02	absence
B70	G	40,24	41,88	43,60	absence
P285	G	41,79	43,58	45,45	absence
S51	G	42,36	44,10	45,91	absence
S35	G	43,03	44,79	46,63	absence
P302	D	43,14	44,91	46,75	absence

Annexe 12. Recherche d'hypoplasies dentaires

Sujet	i¹ d	i² d	i¹ g	i² g	i₁ d	i₂ d	i₁ g	i₂ g
B63-2	-	-	-	-	non	non	-	-
B120	non	non	non	non	-	-	-	-
B97	-	-	non	-	-	-	-	-
B114	non	-	non	non	non	-	non	non
B128	-	-	non	-	-	-	-	-
B102	-	-	non	-	non	non	-	-
B97	-	-	-	-	-	-	-	-
B97	-	-	-	-	-	-	-	-
B125	-	-	-	-	-	-	-	-
B88	-	-	non	non	non	non	-	non
B109	-	-	-	-	-	-	non	-
B74	-	-	-	-	-	-	-	non
B78	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	-	-	-	-	-	-	-	-
B95	-	non	non	non	non	non	-	-
S73	non	-	-	-	-	-	-	-
S61	-	-	-	-	-	-	-	non
S66	non	non	indet	indet	indet	indet	non	non
S67	non	-	non	non	non	non	non	non
S63	non	-	non	non	-	-	-	-
S73	non	non	non	non	-	non	non	non
S72	non	non	non	-	-	non	non	non
S75	-	non	non	-	-	-	-	-
S69	non	non	non	-	-	non	non	non

Annexe 13. Résultats des estimations d'asymétrie directionnelles et fluctuantes, *p* : *p*-valeur, *W* : valeur critique selon le test de Shapiro-Wilk, *AD* : asymétrie directionnelle ; *AF* : asymétrie fluctuante ; les *p*-valeurs significatives sont signalées par un astérisque ; pour les définitions des variables, consulter les annexes 3 et 4

Variable	Dépendance à la taille	Normalité		Modèles linéaires mixtes (Van Dongen, 2010)		Estimations (Palmer <i>et al.</i> 1986)		
	<i>p</i>	<i>W</i>	<i>p</i>	<i>p AD</i>	<i>p AF</i>	<i>AD absolue (mm)</i>	<i>AF relative</i>	<i>AF absolue</i>
Cl1	0,532	0,922	0,335	0,194	$4,27 \times 10^{-15}$ *	0,382	0,017	0,745
Cl3	0,082	0,916	0,322	0,674	$1,80 \times 10^{-12}$ *	-0,080	0,059	0,480
Cl4	0,474	0,761	0,005*	0,484	0,151	-0,340	0,102	0,720
Cl6	0,840	0,951	0,538	0,924	0,001	0,033	0,048	0,393
Cl8	0,972	0,969	0,839	0,058	0,150	-0,167	0,079	0,233
Ex1	0,097	0,938	0,431	0,376	0,838	0,000	0,019	0,508
Fe1	0,979	0,842	0,006*	0,797	1,000	-0,167	0,005	0,400
Fe3	0,720	0,942	0,258	0,957	1,000	0,045	0,033	0,185
Fe5	0,652	0,949	0,512	0,452	1,000	-0,127	0,018	0,300
Fe6	0,404	0,944	0,405	0,3724	1,000	-0,125	0,027	0,325
Fe7	0,971	0,980	0,978	0,628	1,000	0,100	0,031	0,638
Fe8	0,526	0,854	0,064	0,873	1,000	-0,080	0,038	0,380
Fi7	0,212	0,934	0,491	0,021*	0,001*	0,200	0,045	0,260
Fi8	0,363	0,875	0,116	0,116	0,624	0,170	0,049	0,250
Hu1	0,547	0,969	0,888	0,151	0,000*	-0,215	0,007	0,415
Hu3	0,352	0,933	0,270	0,675	0,049*	0,056	0,027	0,144
Hu4	0,029*	0,883	0,043*	0,852	0,013*	$2,78 \times 10^{-17}$	0,028	0,125
Hu5	0,711	0,889	0,194	0,641	0,000*	-0,089	0,016	0,200
Hu6	0,813	0,945	0,575	0,659	0,002*	0,000	0,021	0,236
Hu7	0,142	0,965	0,852	0,105	$2,22 \times 10^{-6}$ *	-0,189	0,022	0,367
Hu8	0,311	0,890	0,118	0,069	0,004*	-0,100	0,038	0,233
Il1	0,432	0,900	0,157	0,358	0,000*	0,192	0,013	0,375
Il2	0,244	0,913	0,265	0,224	0,007*	-0,145	0,018	0,545
Il3	0,987	0,956	0,727	0,985	$4,70 \times 10^{-14}$ *	0,008	0,019	0,642
Il4	0,074	0,946	0,507	0,887	0,029*	0,121	0,049	0,550

II5	0,033*	0,936	0,333	0,007*	0,115	0,833	0,153	1,447
II8	0,446	0,977	0,957	0,974	0,005*	0,157	0,034	0,357
Is1	0,424	0,890	0,081	0,593	1,000	0,114	0,016	0,314
Is2	0,304	0,951	0,547	0,098	0,033*	0,160	0,019	0,240
Is6	0,145	0,965	0,785	0,806	0,639	-0,073	0,062	0,580
Pe1	0,181	0,960	0,729	0,283	1,000	-0,136	0,018	0,693
Pu1	0,989	0,935	0,431	0,262	0,000*	0,158	0,023	0,358
Ra1	0,346	0,957	0,709	0,012*	$1,12 \times 10^{-5}$ *	-0,162	0,005	0,238
Ra10	0,400	0,956	0,618	0,611	$5,06 \times 10^{-6}$ *	0,007	0,033	0,127
Ra11	0,995	0,925	0,334	0,585	0,001*	0,042	0,019	0,158
Ra6	0,787	0,938	0,430	0,422	0,000*	0,046	0,037	0,200
Sc1	0,279	0,839	0,073	0,027*	0,000*	-0,338	0,012	0,413
Sc3	0,368	0,965	0,839	0,203	0,001*	-0,180	0,017	0,460
Sc4	0,045*	0,945	0,686	0,949	$9,16 \times 10^{-7}$	0,043	0,023	0,786
Sc5	0,437	0,948	0,494	0,364	0,130	0,307	0,024	0,547
Sc6	0,581	0,951	0,415	0,803	0,007*	-0,079	0,023	0,268
Sc8	0,255	0,961	0,658	0,805	$1,33 \times 10^{-7}$ *	-0,035	0,038	0,235
Sc9	0,355	0,968	0,881	0,181	0,435	-0,263	0,020	0,488
Ti1	0,368	0,922	0,121	0,804	$3,20 \times 10^{-11}$ *	-0,074	0,007	0,484
Ti7	0,428	0,936	0,470	0,487	$1,23 \times 10^{-6}$ *	0,109	0,033	0,473
Ti9	0,528	0,968	0,883	0,678	0,006*	0,158	0,042	0,425
UI1	0,836	0,932	0,436	0,244	0,059	-0,064	0,004	0,264
UI10	0,831	0,956	0,719	0,280	$1,09 \times 10^{-5}$ *	0,142	0,048	0,308
UI11	0,559	0,976	0,965	0,578	0,343	-0,033	0,065	0,317
UI3	0,789	0,949	0,514	0,905	0,030*	-0,073	0,069	0,220
UI4	0,308	0,944	0,476	0,000*	0,627	-0,100	0,043	0,171
UI5	0,421	0,963	0,694	0,001*	0,894	-0,118	0,022	0,188
UI6	0,905	0,953	0,476	0,205	0,004*	-0,139	0,060	0,361

Annexe 14. Protocole de cotation de l'atteinte ostéolytique de la région bicipitale du radius ;GP : grand prématuré ; Préma léger : prématuré léger ; Péri : sujet périnatal strict ; A : absence ; P : présence ; Région : région anatomique ; médio-lat : région médio-latérale ; ant-lat : antéro-latéral ; entre parenthèse, composante ; NR : non renseigné ; s. : semaines ; m. : mois ; pp. : post-partum

Individu	Sous-classes	Âge central	Obs 1				Obs 2			
			Gauche		Droite		Gauche		Droite	
			A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région
B37	GP	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
B63-1	GP	33,01	no	/	A	/	/	/	/	/
B78	GP	34,16	A	/	A	/	/	/	/	/
B125	GP	34,16	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ201	GP	33,91	A	/	A	/	/	/	A	/
PJ213	GP	28,07	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ214A	GP	27,8	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ214B	GP	27,91	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ239	GP	32,91	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ241	GP	31,63	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ243	GP	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ249	GP	32,91	A	/	no	/	/	/	/	/
PJ266A	GP	29,12	no	/	A	/	/	/	/	/
PJ266B	GP	26,59	A	/	no	/	/	/	/	/
PJ273	GP	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
S3	GP	24,23	no	/	no	/	/	/	/	/
S64	GP	26,19	no	/	no	/	/	/	/	/
S74	GP	25,99	no	/	no	/	/	/	/	/
B32	Préma léger	37,03	no	/	no	/	/	/	/	/
B64	Préma léger	36,16	A	/	A	/	/	/	/	/

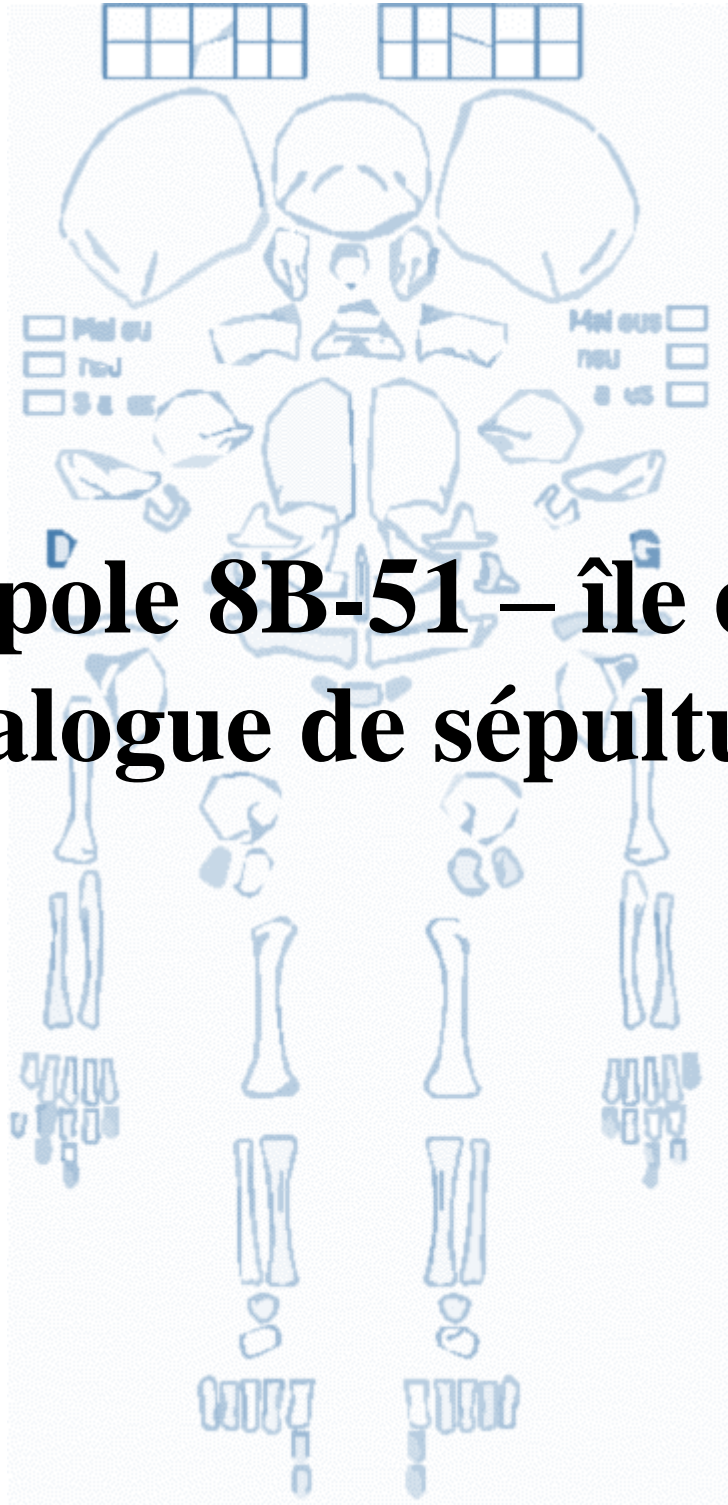
Individu	Sous-classes	Âge central	Obs 1				Obs 2			
			Gauche		Droite		Gauche		Droite	
			A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région
B95	Préma léger	36,84	no	/	A	/	/	/	/	/
B105	Préma léger	36,63	A	/	A	/	/	/	/	/
PE2	Préma léger	36,73	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ15	Préma léger	36,1	no	/	no	/	/	/	/	/
S50	Préma léger	36,96	no	/	A	/	/	/	/	/
S70	Préma léger	36,32	A	/	A	/	/	/	/	/
B3	Péri	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
B58	Péri	39,35	A	/	A	/	/	/	A	/
B67	Péri	40,39	A	/	no	/	/	/	/	/
B70	Péri	41,88	P	ant	P	ant	/	/	P	ant
B74	Péri	39,65	A	/	no	/	/	/	/	/
B96-2	Péri	NR	A	/	no	/	/	/	/	/
B111	Péri	40,86	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ10	Péri	40,77	no	/	A	/	/	/	A	/
PJ207	Péri	40,5	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ215	Péri	42,22	no	/	A	/	/	/	/	/
PJ220	Péri	39,89	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ223	Péri	40,94	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ248	Péri	41,87	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ251	Péri	42,56	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ272	Péri	40,33	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ275	Péri	40	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ278	Péri	42,11	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ289	Péri	42,1	no	/	no	/	/	/	/	/

Individu	Sous-classes	Âge central	Obs 1				Obs 2			
			Gauche		Droite		Gauche		Droite	
			A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région
PJ292	Péri	42,65	A	/	A	/	A	/	/	/
PJ294	Péri	39,89	A	/	A	/	/	/	/	/
S4	Péri	39,05	no	/	no	/	/	/	/	/
S5	Péri	41,21	no	/	A	/	/	/	/	/
S6	Péri	41,16	A	/	A	/	/	/	/	/
S9	Péri	41,33	no	/	A	/	/	/	/	/
S10	Péri	39,84	A	/	A	/	/	/	/	/
S12.1	Péri	41,55	A	/	no	/	/	/	/	/
S14	Péri	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
S15	Péri	41,99	no	/	no	/	/	/	/	/
S17	Péri	38,97	no	/	A	/	/	/	/	/
S18	Péri	39,02	A	/	A	/	/	/	/	/
S25.1	Péri	42,52	A	/	no	/	/	/	/	/
S25.2	Péri	NR	no	/	A	/	/	/	/	/
S26	Péri	40,94	A	/	A	/	/	/	/	/
S28	Péri	40,99	no	/	no	/	/	/	/	/
S29	Péri	41,79	no	/	A	/	/	/	/	/
S30	Péri	41,27	A	/	A	/	/	/	/	/
S34	Péri	39,27	no	/	A	/	/	/	/	/
S39	Péri	42,19	no	/	no	/	/	/	/	/
S40	Péri	41,66	A	/	A	/	/	/	/	/
S44	Péri	38,65	A	/	A	/	/	/	/	/
S46	Péri	42,17	A	/	A	/	/	/	/	/
S48	Péri	40,28	A	/	A	/	/	/	/	/

Individu	Sous-classes	Âge central	Obs 1				Obs 2			
			Gauche		Droite		Gauche		Droite	
			A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région
S49	Péri	41,72	A	/	A	/	/	/	/	/
S54	Péri	42,28	no	/	A	/	/	/	/	/
S55	Péri	41,22	A	/	A	/	/	/	/	/
S57	Péri	39,65	A	/	no	/	/	/	/	/
S58	Péri	42,01	A	/	A	/	/	/	/	/
S61	Péri	42,39	A	/	A	/	/	/	/	/
S63	Péri	42,05	A	/	A	/	/	/	/	/
S67	Péri	38,43	A	/	A	/	/	/	/	/
S68	Péri	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
S69	Péri	42,22	no	/	A	/	/	/	/	/
B6	Nourrisson	43,01	P	méd	P	médial	/	/	P	médial
B63-2	Nourrisson	45,13	P	ant-méd	P	ant-méd	P	ant-méd	P	ant-méd
B65	Nourrisson	43,21	no	/	no	/	/	/	/	/
B78-2	Nourrisson	33,37	P	med	P	ant-med	/	/	/	/
B88	Nourrisson	42,84	no	/	A	/	/	/	/	/
B96-1	Nourrisson	43,7	no	/	no	/	/	/	/	/
B97	Nourrisson	44,56	A	/	A	/	/	/	/	/
B102	Nourrisson	43,81	no	/	no	/	/	/	/	/
B109	Nourrisson	41,49	no	/	no	/	/	/	/	/
B114	Nourrisson	40,6	no	/	P	ant lat ?	/	/	/	/
B120	Nourrisson	41,46	no	/	no	/	/	/	/	/
B128	Nourrisson	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ202	Nourrisson	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ217	Nourrisson	45,96	P	ant-méd	P	ant-méd	P	ant-méd	P	ant-méd

Individu	Sous-classes	Âge central	Obs 1				Obs 2			
			Gauche		Droite		Gauche		Droite	
			A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région
PJ233	Nourrisson	44,97	A	/	A	/	/	/	A	/
PJ242	Nourrisson	NR	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ281	Nourrisson	42,84	no	/	no	/	/	/	/	/
PJ285	Nourrisson	43,58	P	ant-méd	P	ant-méd	P	ant-méd	P	ant-méd
PJ288	Nourrisson	46,63	A	/	no	/	/	/	/	/
PJ302	Nourrisson	44,91	A	/	A	/	/	/	/	/
PJ303	Nourrisson	43,87	no	/	A	/	/	/	A	/
S7	Nourrisson	46,59	no	/	no	/	/	/	/	/
S11	Nourrisson	45,84	A	/	A	/	/	/	/	/
S12.2	Nourrisson	43,87	A	/	A	/	/	/	/	/
S16	Nourrisson	44,2	no	/	no	/	/	/	/	/
S27	Nourrisson	45,98	no	/	no	/	/	/	/	/
S35	Nourrisson	44,79	A	/	no	/	A	/	/	/
S37	Nourrisson	43,18	A	/	A	/	/	/	A	/
S41	Nourrisson	42,73	A	/	A	/	/	/	/	/
S43	Nourrisson	46,8	no	/	no	/	/	/	/	/
S45	Nourrisson	45,14	A	/	A	/	/	/	/	/
S47	Nourrisson	44,96	no	/	no	/	/	/	A	/
S51	Nourrisson	44,1	A	/	A	/	/	/	/	/
S60	Nourrisson	44,13	no	/	no	/	/	/	/	/
S66	Nourrisson	43,53	no	/	A	/	/	/	/	/
S71	Nourrisson	43,93	A	/	A	/	/	/	/	/
S72	Nourrisson	45,1	A	/	no	/	/	/	/	/
S73	Nourrisson	44,85	A	/	A	/	/	/	/	/

Individu	Sous-classes	Âge central	Obs 1				Obs 2			
			Gauche		Droite		Gauche		Droite	
			A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région	A / P	Région
B68	Jeune enfant	70	P	ant	P	ant	/	/	/	/
B72	Jeune enfant	55,4	P	ant-méd	no	/	/	/	/	/
B90	Jeune enfant	48,3	P	ant-méd	no	/	/	/	/	/
P210	Jeune enfant	3 à 5 m. pp	P	médio-lat	P	médio-lat	P	ant-méd	/	/
P222	Jeune enfant	7 s. à 4 m. pp	P	méd	P	méd	/	/	P	méd (ant)
P299	Jeune enfant	8 à 12 s. pp	no	/	P	ant-méd	/	/	P	ant-méd
P306	Jeune enfant	6 à 9,9 s. pp	P	ant-méd	no	/	/	/	/	/
S2	Jeune enfant	51,17	A	/	A	/	/	/	/	/
S32	Jeune enfant	102,6	A	/	no	/	/	/	/	/
S75	Jeune enfant	53,67	no	/	A	/	/	/	/	/



Nécropole 8B-51 – île de Sai

Catalogue de sépultures

Sujets décédés en période périnatale

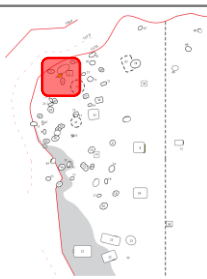
S3

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus G

23,3 / **24,2** / 25,2 s.a.

Sous-classe : grand-prématuré



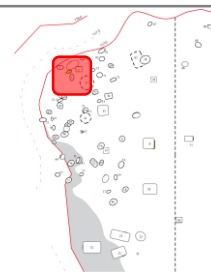
S4

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus G

37,6 / **39,1** / 40,6 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Pas de photo ou de relevé disponible

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : hyperfléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indéterminée

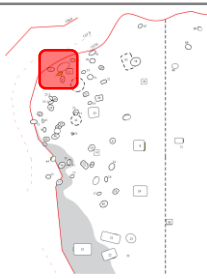
S5

Carré : A1

Âge diaphysaire : ulna G

39,5 / **41,2** / 43 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



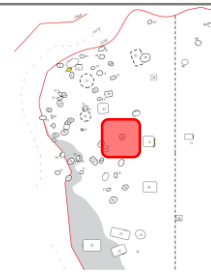
S6

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

39,5 / **41,2** / 42,9 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Pas de photo ou de relevé disponible



Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : indéterminé

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête à l'est nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : circulaire

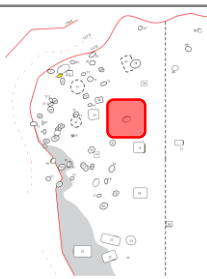
S7

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus G

44,8 / **46,6** / 48,4 s.a.

Sous-classe : nourrisson



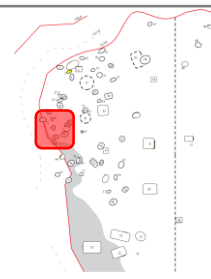
S9

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

39,7 / **41,3** / 43 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : bracelet, perle isolée

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

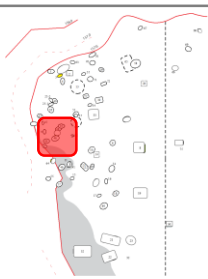
S10

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

38,3 / **39,8** / 41,5 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-ouest

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : cordelette

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté

Forme fosse : ovale

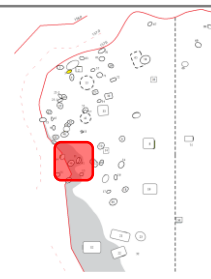
S11

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur D

44 / **45,8** / 47,7 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus dorsal

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : cordelette

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

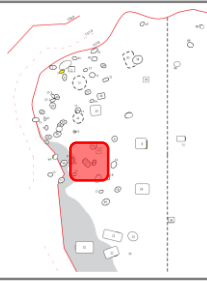
S12-1

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur D

39,9 / **41,6** / 43,3 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



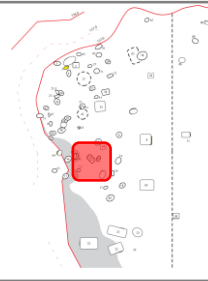
S12-2

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur D

42,1 / **43,9** / 45,7 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit avec comp. dorsale

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : végétal

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

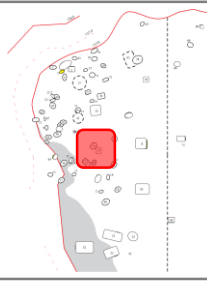
S14

Carré : A1

Âge diaphysaire : NR

NR

Sous-classe : périnatal strict



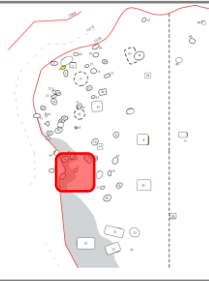
S15

Carré : B1

Âge diaphysaire : humérus G

40,4 / 42 / 43,6 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



SAI 99 8B 31 T.14



SAI 99 8B 31 T.15



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : indéterminé

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : extension

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

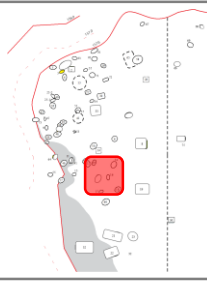
S16

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur D

42,4 / **44,2** / 46 s.a.

Sous-classe : nourrisson



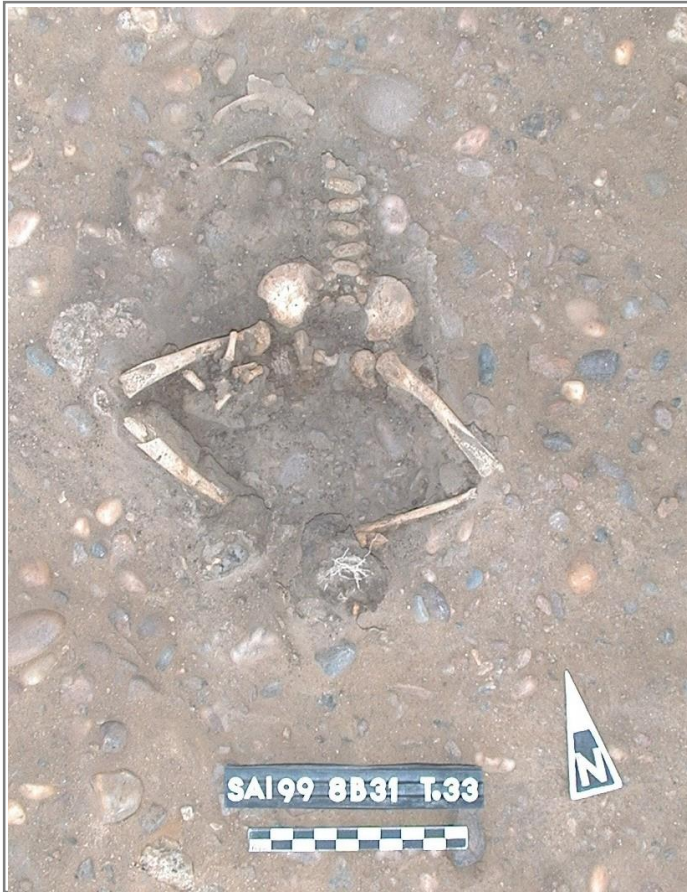
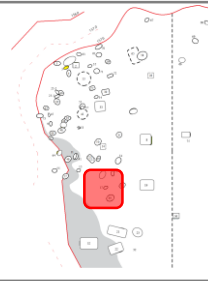
S17

Carré : B1

Âge diaphysaire : humérus G

37,5 / **39** / 40,5 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus dorsal

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : tissu

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus dorsal

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

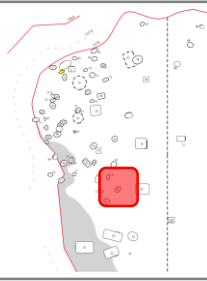
S18

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

37,5 / 39 / 40,6 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmatage progressif

Forme fosse : ovale

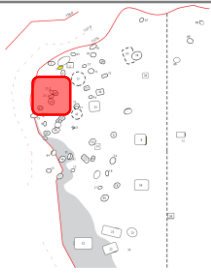
S25-1

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus G

40,9 / 42,5 / 44,2 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



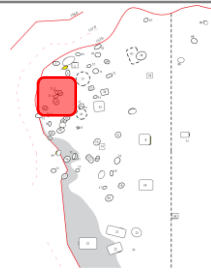
S25-2

Carré : A1

Âge diaphysaire : NR

NR

Sous-classe : périnatal strict



25-2

SAI 99 8B31 T.25

25-1

Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est-nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit avec comp. ventrale

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire perturbé

Orientation : tête au nord-ouest

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmatage progressif

Forme fosse : ovale

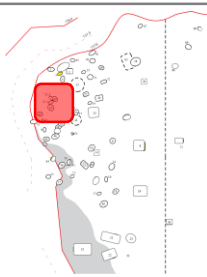
S26

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

39,3 / **40,9** / 42,6 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au sud-est

Dépôt : décubitus latéral droit avec comp. ventrale

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : extension

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : circulaire

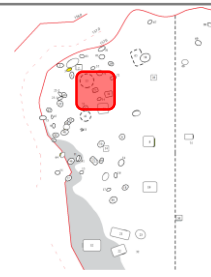
S27

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

44,1 / **46** / 47,9 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : indéterminé

Forme fosse : indéterminée

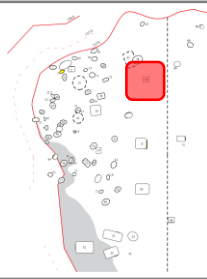
S28

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

39,4 / **41** / 42,7 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : rectangulaire

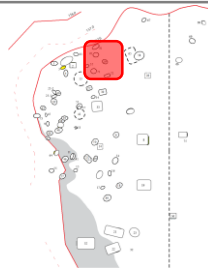
S29

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus D

40,2 / **41,8** / 43,4 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'ouest

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indéterminée

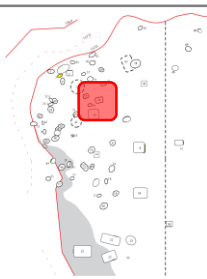
S30

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

39,7 / **41,3** / 43 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit avec comp. dorsale

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : rectangulaire

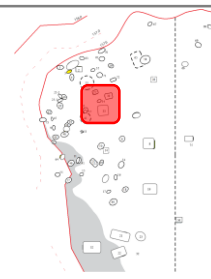
S34

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus D

37,8 / **39,3** / 40,8 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

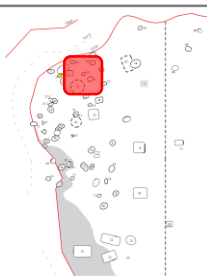
S35

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

43 / **44,8** / 46,6 s.a.

Sous-classe : nourrisson



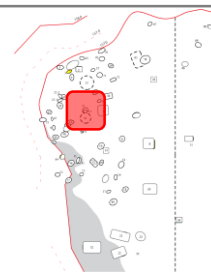
S37

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

41,5 / **43,2** / 45 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au sud-ouest

Dépôt : décubitus latéral droit avec comp. dorsale

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

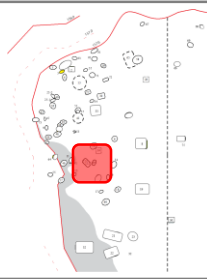
S39

Carré : B1

Âge diaphysaire : humérus G

40,6 / **42,2** / 43,9 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



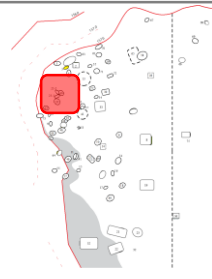
S40

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

40 / **41,7** / 43,4 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : indéterminé

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : indéterminé

Forme fosse : ovale

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au sud

Dépôt : procubitus avec comp. latérale droite

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : morceau d'ovicapriné

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

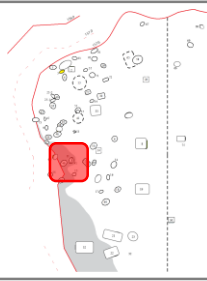
S41

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

41,1 / 42,7 / 44,5 s.a.

Sous-classe : nourrisson



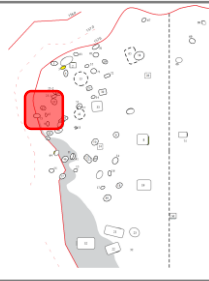
S43

Carré : A1

Âge diaphysaire : tibia G

44,9 / 46,8 / 48,8 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovalaire

Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté

Forme fosse : ovalaire

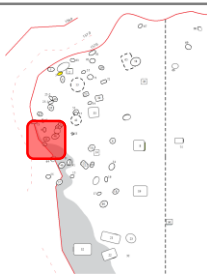
S44

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

37,1 / 38,7 / 40,2 s.a.

Sous-classe : périnatal



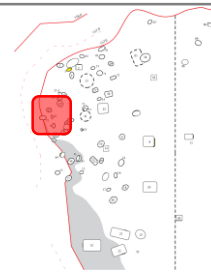
S45

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

43,4 / 45,1 / 47 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovalaire

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus dorsal

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : mixte

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovalaire

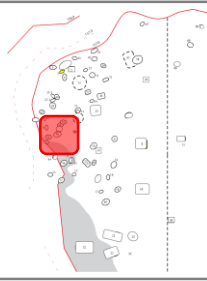
S46

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

40,5 / **42,2** / 43,9 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

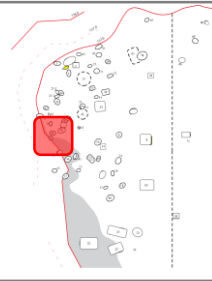
S47

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus D

43,3 / **45** / 46,7 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : indéterminé

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : hyperfléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté ?

Forme fosse : rectangulaire

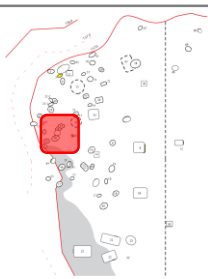
S48

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

38,7 / **40,3** / 41,9 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



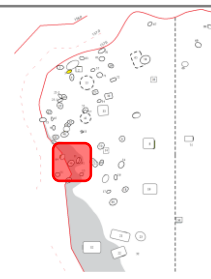
S49

Carré : B2

Âge diaphysaire : fémur G

40,1 / **41,7** / 43,4 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche avec comp. dorsale

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : mixte

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : rectangulaire



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus dorsal avec comp. lat. droite

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

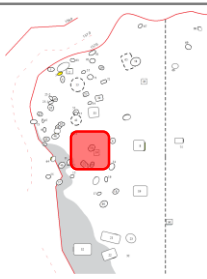
S50

Carré : A1

Âge diaphysaire : humérus D

35,6 / 37 / 38,4 s.a.

Sous-classe : faiblement prématuré



Données archéologiques :

État : secondaire perturbée

Orientation : indéterminée

Dépôt : indéterminé

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : cordelette

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : indéterminé

Forme fosse : ovalaire

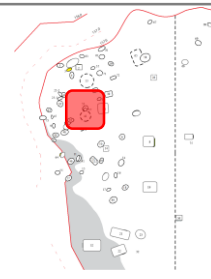
S51

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

42,4 / 44,1 / 45,9 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus dorsal

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : mixte

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovalaire

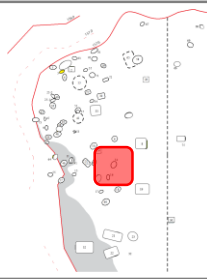
S54

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

40,6 / **42,3** / 44 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus dorsal avec comp. lat. droite

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

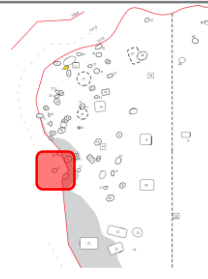
S55

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

39,6 / **41,2** / 42,9 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus dorsal avec comp. lat. droite

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indéterminée

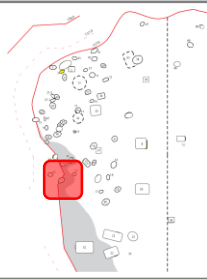
S57

Carré : B1

Âge diaphysaire : ulna D

38 / **39,7** / 41,4 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus dorsal avec comp. lat. droite

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovalaire

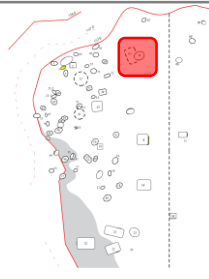
S58

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

40,3 / **42** / 43,8 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête au sud-est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovalaire

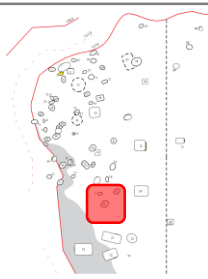
S60

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

42,3 / **44,1** / 46 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'ouest

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté

Forme fosse : ovalaire

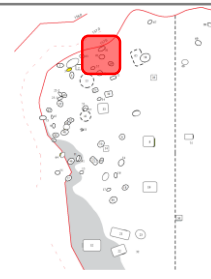
S61

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

40,7 / **42,4** / 44,1 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus dorsal avec comp. lat. gauche

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : collier de 5 perles au cou

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovalaire

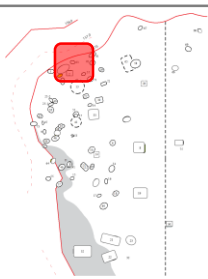
S63

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

40,4 / **42,1** / 43,8 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



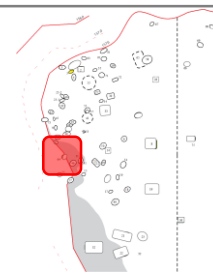
S64

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

25,2 / **26,2** / 27,3 s.a.

Sous-classe : grand prématuré



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : procubitus (3/4 ventral)

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovalaire

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovalaire

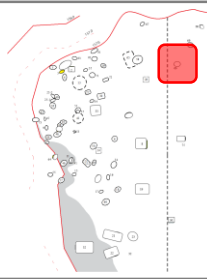
S66

Carré : A2

Âge diaphysaire : fémur D

41,8 / 43,5 / 45,3 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : tissu, 2 bracelets, amulette

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

S67

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

36,9 / 38,4 / 40 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord-est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

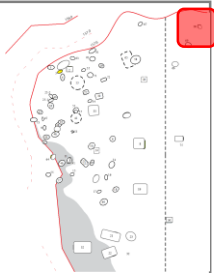
S68

Carré : A2

Âge diaphysaire : NR

NR

Sous-classe : périnatal strict



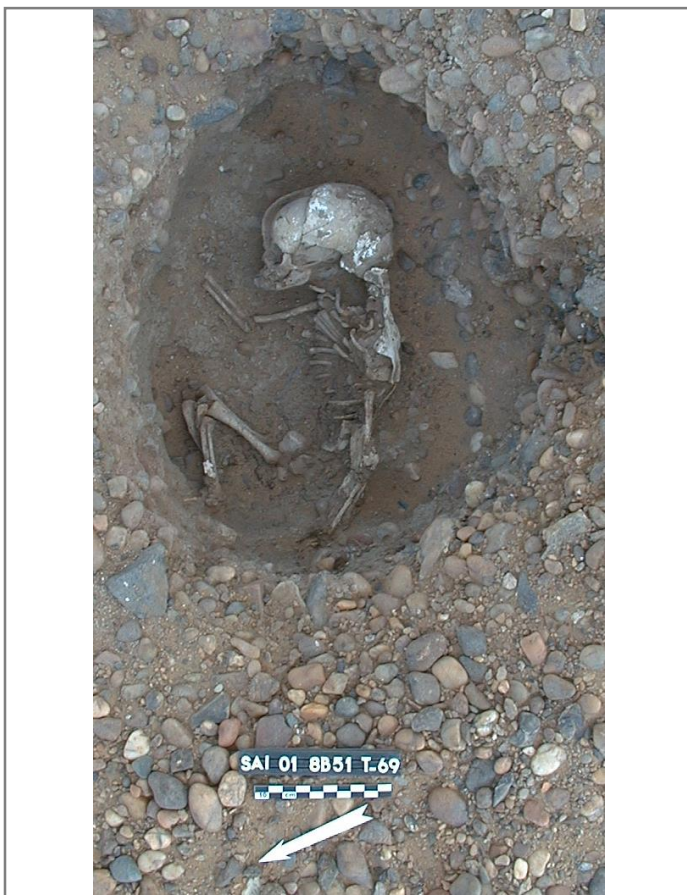
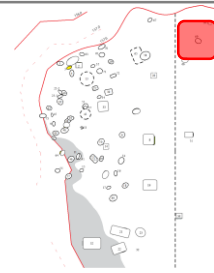
S69

Carré : A2

Âge diaphysaire : fémur G

40,6 / 42,2 / 44 s.a.

Sous-classe : périnatal strict



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'ouest

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : indéterminé

Forme fosse : indéterminée

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

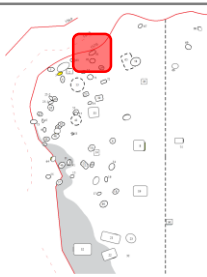
S70

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

34,9 / **36,3** / 37,8 s.a.

Sous-classe : faiblement prématuré



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au sud-ouest

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : indéterminée

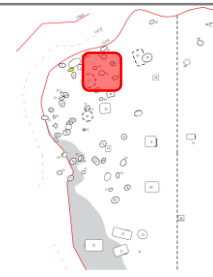
S71

Carré : A2

Âge diaphysaire : fémur D

42,2 / **43,9** / 45,7 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : procubitus 3/4 ventral

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : ovale

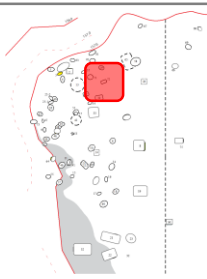
S72

Carré : A1

Âge diaphysaire : tibia G

43,3 / **45,1** / 47 s.a.

Sous-classe : nourrisson



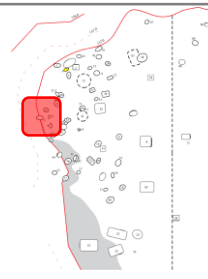
S73

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

43 / **44,9** / 46,7 s.a.

Sous-classe : nourrisson



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : rectangulaire

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : mixte

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : cordelette

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

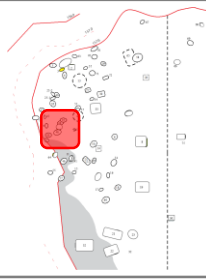
S74

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur G

24,9 / 26 / 27,1 s.a.

Sous-classe : grand prématuré



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit avec comp. dorsale

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : mixte

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : circulaire

Sujets décédés dans la petite enfance

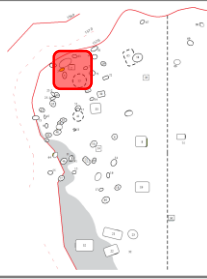
S2

Carré : A1

Âge diaphysaire : tibia G

12,3 / 12,8 / 13,3 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



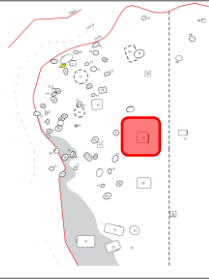
S8

Carré : A1

Âge diaphysaire : tibia D

18,5 / 19,2 / 20,1 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



*Pas de photo ou de
relevé disponible*

*Pas de photo ou de
relevé disponible*

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au sud

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : /

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indet.

Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : indet.

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : vases et colliers

Lit : oui

Interprétation :

Milieu de décomposition : indet.

Forme fosse : rectangulaire

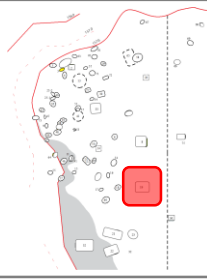
S19

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

25 / 26 / 27 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



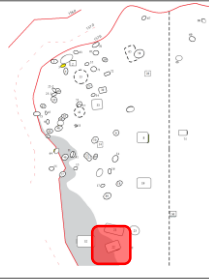
S22

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

31,3 / 32,6 / 33,9 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



Pas de photo ou de relevé disponible



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : fragments de céramique

Lit : oui

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : rectangulaire

Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : oui

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : rectangulaire

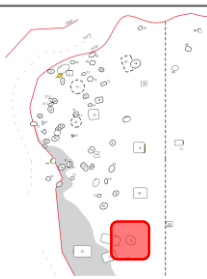
S23

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

20,7 / 21,6 / 22,5 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au sud-est

Dépôt : décubitus latéral gauche

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : morceau de céramique

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : circulaire

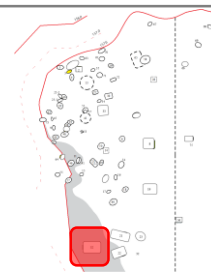
S32

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur G

24,6 / 25,6 / 26,7 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : indet.

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : vase et cordelette

Lit : oui

Interprétation :

Milieu de décomposition : indet.

Forme fosse : rectangulaire

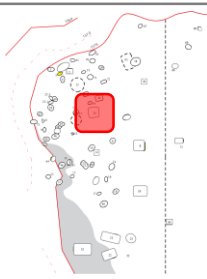
S33

Carré : A1

Âge diaphysaire : fémur D

14,6 / 15,2 / 15,8 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



Données archéologiques :

État : primaire intact

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : basse

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : vases, bracelets et amulette

Lit : oui

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

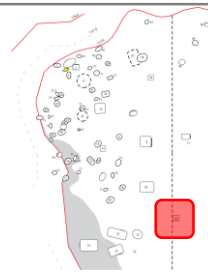
Forme fosse : rectangulaire

S36

Carré : B1

Âge diaphysaire : NR.

Sous-classe : jeune enfant



Données archéologiques :

État : primaire perturbée

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus dorsal

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : indet.

Matériel funéraire : tissu et perle

Lit : indet.

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté indet.

Forme fosse : indet.

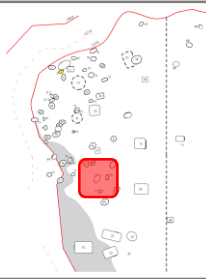
S56

Carré : B1

Âge diaphysaire : fémur D

12,3 / 12,8 / 13,3 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête au nord

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : amulette

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : ovale

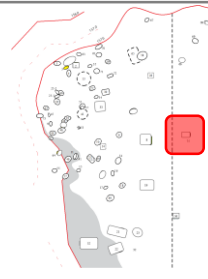
S75

Carré : A2

Âge diaphysaire : fémur G

12,9 / 13,4 / 14 m.l.

Sous-classe : jeune enfant



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : vase

Lit : non

Interprétation :

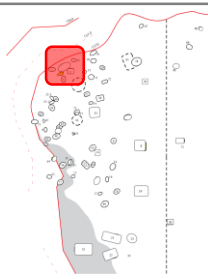
Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : rectangulaire

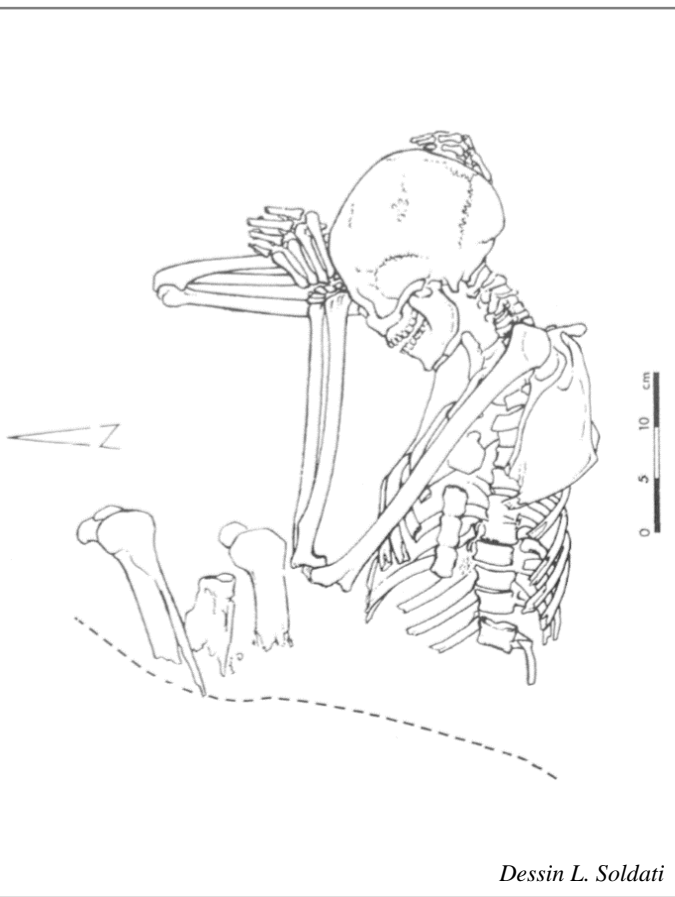
Adultes

S1

Carré : A1



Sous-classe : adulte



Dessin L. Soldati

Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : décubitus latéral droit

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : /

Lit : non

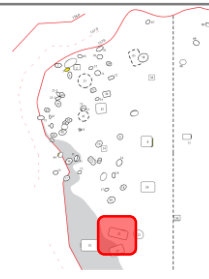
Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté non progressif

Forme fosse : indet.

S21

Carré : B1



Sous-classe : adulte



Données archéologiques :

État : primaire intacte

Orientation : tête à l'est

Dépôt : procubitus 3/4 ventral

Attitude des membres supérieurs : haute

Attitude des membres inférieurs : fléchis

Matériel funéraire : fragment de céramique

Lit : non

Interprétation :

Milieu de décomposition : colmaté progressif

Forme fosse : rectangulaire

Diversité biologique des enfants décédés en période périnatale et traitements funéraires au Kerma classique - Les exemples de la nécropole 8B-51 (Kerma classique, Nord Soudan) et des cimetières de Blandy-les-Tours (X^e-XII^e siècle, France) et de Provins (XIII^e-XVIII^e siècle, France)

En dépit des taux élevés de mortalité infantile dans les populations du passé, les sujets décédés en période périnatale ont longtemps été délaissés dans les travaux anthropologiques et paléanthropologiques. Alors que les analyses biologiques portant sur les individus adultes intègrent l'étude de la variabilité comme une composante majeure, rares sont celles permettant de replacer un individu décédé en période périnatale dans le cadre de la variabilité individuelle ou populationnelle de cette classe d'âge. Le présent travail se propose ainsi d'investir le sujet de la diversité métrique et non-métrique des sujets décédés entre 22 et 48 semaines d'aménorrhée à partir de l'étude biologique de 116 sujets de trois collections archéologiques (une kerma et deux médiévales et modernes) et d'une collection actuelle virtuelle comportant 364 individus. Un premier axe de recherche caractérise la variabilité des corpus dans ses composantes intra-individuelles, inter-individuelles, populationnelles, ainsi que du point de vue des corrélations à l'âge au décès. Un second axe de recherche vise à identifier des caractères permettant d'estimer l'état de morbidité et de vitalité à la naissance de l'individu, donnée déterminante pour le statut du sujet dans la société. Pour le premier axe, l'étude révèle des différences de conformation selon l'âge au décès et les groupes populationnels, de même que l'existence d'asymétries directionnelles et fluctuantes. Les résultats vont ensuite dans le sens d'une forte proximité biologique pour le groupe kerma, traduisant potentiellement une certaine endogamie, au contraire du groupe médiéval et moderne dont la diversité plus importante pourrait refléter des facteurs socio-géographiques ou séculaires. Le second axe de recherche a permis de souligner que la mécano-sensibilité des régions d'insertion musculaire apparaît comme un nouveau paramètre à considérer pour discerner les sujets ayant survécu à la naissance. L'étude de la collection kerma livre également la première identification en contexte archéologique d'un critère de morbidité spécifique, la côte surnuméraire cervicale. Enfin, le croisement des analyses biologiques et des données archéologiques de la nécropole 8B-51 de l'île de Saï, permet d'appréhender et de discuter les traitements funéraires dévolus à la classe d'âge périnatale au Kerma classique.

Mot clés : diversité biologique, bioarchéologie, période périnatale, mort-nés, nourrissons, variations anatomiques, asymétries fluctuantes et directionnelles, état sanitaire, morbidité, Kerma classique, Moyen-âge, Période moderne, pratiques funéraires.

Biological Diversity of Children Deceased in Perinatal Period and Funerary Treatments in the Classic Kerma - The examples of the necropolis 8B-51 (Classic Kerma, North-Sudan) and the cemeteries of Blandy-les-Tours (XIth-XIIth centuries, France) and Provins (XIIIth-XVIIIth centuries, France)

Despite the high rates of child mortality in past populations, subjects deceased in perinatal period were often neglected in bioarchaeological and paleoanthropology studies. Unlike biological analysis on adults, investigations on newborns rarely include individual or populational variability comparisons as a major component. In the present work, we will focus on metrical and non-metrical diversity of subject deceased between 22 and 48 amenorrhea weeks, based on the biological study of 116 subjects from three archaeological collections (one kerma and two medieval and modern) and one current virtual collection with 364 individuals. The first research axis characterizes the intra-individual, inter-individual and populational variability, and differences by age at death in both samples. The second line of research aims to identify criteria making it possible to estimate individual morbidity and live birth on dry bones, informations that are needed to understand the child's position in society. Biological studies reveal for the first research axis shape differences by age at death and populations, as well as the existence of directional and fluctuating asymmetries. Results provide evidences of strong biological proximity in the kerma group, potentially indicating of endogamy. On the contrary, the diversity of the medieval and modern group appears broader and could reflect socio-geographical factors or secular trends. The second line of research reveals the mechanical sensitivity of muscular insertions as a key parameter for tracking of live-born subjects. The study of the kerma collection provides the first archaeological identification of the supernumerary cervical rib, detected as a morbidity criterion in perinatal period. Lastly, crossing of biological and archaeological data on the 8B-51 necropolis provides an interpretative framework for funerary treatments dedicated to the perinatal age group in Classic Kerma.

Keywords: biological diversity, bioarcheology, perinatal period, still births, newborns, anatomical variations, fluctuating and directional asymmetries, health status, morbidity, Classic Kerma, Middle-age, Modern period, funerary practices.