Bioarchéologie des sujets immatures de quatre nécropoles du haut Moyen Âge européen : méthodes d'étude du développement et des interactions biologie/culture

Virginie Garcin

▶ **To cite this version:**

Virginie Garcin. Bioarchéologie des sujets immatures de quatre nécropoles du haut Moyen Âge européen : méthodes d'étude du développement et des interactions biologie/culture. Sciences de l'Homme et Société. Université de Bordeaux I, 2009. Français. NNT : . tel-00476890

HAL Id: tel-00476890

https://theses.hal.science/tel-00476890

Submitted on 27 Apr 2010

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.

N° d'ordre : 3864

THÈSE

PRÉSENTÉE À

L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES ET ENVIRONNEMENTS

Par Virginie GARCIN

POUR OBTENIR LE GRADE DE
DOCTEUR

Spécialité : ANTHROPOLOGIE BIOLOGIQUE

BIOARCHÉOLOGIE DES SUJETS IMMATURES DE QUATRE NÉCROPOLES DU HAUT MOYEN ÂGE EUROPÉEN : MÉTHODES D'ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT ET DES INTERACTIONS BIOLOGIE/CULTURE

Soutenue le : 09 novembre 2009

Après avis de :
- Mme Eugénia CUNHA
- Mme Louise HUMPHREY

Devant la commission d'examen formée de :
- M. Bruno MAUREILLE, Directeur de Recherche au CNRS, Université Bordeaux 1, *Président*
- M. Jaroslav BRUZEK, Directeur de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA, *Directeur*
- M. Pascal SELLIER, Chargé de Recherche au CNRS, UMR 5199 PACEA, *Directeur*
- Mme Eugénia CUNHA, Professeur, Université de Coimbra (Portugal), *Rapporteur*
- Mme Louise HUMPHREY, Chercheur, Muséum d'Histoire Naturelle de Londres (UK), *Rapporteur*
- Mme Anne-Marie GUIHARD-COSTA, Directeur de Recherche au CNRS, UPR 2147, *Examinateur*
- Mme Isabelle RIBOT, Professeur adjointe, Université de Montréal (Canada), *Examinateur*
- M. Pascal ADALIAN, Maître de Conférences, Université de la Méditerranée, *Examinateur*

REMERCIEMENTS

Ce travail de thèse m'a permis de collaborer avec un grand nombre de personnes et d'institutions qui ont toutes contribué à sa réalisation et sans lesquelles ce travail n'aurait certainement pas pu être mené à terme. C'est avec plaisir que je les remercie maintenant pour l'aide et le soutien qu'ils m'ont tous apportés.

Mes remerciements vont en tout premier lieu aux personnes ayant accepté d'être membres de mon jury. Plus particulièrement, j'exprime ma gratitude envers Louise Humphrey et Eugénia Cunha qui ont bien voulu être les rapporteurs de ce travail. Je remercie également Anne-Marie Guihard-Costa, Isabelle Ribot, Pascal Adalian et Bruno Maureille de s'être joints à ce jury.

Je suis reconnaissante à Anne-marie Tillier puis Bruno Maureille pour m'avoir accueillie au sein du Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, UMR 5199 PACEA, et pour m'avoir procuré les meilleures conditions de travail, indispensables pour mener à bien cette étude. C'est aussi grâce à vous, Anne-marie, que mon intérêt pour les sujets immatures s'est développé au point d'en faire mon sujet de recherche.

Mes pensées se dirigent à présent vers Jaroslav Bruzek et Pascal Sellier, directeurs de cette thèse. Sans votre soutien sans faille et votre aide complémentaire, ce travail n'aurait pas pu aboutir. Nos discussions ont toujours été constructives et profitables et notre trio est à mon avis des plus réussi ! L'esprit critique que j'ai pu développer ainsi que la rigueur scientifique sont sans aucun doute le fruit de votre enseignement. La force de nos caractères a fait parfois quelques étincelles, mais n'est-ce pas de là que vient la lumière ? Et c'est avec humour et bonne humeur que nous avons toujours mené nos discussions et réglé nos différends. Merci enfin de votre confiance.

La réalisation de ce travail est jalonnée de collaborations et de rencontres qui l'ont nourri, enrichi et peaufiné. Je tiens donc à remercier en premier lieu les personnes qui m'ont permis l'accès aux collections et leur étude :

- J'exprime ma reconnaissance envers Petr Velemínsky, responsable du Département d'anthropologie et des collections du Musée National de Prague. L'accès aux deux fabuleuses populations moraves que sont Mikulčice-Kostelisko et Prušánky 1 a permis de constituer mon corpus principal de données.
- Ce travail a été enrichi par l'accès à la collection de Cherbourg grâce à Armelle Alduc-Le Bagousse et Pierre Bauduin (directeur du CRAHAM, FRE 3119 à Caen).
- Enfin, les comparaisons n'auraient pas été complètes sans les données de la collection de Norroy-le-Veneur qu'il m'a été donné d'étudier par Arnaud Lefebvre (INRAP, Metz).

L'accès aux collections est une chose, la confiance que vous m'avez tous accordée en est une autre. Je vous suis sincèrement reconnaissante pour votre accueil, pour les discussions toujours enrichissantes, alors que nous travaillons parfois sur des sujets éloignés, pour votre aide et tout ce que vous m'avez apporté. Mais vous n'êtes pas seuls à avoir contribué à cet accueil. Mes sincères et chaleureux remerciements à (l'ordre n'a pas d'importance) : Petra Havelková pour ton amitié et tous les commérages lors de mes missions à Prague, Jana Velemínská pour avoir

supporté mes sautes d'humeur et tout le personnel de Horní Počernice pour leur sourire et l'aide apportée malgré la barrière de la langue. Une gratitude équivalente va envers Cécile Niel et tous les membres du CRAHAM (je vous dois un café). Enfin, je suis également reconnaissante au personnel de l'INRAP pour son accueil lors de la mission à Metz et de sa présence pour toutes les questions complémentaires (après le café, merci pour les pâtisseries !).

Ce travail a été également réalisé à travers deux projets européens, le projet Eco-Net n° 16368PB et le projet Barrande n° 19512ZF. Merci à Dominique Castex et Jaroslav Bruzek de m'avoir fait prendre part à ces projets. Ils ont permis notamment de financer une partie de mes missions (en plus de ma bourse ministérielle) mais au-delà de la contribution financière, de larges collaborations se sont mises en place, qui j'espère perdureront après ce travail.

Enfin, toujours dans le cadre de la réalisation, ma gratitude va envers Maryelle Bessou et Marek Jantač pour le grand nombre de vestiges qui ont été radiographiés spécialement pour cette étude. Votre rapidité et la qualité des clichés m'ont été précieuses. Merci également à Alena Šefčáková et Milan Thurzo pour l'accès aux données sur les adultes de Norroy mais aussi pour les bons moments passés à Metz. L'accès aux données sur les hypoplasies de l'émail dentaire de Pavel Trefny m'a permis d'évaluer les erreurs inter-observateurs de manière fiable.

Sans une aide efficace pour les analyses statistiques et le traitement des données, ce travail n'aurait jamais abouti ! Toutes mes pensées vont premièrement à Francis Houët, malheureusement parti trop tôt. Il m'a donné le goût de la statistique et de la rigueur dans la validation des résultats. Sans son initiation aux rudiments de Statistica®, j'en serais restée au stade des balbutiements.

Dans un second temps, je me tourne désormais vers la personne qui a été le pilier des analyses mathématiques et de la réflexion scientifique dans cette étude. Je n'ai pas de mots assez forts pour remercier Veijo Honkimaki grâce à qui, l'ESA a pu se concrétiser et mes connaissances en mathématique ont pu être multipliées par 1000 (remarque, ce n'est pas difficile, à voir d'où je suis partie).

Dans un registre un peu plus éloigné, je tiens à remercier l'équipe d'enseignement de l'université d'été à Odense (Danemark) : Jesper Boldsen, George Milner, Jutta Gampe, Svenja Weise, Ulla Freund et Hans Petersen. Vous m'avez tous appris de nombreuses notions tant ostéologiques que statistiques. Une attention particulière à Jesper Boldsen et George Milner pour votre diagnostic sur le sujet lépreux (confirmé par la suite par Helen Donoghue). Merci également de m'avoir permis l'utilisation de vos programmes sous R, notamment en paléodémographie. Connaître le point de vue d'une autre école que la sienne est toujours très formateur.

Merci également à Benjamin Gonzalez, qui m'a souvent facilité la vie en m'aidant à développer des macros sous Microsoft® Excel depuis mon mémoire de Master 2. Des petits riens pour toi, une grande aide pour moi.

Pour terminer cette partie sur le traitement des données, j'exprime ma reconnaissance envers Pascal Murail qui, par ses subtiles questions et son raisonnement aigu, m'a permis de faire avancer ma réflexion et de nourrir mes interrogations.

Ce travail de thèse est aussi l'aboutissement de la formation complète que j'ai reçue par le Master Anthropologie biologique et Préhistoire de l'Université Bordeaux 1. Je remercie donc

tous les enseignants qui m'ont donné goût à cette spécialité et plus particulièrement Pascal Murail, Christine Couture, José Braga, Marie-France Deguilloux, Catherine Ferrier et Jacques Jaubert. Formée puis maintenant formatrice, j'espère réussir à motiver les étudiants à l'image de votre encadrement.

Ma gratitude la plus profonde est dirigée en dernier lieu vers mes proches et les personnes qui m'ont soutenue quotidiennement. A mes compagnons de fortune, qui ont passé l'étape du doctorat avant moi, qui y sont encore ou qui ont pris un autre chemin : Vincent, Gwen, Yasemin, Sabine, Priscilla, Caroline, Sébastien, Ronny, Zuzana, Joyce, Nathalie, Aline, Pierre, Célimène et Aurélie. Merci à tous pour m'avoir supportée, des coups de gueule aux moments euphoriques.

Mes amis m'ont également été d'une grande aide. J'ai pu grâce à vous prendre des bols d'air dans mon quotidien et avoir des gens sur qui compter. Je suis plus que reconnaissante envers les membres ma famille qui, malgré leur éloignement, ont toujours été présents, à l'écoute et qui sont entrés, tour à tour, à leur manière, dans le monde de la recherche (notamment merci à maman pour les traductions depuis l'allemand). Vous m'avez donné le courage et la force d'accomplir ce travail. Enfin, à celui qui partage ma vie depuis bientôt cinq ans, et qui a vécu au jour le jour (les bons comme les mauvais) l'accomplissement de ce travail.

Enfin, à tous ceux qui ont croisé ma route durant ces trois ans et que je n'ai pas mentionné.

Toute ma gratitude vous revient à tous, merci.

***

A ma grand-mère,

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS 3

PRÉAMBULE 21

PARTIE1 : CONTEXTE, MATÉRIEL ET OBJECTIFS 23

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION & PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE 25

I. LES ENFANTS EN ANTHROPOLOGIE ET EN BIOARCHÉOLOGIE 25
1. ÉTAT DES LIEUX 26
a. Définitions 26
b. Divers thèmes pour diverses études 27
2. AVANTAGES DE L'ÉTUDE DES SUJETS IMMATURES 31
3. PRINCIPALES LIMITES 32
4. PERSPECTIVES ACTUELLES 35
II. CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET PROBLÉMATIQUE 37
1. UN CADRE ARCHÉOLOGIQUE VALORISANT 37
2. QU'EST-CE QU'UN ENFANT ? LES SUJETS NON-ADULTES AU CŒUR DU SUJET 37
a. L'enfant biologique 38
b. L'enfant culturel 38
c. Evolution des perceptions de l'enfance 39
3. PROBLÉMATIQUE 40
a. Synthétique 40
b. Méthodologique 40
c. De l'individu à la population 40

CHAPITRE 2 : LES COLLECTIONS ÉTUDIÉES : CONTEXTE HISTORIQUE ET NATURE DES ÉCHANTILLONS 43

I. LE HAUT MOYEN ÂGE EN EUROPE. MOUVEMENTS ET RÉORGANISATION DES SOCIÉTÉS 43
1. GÉNÉRALITÉS 43
2. ENVIRONNEMENT 44
3. ORGANISATION 45
II. LES COLLECTIONS ÉTUDIÉES : ENVIRONNEMENT ET MILIEUX SOCIOÉCONOMIQUES CONTRASTÉS 46
1. L'EMPIRE DE GRANDE MORAVIE : LES COLLECTIONS TCHÈQUES 46
a. Place et organisation de l'Empire de Grande Moravie en Europe 46
b. Mikulčice, l'agglomération en expansion 47
c. Prušánky, l'ensemble rural 53
2. LA FRANCE CAROLINGIENNE, UNE POPULATION ORGANISÉE 56
a. Situation française entre le 8e et le 10e siècle 56
b. Cherbourg Notre-Dame, une nécropole urbaine 56
c. Quel(s) parallèle(s) possible(s) avec le haut Moyen Âge slave ? 60
III. ÉVOLUTION DIACHRONIQUE ET RÉFÉRENCES 61
1. LA NÉCROPOLE DE NORROY-LE-VENEUR : COMPARAISONS DIACHRONIQUES 61
a. Un site en amont chronologiquement des autres 61
b. Intérêt pour notre étude 61

c. Échantillon étudié 62
2. La collection documentée de Spitalfields 64
a. De l'importance d'un échantillon de référence dans les études méthodologiques 64
b. La population : son histoire, sa structure et son mode de vie 65
c. L'échantillon et les données utilisées pour l'étude 66

CHAPITRE 3 : OBJECTIFS ET PROTOCOLE D'ÉTUDE 69

I. Objectifs 69
1. Les sujets immatures : un nécessaire traitement spécifique 69
2. L'enfant biologique (ostéologique) *vs.* l'enfant socio-culturel : quelles interactions ? 70
a. Caractériser, déterminer, quantifier 70
b. De l'individu à la population 71
3. Une autre approche des individus immatures en bioarchéologie 73
a. Développer, rendre les analyses spécifiques et fiables 73
b. Ouvrir la discussion bio-archéologique 73
II. Protocole d'étude et statistiques usuelles 74
1. Enregistrement et validation des données 74
a. Fiches de conservation 74
b. Pour un enregistrement objectif 75
c. Qualité et validation des données, hypothèses *a priori* 78
2. Outils statistiques usuels 82
a. Tests paramétriques et non-paramétriques 82
b. Comparaisons inter-sites et analyses multivariées 83
c. Les régressions et leurs ajustements 84

PARTIE 2 : BIOLOGIE, TRAJECTOIRES DE CROISSANCE ET APPORTS MÉTHODOLOGIQUES 85

CHAPITRE 4 : IDENTIFICATION BIOLOGIQUE DES INDIVIDUS 87

I. Discussion autour de l'estimation du sexe 87
1. Sexer par la dentition 87
2. Sexer par la morphologie du squelette 88
3. ADN et estimation du sexe 88
II. Discussion autour de l'estimation de la stature 89
III. Estimation de l'âge 90
1. Estimation de l'âge dentaire 90
a. Méthodes choisies 91
b. Erreurs intra-observateurs 92
c. Résultats sur nos collections 93
2. Estimation de l'âge squelettique 93
a. Méthodes retenues pour les comparaisons 94
b. Validation des données 95
c. Résultats pour les 5 collections 98
3. Le cas particulier des tout-petits 99
a. Méthodes appliquées 99
b. Résultats 100
4. Comparaisons, âge et classes retenus 100
IV. L'estimation secondaire de l'âge : de l'empirisme à la méthode concrète proposée 104
1. Estimation de l'âge des individus immatures : à chacun sa « cuisine » 104

2. UNE MÉTHODE ADAPTÉE AUX ÉCHANTILLONS ARCHÉOLOGIQUES 104
3. FONDEMENTS STATISTIQUES 105
a. Étape 1 : estimation de l'âge dentaire (appelé par la suite « âge primaire ») 106
b. Étape 2 : variabilité intra-population et hypothèses *a priori* 106
c. Étape 3 : estimation de l'âge secondaire (ESA) 106
4. RÉSULTATS SUR LA COLLECTION DE RÉFÉRENCE DE SPITALFIELDS 110
5. RÉSULTATS SUR LES COLLECTIONS DU HAUT MOYEN ÂGE 113
6. PRÉCISION ET FIABILITÉ : TOUT DÉPEND DES OBJECTIFS DÉSIRÉS 114
V. SYNTHÈSE 116

CHAPITRE 5 : MENSURATIONS ET CONFORMATION, CARACTÉRISATION DES VARIABILITÉS INDIVIDUELLES ET INTER-POPULATIONS 117

I. VARIABILITÉ INTRA- ET INTER-POPULATIONNELLE 117
1. INTÉRÊT DES COEFFICIENTS DE VARIATION 117
a. Au sein des populations 118
b. Entre les populations 118
2. VARIABILITÉ DU FORMAT : LES CARACTÉRISTIQUES MÉTRIQUES 120
a. Quatre populations à définir 120
b. Comparaisons inter-populations 123
3. SYNTHÈSE SUR LA VARIABILITÉ 126
II. LES INDICES ANTHROPOMÉTRIQUES : UN AUTRE POINT DE VUE 127
1. INDICES UTILISÉS ET INTÉRÊT 127
2. ANALYSE STATISTIQUE 127
3. RÉSULTATS 128
4. SYNTHÈSE SUR LES INDICES 133
III. RELATIONS D'ALLOMÉTRIE DU SQUELETTE : UN RÉEL AFFRANCHISSEMENT DE L'ÂGE ESTIMÉ ? 133
1. MÉTHODES ET APPROCHES STATISTIQUES 134
2. RÉSULTATS 135
a. Identification des relations 135
b. Allométrie de croissance ou influence de la taille et de l'âge ? 137
c. Comparaisons inter-populations 141
3. VERS DES CLASSES D'ÂGE PLUS BIOLOGIQUES ? 142
4. SYNTHÈSE SUR LES MESURES ET LA CONFORMATION 146

CHAPITRE 6 : CROISSANCE ET POPULATION DU PASSÉ : ÉTAT DE LA QUESTION, DÉSILLUSIONS ET PERSPECTIVES 147

I. LES COURBES CLASSIQUES 147
1. MÉTHODES ET AJUSTEMENTS CHOISIS 147
2. RÉSULTATS 148
3. LIMITES ET INFLUENCE DE L'ÉCHANTILLON 153
II. LES ADULTES MIS EN JEU 155
1. DONNÉES BRUTES 155
a. Mise en œuvre 155
b. Résultats 155
2. POURCENTAGE D'ATTEINTE DU FORMAT 156
a. Calcul des fréquences et comparaisons 157
b. Résultats 157
3. APPORT DU POURCENTAGE D'ATTEINTE DU FORMAT ET COMPARAISONS 159

III. LES COURBES FRACTIONNÉES, APPORT INFORMATIF OU RÉSULTAT STATISTIQUE ? 161
1. MODÈLE MATHÉMATIQUE ET FONDEMENTS STATISTIQUES 161
2. UNE INFORMATION FIABLE ? RÉSULTATS 162
3. IMPORTANCE DES INDIVIDUS DE MOINS DE DEUX ANS 163
4. INFORMATION BIOLOGIQUE OU RÉSULTAT STATISTIQUE ? 164
IV. DES TRAJECTOIRES DE CROISSANCE POPULATIONNELLES COMPARABLES 164
1. DES DONNÉES À ÉPURER 164
a. Les stades de minéralisation dentaire : un « âge » moins biaisé 165
b. La variabilité intra-population prise en considération 169
2. LIMITES MATHÉMATIQUES, PERSPECTIVES BIOLOGIQUES 171
a. Modélisations : pertes ou gain d'information ? 171
b. Modélisation des stades de transition 175
c. Résultats : un exemple 178
V. LA CROISSANCE DES POPULATIONS DU PASSÉ : DÉSILLUSIONS ET PERSPECTIVES 178

CHAPITRE 7 : INDICATEURS DE STRESS BIOLOGIQUE, PATHOLOGIES ET TRAUMATISMES 181

I. LES INDICATEURS DE STRESS NON-SPÉCIFIQUES 181
1. HYPOPLASIES DE L'ÉMAIL DENTAIRE 182
a. Manifestations, avantages et limites d'étude 182
b. Evaluation et système de cotation 183
c. Erreurs intra- et inter-observateurs 183
d. Fréquences et aspects qualitatifs intra-population 185
e. Analyses inter-populations 189
f. Influence de l'âge au décès 190
2. L'HYPEROSTOSE POREUSE 192
a. Définition et limites 192
b. Fréquences intra-populations 193
c. De l'anecdotique au représentatif d'un problème réel et récurrent 194
3. DISCUSSION AUTOUR DES AUTRES MARQUEURS USUELLEMENT ACCEPTÉS 194
a. Les *cribra orbitalia* 194
b. Les lignes de Harris 195
c. Les réactions du périoste 195
II. PATHOLOGIES ET TRAUMATISMES 196
1. LES LÉSIONS CARIEUSES 196
a. Intérêts et limites 196
b. Enregistrement et cotations 196
c. Erreurs intra- et inter-observateurs 197
d. Calibrations 198
e. Analyse des fréquences 199
f. Caractéristiques des lésions 201
2. AUTRES PATHOLOGIES ET TRAUMATISMES 203
a. Limites chez les individus immatures 203
b. Discussion générale sur les cas rencontrés 204
c. L'individu n° 188 de Prušánky : un diagnostic positif de la lèpre 207
III. LES SÉQUENCES DE MINÉRALISATION DENTAIRES : UN OUTIL INTERPRÉTATIF SUPPLÉMENTAIRE 212
1. RÉSULTATS POUR LES HYPOPLASIES DE L'ÉMAIL DENTAIRE 212
a. Intérêt dans l'étude de l'indicateur de stress non-spécifique 212
b. Comparaisons et résultats 212
2. LES LÉSIONS CARIEUSES : UNE NOUVELLE CALIBRATION À NE PAS NÉGLIGER 214
3. INTÉGRATION DES DONNÉES AVEC LA POPULATION ADULTE ? 215

IV. INTERPRÉTER DES DONNÉES SUR L'ÉTAT SANITAIRE GÉNÉRAL D'UNE POPULATION 216
1. UN ENVIRONNEMENT DÉFAVORABLE ? 216
2. DIFFÉRENCES BIOLOGIQUES SYNONYMES DE MODES DE VIE CONTRASTÉS ? 217

PARTIE 3 : MILIEUX, CONDITIONS SOCIO-CULTURELLES ET MODES DE VIE 219

CHAPITRE 8 : APPROCHE ARCHÉO-ANTHROPOLOGIQUE ET PLACE DES INDIVIDUS IMMATURES DANS LES SOCIÉTÉS DU HAUT MOYEN ÂGE 221

I. GESTES ET PRATIQUES FUNÉRAIRES 221
1. ORGANISATION GÉNÉRALE DES CIMETIÈRES 221
a. Organisation spatiale 221
b. Place des inhumations d'immatures 222
2. MODALITÉS D'INHUMATIONS 223
a. Caractéristiques générales des fosses 224
b. Caractéristiques des inhumations : orientation, position et milieu de décomposition des défunts 227
c. Association et remaniements de défunts 232
3. MOBILIER, DÉPÔTS ET PARURES FUNÉRAIRES 236
a. De la simplicité à une richesse exubérante 236
b. Synthèse par site 236
c. Des données comparables ? Discussion sur la place des enfants dans ces sociétés 242
II. APPROCHE PALÉODÉMOGRAPHIQUE ET RECRUTEMENT DES POPULATIONS INHUMÉES 243
1. POUR OU CONTRE LA PALÉODÉMOGRAPHIE ? UN BREF ÉTAT DES LIEUX 243
a. Ce qu'il existe ; les débats actuels 243
b. Biais inhérents à ce type d'étude et perspectives de résolution 244
SUR LA PROBLÉMATIQUE 247
SUR LES MÉTHODES 248
2. OUTILS POUR L'INTERPRÉTATION DES ANOMALIES DÉMOGRAPHIQUES 249
a. Hypothèses *a priori* 249
b. Tables de mortalité 250
c. Comparaisons à diverses tables-types 251
3. RECRUTEMENT DE LA POPULATION IMMATURE INHUMÉE 253
a. Minimalisation des anomalies : de réelles différences ? 253
b. La place des individus immatures dans la population globale, autres indicateurs démographiques 255
c. Comparaisons inter-populations 258

CHAPITRE 9 : SYNTHÈSE & DISCUSSION : LES ENFANTS SONT-ILS LE REFLET DES CONDITIONS SOCIOCULTURELLES DES POPULATIONS AUXQUELLES ILS APPARTIENNENT ? 261

I. VERS UNE APPROCHE SYSTÉMATIQUE DE LA POPULATION DANS SON ENSEMBLE 261
1. UN SCHÉMA INTERPRÉTATIF DES POPULATIONS IMMATURES 261
a. Synthèse de l'étude biologique 261
b. Synthèse de l'étude archéologique et paléodémographique 264
c. Apport des analyses populationnelles 264
2. LES ENFANTS EN CONTEXTE RURAL, PÉRIURBAIN ET URBAIN 265
a. Synthèse des comparaisons inter-sites 266
b. Analyses discriminantes et variables ségrégatives 268
c. Le diagramme d'Ishikawa 269
d. Discussion : pouvoir discriminant des enfants dans les populations du passé 272
II. LA BIOARCHÉOLOGIE DES ENFANTS : ACQUIS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES 273

1. UN CONTEXTE 273
2. DES MODALITÉS BIOLOGIQUES ET CULTURELLES 275
a. Comprendre 275
b. Caractériser 278
c. Développer 279
3. UNE INTERDÉPENDANCE DES FACTEURS DÉFINISSANT UNE POPULATION 281
a. Une question d'âge ? 281
b. Peuplement et environnement 282
c. Une population : définition et désorganisation 282

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 285

BIBLIOGRAPHIE 289

ANNEXES 325

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Synthèse des thématiques abordées par les études sur le développement de l'enfant d'hier à aujourd'hui ____ *29*
Tableau II : Composition des collections étudiées, effectifs par site. Les données n'ayant pas été directement mesurées sont suivis d'un astérisque. Spitalfields ne rentre pas dans le décompte des individus car il sert d'échantillon de référence* ____ *67*
Tableau III : Proportion d'individus par site pour lesquels un âge dentaire a pu être estimé ____ *93*
Tableau IV : Proportion d'individus par site pour lesquels un âge squelettique a pu être estimé ___ *98*
Tableau V : Nombre d'individus pour lesquels un âge squelettique a pu être précisé (4 collections confondues) ____ *100*
Tableau VI : Exemple de résultat pour l'estimation de l'âge secondaire de l'individu n°1915 de Mikulčice ____ *110*
Tableau VII : Principaux résultats en termes de précision et de fiabilité des estimations obtenues selon les 12 combinaisons testées (en gras, les précisions retenues pour discussion) ____ *111*
Tableau VIII : Comparaisons entre les différentes méthodes d'estimation de l'âge sur l'échantillon de Spitalfields ____ *112*
Tableau IX : Résultats de l'estimation de l'âge secondaire dans les 4 populations du haut Moyen Âge ____ *113*
Tableau X : Variabilité des mensurations pour les 4 collections du haut Moyen Âge. Les CV sont indiqués entre parenthèses (définition des mesures : annexes A3 et A4, p. 330) ____ *118*
Tableau XI : Répartition des individus par classe d'âge et par site ____ *119*
Tableau XII : Mensurations ayant un coefficient de variation significativement plus grand par site et par classe d'âge (/ pour pas de différence significative, définition des mesures annexes p. 330) ____ *119*
Tableau XIII : Mesures conduisant à des différences significatives dans l'ensemble des comparaisons (ANOVA, comparaisons des sites deux à deux, définitions des mesures en annexe, p. 330 sqq. 125
Tableau XIV : Coefficients de détermination (r^2), de corrélation (r), p value du test de corrélation et équation avec ajustement linéaire de la Figure 23 ____ *129*
Tableau XV : Coefficients de détermination (r^2), de corrélation (r), p value du test de corrélation et équation avec ajustement linéaire de la Figure 24 ____ *130*
Tableau XVI : Indices différant de manière significative pour les individus juvéniles (définition des indices, annexe A19 p. 371-372) ____ *132*
Tableau XVII : Représentation des valeurs propres et des pourcentages cumulés de variance par les différentes composantes (CP) des ACP (/ = pas de données) ____ *139*
Tableau XVIII : Différences significatives des relations allométriques analysées selon le test d'homogénéité des pentes et l'analyse multivariée des variances (définitions des relations allométriques p. 378) ____ *141*
Tableau XIX : Z-scores moyens en fonction des collections de référence et exprimés par site (SD : écart-type ; N : nombre d'individus) ____ *153*
Tableau XX : Résultats des comparaisons inter-populations : F des analyses de covariance dans les régressions multiples et significativité associée (définition des mesures : p. 330 sqq.) ____ *156*
Tableau XXI : Résultats des comparaisons inter-populations du pourcentage d'atteinte du format adulte : F des analyses de covariance dans les régressions multiples et significativité associée (définition des mesures p. 330, sqq. ; / : données insuffisantes pour réaliser le test) ____ *158*

Tableau XXII : Exemple de constitution de séquence de minéralisation dentaire pour l'individu de la sépulture n° 1754 de Mikulčice (Abs. est donné pour dent absente) ____ *166*
Tableau XXIII : Critères de classification des stades de minéralisation dentaire, par dent et par groupe. Les codes entre parenthèses représentent les options possibles dues à la variabilité du développement dentaire ____ *168*
Tableau XXIV : Différences inter-sites pour chaque mesure ; séquence de minéralisation dentaire 1 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison) ____ *173*
Tableau XXV : Erreurs intra- et inter-observateurs évaluées pour les hypoplasies de l'émail dentaire à partir du pourcentage d'agrément et de deux tests non-paramétriques de mesure d'association ____ *184*
Tableau XXVI : Nombre de dents évaluées et fréquences globales d'hypoplasie par site. Les deux dentures ont été distinguées ____ *185*
Tableau XXVII : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Mikulčice ____ *186*
Tableau XXVIII : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Prušánky ____ *186*
Tableau XXIX : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Cherbourg ____ *186*
Tableau XXX : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Norroy ____ *187*
Tableau XXXI : Aspects qualitatifs des hypoplasies de l'émail dentaire observées pour les quatre populations (exprimés en %, en gras les fréquences prépondérantes) ____ *187*
Tableau XXXII : Fréquence globale d'individus possédant une ou plusieurs hypoplasies par site, avec et sans calibration pour les dentures incomplètes (cal. pour calibré) ____ *191*
Tableau XXXIII : Nombre d'individus touchés par nombre de période de stress (représenté par le nombre maximal d'hypoplasies par dent) ____ *191*
Tableau XXXIV : Nombre d'individus atteints d'hyperostose poreuse par site par rapport au nombre de crânes suffisament préservés pour être observables ____ *193*
Tableau XXXV : Erreurs intra- et inter-observateurs évaluées pour les lésions carieuses, à partir du pourcentage d'agrément et des deux tests non-paramétriques de mesure d'association ____ *197*
Tableau XXXVI : Fréquences brutes de lésions carieuses par dentition et par site ____ *199*
Tableau XXXVII : Proportion des dents antérieures par rapport aux postérieures par dentition et par site ____ *200*
Tableau XXXVIII : Fréquences calibrées de lésions carieuses par dentition et par site ____ *200*
Tableau XXXIX : Fréquences d'individus atteints de lésions carieuses par dentition et par site ____ *201*
Tableau XL : Présentation des lésions multiples par site ____ *202*
Tableau XLI : Fréquences des hypoplasies de l'émail dentaire par groupe et par site (les différences significatives sont grisées, définition des groupes p. 165) ____ *213*
Tableau XLII : Fréquences de lésions carieuses par groupe et par site (n : nombre d'individus touchés, N : nombre total d'individus pour le groupe, en gras les différences statistiquement significatives relevées par le test du Chi²) ____ *215*
Tableau XLIII : Milieux de décomposition pour les nécropoles de Prušánky et de Norroy ____ *230*
Tableau XLIV : Tables de mortalité des quatre populations étudiées ____ *251*

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte d'Europe représentant les sites étudiés dans ce travail ____ 46
Figure 2 : Mikulčice-Valy, plan général du site et topographie (d'après Poláček 2008, p. 21) ____ 48
Figure 3 : Illustration des vestiges du castrum de Mikulčice. Crédit photo : http://www.ubytujmese.cz/img/velke/mikulcice.jpg ____ 49
Figure 4 : Plan de la nécropole Mikulčice-Kostelisko (d'après Velemínský 2000 ; les sépultures d'individus immatures sont colorées en violet) ____ 51
Figure 5 : Situation des principales nécropoles de Grande Moravie (9-10e siècles) autour de Mikulčice (au nord de la frontière actuelle avec la Slovaquie), d'après une image Google Earth© ____ 53
Figure 6 : Plan de la nécropole Prušánky 1 (d'après Klanica 2006a, b) ____ 55
Figure 7 : Cherbourg Notre-Dame, plan général du site. Situation des zones fouillées (d'après Delahaye 1995) ____ 57
Figure 8 : Plan 1, structures fouillées en 1978, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Lemière 1978) ____ 58
Figure 9 : Plan 2, structures fouillées en 1979, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Lemière 1979) ____ 58
Figure 10 : Plan 3, structures fouillées en 1980-81, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Lemière 1980, 1981) ____ 59
Figure 11 : Plan 4, structures fouillées en 1995, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Delahaye 1995) ____ 59
Figure 12 : Plan de la nécropole de Norroy-le-Veneur, sépultures d'individus immatures en vert (d'après A. Lefebvre, communication personnelle) ____ 63
Figure 13 : Distribution par âge et par sexe de l'échantillon de Spitalfields ____ 67
Figure 14 : Représentation graphique de l'erreur intra-observateur entre les deux séries de mesures selon Lynnerup et al. (1998). La ligne d'égalité représente une concordance parfaite. En encart, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ____ 96
Figure 15 : Représentation graphique de l'erreur inter-observateurs entre les deux séries de mesures effectuées par A. Alduc-Le Bagousse (AALB) et nous-mêmes (VG), selon Lynnerup et al. (1998). La ligne d'égalité représente une concordance parfaite. En encart, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés ____ 97
Figure 16 : Diagramme de Bland & Altman représentant la différence entre l'âge dentaire et l'âge estimé selon Maresh sur la collection de Spitalfields (N = 52) ____ 102
Figure 17 : Relations entre l'âge dentaire et l'âge squelettique Exemple sur les individus de Cherbourg (la droite en noir représente l'égalité stricte, N = 45) ____ 103
Figure 18 : Poids des différentes mesures dans l'estimation de l'âge selon les classes démographiques des individus de Spitalfields (W> 1%). (Définition des mesures A3 p. 326 en annexe) ____ 109
Figure 19 : Effectifs d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé : âge dentaire primaire et âge selon l'ESA, par rapport aux effectifs initiaux ____ 115
Figure 20 : Variabilité des 5 mesures mandibulaires pour les 4 sites (point central = moyenne ; boîte = $\pm\mathbf{1}$ écart-type ; moustaches = $\pm\mathbf{2}$ écart-types ; définition des mesures annexes : p. 326 sqq.) 121
Figure 21 : Comparaison entre les données publiées par Stloukal & Hanakova (S&H) et les données obtenues pour l'ensemble des sites étudiés (Sites hMA, exemple des longueurs de l'humérus (H1)

du radius (R1) et de l'ulna (U1), classe [5-9] ans, boite = moyenne ±1SD, moustaches = moyenne ±2SD) ____ *122*
Figure 22 : Proportion des mesures les plus concernées par les différences inter-sites ____ *126*
Figure 23 : Indice de largeur du talus (ITal1) en fonction de l'âge dentaire estimé pour chaque population. Cas de non-corrélation (sd : sans dimension) ____ *129*
Figure 24 : Indice claviculo-huméral (IC2) en fonction de l'âge dentaire estimé pour chaque population. Cas de corrélation significative (sd : sans dimension. ____ *130*
Figure 25 : Relation allométrique avec ajustement linéaire. Exemple de la longueur de l'humérus en fonction de la longueur du fémur ____ *136*
Figure 26 : Représentation graphique de la projection des individus (tous sites confondus) selon les deux premiers axes de l'ACP sur les variables de conformation du tibia ____ *140*
Figure 27 : Graphique en 3D représentant l'influence de l'âge estimé en tant que covariant. Exemple de la relation largeur bicondylienne (Md4)/ longueur de la mandibule (Md1) ____ *143*
Figure 28 : Graphique en 3D représentant l'influence de l'âge estimé en tant que covariant. Exemple de la relation largeur de l'ilium (il2) / hauteur de l'ilium (il1) ____ *144*
Figure 29 : Relation entre la longueur maximale de la diaphyse humérale et l'âge dentaire (ajustement polynomial) ____ *149*
Figure 30 : Relation entre la longueur maximale de la diaphyse fémorale et l'âge dentaire (ajustement linéaire) ____ *150*
Figure 31 : Relation entre l'extrémité distale de la diaphyse humérale et l'âge dentaire (ajustement linéaire pour mieux illustrer les regroupements) ____ *151*
Figure 32 : Relation entre la longueur du calcanéus et l'âge dentaire (ajustement linéaire est choisi pour mieux illustrer les regroupements) ____ *152*
Figure 33 : Profil de croissance squelettique illustrant l'évolution du périmètre en milieu de diaphyse du tibia en fonction de l'âge, données adultes incluses, ajustement logarithmique. __ *155*
Figure 34 : Pourcentage d'atteinte du format adulte du périmètre au milieu de l'humérus (H3) en fonction de l'âge, ajustement polynomial ____ *157*
Figure 35 : Profil de croissance squelettique (% d'atteinte du format adulte pour la longueur de l'ulna en fonction de l'âge estimé), ajustement polynomial : proximité des trajectoires de croissance ____ *159*
Figure 36 : Comparaison des trajectoires de croissance relative du diamètre en milieu de diaphyse (H3) des populations étudiées en fonction de celle de Mikulčice. Les écart-types pour la population de référence sont représentés par les droites en pointillets (±1SD) et en tirets (±2SD) ____ *160*
Figure 37 : Profil de croissance squelettique (Md1 en fonction de l'âge dentaire) pour les individus de Cherbourg. Approximation visuelle des différentes phases de croissance ____ *161*
Figure 38 : Représentation des groupes établis en fonction des stades de minéralisation dentaire (d'après Ubelaker 1978) ____ *167*
Figure 39 : Variabilité intra-population de la largeur du premier métatarsien à chaque séquence de minéralisation dentaire ____ *169*
Figure 40 : Variabilité inter-populations de la largeur du premier métatarsien (Mt2) à chaque stade de minéralisation dentaire, en fonction du site (Moyenne ; boîtes = erreur-type ; moustaches = écart-type) ____ *170*
Figure 41 : Variabilité intra-population de la longueur de la mandibule (Md1) à chaque séquence de minéralisation dentaire. Les distributions annotées sont celles de la Figure 41 ci-dessous _ *175*
Figure 42 : Distribution de la longueur de la mandibule (Md1) à chaque séquence de minéralisation dentaire, ajustement par la loi normale ____ *176*

Figure 43 : Densités de probabilité modélisées pour les phases de transition selon McCullagh (1980). Exemple à partir de la longueur de la mandibule (Md1) _____177
Figure 44 : Modélisation des trajectoires de croissance pour la longueur de la mandibule (Md1) en fonction des séquences de minéralisation dentaire _____177
Figure 45 : Âges moyens des périodes de stress (selon Moorrees et al. 1963 a, b ; Reid & Dean 2000 et Skinner & Goodman 1992) par tiers de couronne affecté en fonction du type de dent (mandibulaire). La plus haute fréquence par dent et par site (cf. tableaux en annexe, p. 401 à 402) est mentionnée dans le tiers correspondant, sans échelle _____189
Figure 46 : Proportion d'individus présentant des hypoplasies de l'émail dentaire par site et par classe d'âge _____192
Figure 47 : Cas d'hyperostose poreuse marqué chez l'individu de la sépulture n°1810 âgé entre 1 et 2 ans à Mikulčice _____194
Figure 48 : Fréquence des stades de sévérité des lésions carieuses par site _____202
Figure 49 : Situation des lésions carieuses par face d'apparition. Exemple pour Mikulčice_____203
Figure 50 : Cas de lésion endocrânienne à Norroy-le-Veneur, sépulture n°4007 _____206
Figure 51 : Détails des lésions atteignant l'individu Pk188 de Prušánky. A droite, le syndrome rhino-maxillaire modéré, à gauche, détail des épiphyses du fémur et du tibia _____208
Figure 52 : Représentation des écarts réduits ajustés pour les 50 mesures obtenues pour l'individu n°188 par rapport aux sujets appartenant à la classe [5-9] ans _____210
Figure 53 : Représentation des écarts réduits ajustés pour les 50 mesures obtenues pour l'individu n°188 par rapport aux sujets appartenant à la classe [10-14] ans _____211
Figure 54 : Proportion d'individus présentant des hypoplasies de l'émail dentaire par site avec le système des séquences de minéralisation dentaire _____214
Figure 55 : Fréquence des différents types de sépulture rencontrés par site_____224
Figure 56 : Longueur des fosses de Prušánky en fonction de l'âge estimé_____226
Figure 57 : Longueur des fosses de Norroy en fonction de l'âge estimé _____226
Figure 58 : Orientation des défunts par site (la région colorée représente l'orientation majoritaire)_____228
Figure 59 : Positions des défunts rencontrées dans les 3 nécropoles _____229
Figure 60 : Exemples d'effets de paroi observés à Prušánky, tombes n°281 (à gauche) et n°72 (à droite), d'après Klanica (2006a, b) _____232
Figure 61 : Répartition des catégories d'inhumation par site _____232
Figure 62 : Fréquence d'association de défunts pour les sujets de moins de 1 an (AT =sujets avant terme ; N = sujets néonatals ; [0a] = sujets entre 0 et 6 mois ; [0b] = sujets entre 6 mois et un an ; [0-1] = sujets entre 0 et 1 an sans précision possible)_____235
Figure 63 : Relations entre l'âge au décès et le mobilier retrouvé dans les tombes à Mikulčice ___238
Figure 64 : Relations entre l'âge au décès et le mobilier retrouvé dans les tombes à Prušánky____239
Figure 65 : Exemple d'objets fréquemment retrouvés dans les tombes moraves : hache de Bradatice et gombík (crédit photo : www.arstignaria.com/sekery.htm ; www.uhm-prednasky.fpf.slu.cz/)_____240
Figure 66 : Relations entre l'âge au décès et le mobilier retrouvé dans les tombes à Norroy _____241
Figure 67 : Comparaisons des profils de mortalité des 4 populations étudiées en fonction des données de Ledermann (1969), espérance de vie à la naissance entre 25 et 35 ans, sexes confondus _____252
Figure 68 : Comparaisons des profils de mortalité des 4 populations étudiées en fonction des données de de Séguy et al. (2008), sexes confondus_____253

Figure 69 : Comparaisons des profils de mortalité des 4 populations étudiées après minimalisation des anomalies, en fonction des données de Ledermann (1969), espérance de vie à la naissance entre 25 et 35 ans, sexes confondus ____ *254*
Figure 70 : Proportion des individus non-adultes par rapport à l'ensemble de la population par site. Comparaison avec les données proposées par Ledermann ____ *255*
Figure 71 : Courbes de survie modélisées à partir des distributions de Gompertz et de Gompertz-Makeham ____ *257*
Figure 72 : Risque de mortalité par âge et par site ____ *258*
Figure 73 : Diagramme d'Ishikawa synthétisant les facteurs permettant ou non de distinguer le mode de vie des populations ____ *271*
Figure 74 : Proportion des types de mortalité (endogène et exogène) parmi les 62 individus de moins de 1 an pour lesquels un âge a pu être précisé ____ *276*
Figure 75 : Proportion des types de mortalité (endogène et exogène) par site ____ *277*
Figure 76 : Schéma synthétique des relations entre population immature et population adulte, facteurs de biais et discussion de ce travail ____ *283*
Figure 77 : De l'individu à la population : intégration des analyses pour une contribution globale à la connaissance de la population ____ *284*

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Mk : Mikulčice-Kostelisko (représenté par un cercle bleu dans les figures)

Pk : Prušánky 1 (représenté par un carré rouge dans les figures)

Che : Cherbourg (représenté par un triangle rose dans les figures)

Nlv : Norroy-le-Veneur (représenté par un losange vert dans les figures)

SD : « standard deviation » en anglais, donc pour nous écart-type.

ND : non déterminé

SES : statut socio-économique

ESA : estimation secondaire de l'âge

sd : sans dimension

ind. : individu

PRÉAMBULE

Les vestiges d'enfants en bioarchéologie sont incroyablement informatifs quant à leur vie physique et sociale par les différents marqueurs enregistrés durant leur brève existence tels que : certaines modalités de croissance et de développement, les stress non-spécifiques auxquels ils ont été exposés… Ce constat, proposé par un grand nombre d'auteurs, suggère qu'il est possible de mettre en évidence ces facteurs biologiques et culturels, de les caractériser, et de quantifier leurs éventuelles interactions en fonction du milieu de vie dans lequel l'enfant a vécu. Si cela était avéré, alors pourquoi les études globales sur les enfants sont-elles limitées et l'intérêt général reporté presque systématiquement sur les adultes ?

C'est particulièrement ce désintérêt qui a retenu notre attention. Allier la connaissance biologique particulière que nécessite les squelettes immatures à leur place dans la culture est pour nous le moyen d'appréhender au mieux cette part de la population et de répondre (au moins en partie) à cette interrogation. Une large étude telle que celle-ci requiert un effectif important d'individus ainsi qu'un cadre contextuel précis. Répondant à ces impératifs, le haut Moyen Âge européen correspondait parfaitement à ces attentes. Ce travail s'intègre également dans deux projets franco-tchèques évaluant la variabilité biologique et culturelle des populations de cette période de transition qu'est le haut Moyen Âge : le projet Eco-Net n° 16368PB (Responsable : D. Castex) et le projet Barrande n° 19512ZF (Responsable : J. Bruzek). Nous souhaitons, à travers cette étude, réintégrer les enfants dans les analyses de population au même titre que les adultes, en approfondissant les connaissances qu'ils nous apportent et en développant les outils d'analyse permettant d'y accéder, convaincue qu'ils nous n'ont pas encore tout révélé. La discussion bio-culturelle n'en sera qu'enrichie.

Ce travail s'organise en trois grandes parties réunissant neuf chapitres. La première se veut contextuelle et présente le cadre général de celui-ci ainsi que les collections étudiées. Nos objectifs et le protocole méthodologique mis en place font la transition entre cette introduction et les analyses menées pour répondre à la perception à la fois biologique et culturelle des enfants dans les populations du passé. La deuxième partie décrit les facteurs biologiques des populations immatures en commençant par une identification biologique précise des sujets étudiés dans le chapitre 4. Elle constitue la base de toutes les comparaisons et interprétations ultérieures. Nous proposons ensuite une description détaillée des variabilités intra- et inter-populations du format et de la conformation. Les résultats de ce cinquième chapitre nous mènent à évaluer la croissance des populations du passé et ainsi à discuter du bien-fondé de la paléoauxologie dans le suivant. Cette seconde partie s'achève sur la caractérisation de l'état sanitaire des populations étudiées et sur les données pathologiques pouvant être recueillies, créant alors le lien entre la biologie du squelette et le milieu de vie. La dernière partie aborde, dans le huitième chapitre, à la fois les données archéologiques définissant les pratiques funéraires des quatre populations du haut Moyen Âge et le « recrutement » des cimetières. Finalement, dans un dernier chapitre, l'ensemble des résultats obtenus est synthétisé et discuté en termes d'interactions bioculturelles et de place des individus immatures dans ces sociétés.

PARTIE 1

CONTEXTE, MATÉRIEL ET OBJECTIFS

CHAPITRE 1

INTRODUCTION & PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE

I. LES ENFANTS EN ANTHROPOLOGIE ET EN BIOARCHÉOLOGIE

« Les enfances se ressemblent toutes, dans leur grandeur comme dans leur misère originelles. On ne connaît guère mieux son enfance que les enfances inconnues et secrètes des autres enfants. »

Suzanne Paradis.
Extrait de *Quand la terre était toujours jeune*.

Le squelette d'un individu est remarquablement informatif quant à son identité, son mode de vie et son état de santé. (Larsen 2002 ; Lewis 2007). Le replacer dans son contexte — c'est-à-dire au sein de la population dont il est issu — permet de retracer un fragment de l'histoire de son groupe et ainsi de documenter les faits du passé. Le terme de bioarchéologie, comme l'étude des vestiges humains des sites archéologiques, a été pour la première fois mentionné en 1972 par l'archéologue anglais Grahame Clark en référence à l'archéozoologie qui se définit comme l'étude de la faune des sites archéologiques (Clark 1972). Repris et redéfini par Jane Buikstra en 1977 comme l'étude scientifique des restes humains en relation avec les vestiges archéologiques, sa portée est maintenant reconnue et largement utilisée (Buikstra 1977 ; Buikstra & Beck 2006 ; Larsen 1997). Bien que diverses variantes puissent être apportées à la définition de la bioarchéologie, la relation entre biologie du squelette, facteurs environnementaux et culturels, est celle retenue et représente le cœur de cette étude.

Les études de populations concernent à la fois les adultes et les non-adultes, or, pour reprendre les termes de Jane Eva Baxter, les analyses globales concernant cette seconde part de la population « do not enjoy great success » (Baxter 2005a). Elles sont principalement méthodologiques (la littérature abonde dans ce sens) ou abordent des problématiques précises et une attention limitée est portée aux enfants en ce qui concerne le contexte archéologique et leur milieu de vie (Perry 2005). Alors pourquoi ne pas intégrer biologie et contexte dans une étude fondée sur les squelettes immatures ?

1. ÉTAT DES LIEUX

a. Définitions

Le vocabulaire associé à l'étude de la part non-adulte de la population est vaste et les termes sont souvent employés sans distinction particulière alors qu'ils possèdent parfois un sens double voire multiple. Cette remarque est également valable pour les publications anglophones, rendant les traductions encore plus complexes. Il convient donc de les définir dès à présent afin de pouvoir s'y reporter lorsqu'ils apparaîtront par la suite.

De manière générale, une population se partage en deux parts principales : les adultes pour lesquels le développement biologique a pris sa forme définitive et les individus non-adultes pour lesquels il est encore en cours. Une nuance doit être dors et déjà apportée. La maturation squelettique se poursuit bien après l'arrêt de la croissance (par exemple la fusion de la crête iliaque, ou encore celle de l'extrémité sternale de la clavicule dépassent largement les 23-25 ans)(Johnston & Zimmer 1989 ; Meijerman *et al.* 2007). La part de la population considérée ici comme non-adulte consistera donc en l'ensemble des individus depuis le sujet périnatal jusqu'à ceux dont la fusion des épiphyses aux diaphyses des os longs des membres est achevée (adolescence tardive). Remarquons que nous omettons volontairement la référence à l'âge car celui-ci sera estimé et dépendra fortement des méthodes choisies (cf. chapitre 4). Les sujets **non-adultes** seront également appelés individus **immatures** sans différenciation.

Cette remarque nous permet de définir trois concepts importants : le développement, la croissance et la maturation. Intimement corrélés, ils ne doivent cependant pas être confondus. En biologie, le développement désigne l'ensemble des mécanismes qui se produisent au sein d'un organisme vivant depuis la fécondation jusqu'à sa conformation définitive (adulte)(Eveleth & Tanner 1990). Si l'on s'en tient au développement squelettique, on distinguera alors la croissance de la maturation. La croissance est un processus quantitatif qui implique la notion d'accroissement de la taille. C'est un indicateur de dimension. Or, cet accroissement n'est pas linéaire et le caractère saltatoire de celui-ci reste masqué dans l'étude des populations du passé (Lampl 1993 ; Lampl & Thompson 2007). La maturation se définit quant à elle comme l'ensemble des phénomènes (points d'ossification, fusion, etc.) par lesquels le squelette prendra sa forme définitive. Toutes ces définitions sont issues et adaptées de l'encyclopédie médicale et paramédicale *Le Clinicum*® (Frémont 1998). Ces trois termes seront utilisés indépendamment tout au long de cette étude.

La notion de croissance demande une précision supplémentaire concernant les différents stades au cours du développement et de la vie (Bogin 1999, p. 55). On distingue deux grandes phases : la période prénatale (de la conception à la naissance) et la période postnatale (après la naissance). Durant ces phases, nous utiliserons 5 grands stades adaptés aux informations que l'on peut obtenir à partir du squelette :

- Le stade **périnatal** : allant du fœtus viable (aux alentours de 7 mois *in utero*) à 28 jours après la naissance. Notons que ce stade inclut la période néonatale qui s'étend de la naissance à la fin du premier mois. Mais en contexte archéologique il est difficile d'estimer le temps de vie après la naissance (Tillier & Duday 1990) ; le stade néonatal est donc trop précis et l'élargissement au stade périnatal est nécessaire. Il existe des variantes de définition selon les auteurs (qui limitent le stade périnatal à 7 jours après

la naissance : Halcrow & Tayles 2008 ; Scheuer & Black 2000a, b), mais nous retiendrons celle de Pressat adaptée à la mortalité périnatale (Pressat 1985).

- La **petite enfance** ou **période infantile** (« infancy » en anglais) s'étend du second mois jusqu'au sevrage aux alentours de 3 ans et est caractérisée par une croissance rapide avec une décélération progressive la première année passée et par la mise en place de la dentition déciduale. Il ne faut pas confondre ce stade avec celui des enfants de moins de un an (« infant » en anglais, signifiant nourrisson, mot pouvant porter à confusion). Nous emploierons préférentiellement le terme de petite enfance.
- L'**enfance** (« childhood » en anglais) est une période de croissance modérée jusqu'à l'émergence de la première molaire permanente et des incisives supérieures.
- Le stade **juvénile** (« juvenile » en anglais) prépare l'organisme jusqu'à la puberté. Rappelons que la puberté est très difficile à définir à partir de vestiges squelettiques (Coleman & Coleman 2002 ; Legge 2005 ; Mitani & Sato 1992), elle ne sera donc pas évaluée comme un stade de croissance à part entière dans cette étude. Ce stade comprend l'émergence de la seconde molaire permanente.
- Enfin l'**adolescence** est considérée comme la période pendant laquelle la croissance s'achève et la maturation des principaux os du squelette se complète.

Ces différents stades peuvent être réévalués selon le type d'étude (biologie du vivant, endocrinologie, etc.), mais correspondent ici au plus fin découpage que nous permet l'étude de vestiges osseux et dentaires.

Cette caractérisation du développement est particulière à l'Homme et n'existe pas réellement chez les autres mammifères, même si certains ont une enfance prolongée (Bogin 1997). De ce fait, un enfant survit lorsqu'on lui prodigue une double intégration à la population : une intégration biologique (nourriture, hygiène, soins, etc.) et également une intégration culturelle (sociabilisation, apprentissage, communication, etc.) (Hanawalt 2002). La bioarchéologie des enfants intègre complètement ces deux notions, bâtissant ainsi le corps de l'étude.

b. Divers thèmes pour diverses études

La littérature abonde en publications sur des sujets précis concernant les individus non-adultes. Quelques grandes et excellentes synthèses leur sont consacrées (Baker *et al.* 2005 ; Baxter 2005a ; Hoppa & Fitzgerald 1999b ; Lewis 2007 ; Scheuer & Black 2000b ; Scheuer *et al.* 2004 ; Thompson *et al.* 2003 ; Ulijaszek *et al.* 1998) et de nombreuses problématiques sont abordées par l'ensemble de la bibliographie. Cependant, cinq thèmes majeurs se distinguent :

La méthodologie et l'identification biologique individuelle

Au même titre que les adultes, la première étape essentielle d'une étude de population est l'identification biologique des individus (Bruzek *et al.* 2005 ; Ferembach *et al.* 1980). Nous entendons par identification biologique, les estimations successives de l'âge, du sexe, de la stature et de l'origine ethnique des individus en présence (Rösing *et al.* 2007 ; Scheuer 2002a). Cependant, la spécificité du squelette immature et ses modifications au cours du développement ne permettent pas l'application des méthodes adaptées aux adultes. Les questions d'estimation de l'âge, du sexe et de la stature ainsi que les principales études associées seront développées dans le chapitre 4. Quant à l'origine ethnique, nul besoin de rappeler que son appréciation squelettique reste une gageure (Albanese & Saunders 2006 ; Edgar & Hunley 2009). Ce point est

également peu informatif lors d'une étude de population. Tout dépend du contexte. Cette remarque nous amène à distinguer les principales disciplines à l'aide desquelles l'enfant peut être étudié. Extrêmement corrélées, elles n'ont cependant pas les mêmes attentes.

Les principales avancées méthodologiques fondées sur les squelettes non-adultes concernent l'identification individuelle. En effet, bien que l'estimation âge au décès soit considérée comme précise et fiable chez les enfants (Adalian *et al.* 2002 ; Cameriere *et al.* 2007 ; Crowder *et al.* 2005 ; Hoppa 2000a ; Liversidge *et al.* 1998), de nouveaux estimateurs potentiels pour diverses applications (notamment en anthropologie médico-légale) sont recherchés (Cameriere & Ferrante 2007 ; Cameriere *et al.* 2008a). L'estimation du sexe, encore insatisfaisante aujourd'hui attire aussi particulièrement l'attention des anthropologues (Cardoso 2008b ; Cardoso & Saunders 2008 ; Coussens *et al.* 2002 ; Franklin *et al.* 2007 ; Guatelli-Steinberg *et al.* 2008 ; Rissech *et al.* 2003 ; Rissech & Malgosa 2007). Quant à la stature, bien que peu usitée dans notre domaine, elle intéresse celui de l'anthropologie médico-légale, ce qui incite au renouvellement des études (Petersen 2005 ; Ruff 2007 ; Sciulli & Blatt 2008 ; Zeybek *et al.* 2008).

Le développement : croissance et maturation

Ce deuxième thème est certainement un des plus développés. Cependant, il est nécessaire de distinguer ici les études adaptées aux populations du passé de celles fondées sur des populations actuelles (Humphrey 1998 ; Saunders 2000 ; Tillier 2000). Ce thème est également traité depuis plus d'un siècle, il est donc intéressant d'effectuer un rapide retour sur l'historique des recherches et donc sur l'évolution des conceptions (Garcin *et al.* [n.d.]-a).

On discerne trois grandes étapes jalonnant l'évolution des idées, sans toutefois noter de discontinuité majeure dans les publications (Tanner 1981). Les premières études sur le développement de l'enfant apparaissent dès le début du 20e siècle (Godin 1903, 1910). L'auxologie définie aujourd'hui comme l'étude scientifique de la croissance par *Le Clinicum*® (Frémont 1998) a été fondée par P. Godin avec déjà une grande précision dans la description et les limites de la discipline. Cette discussion reviendra à plusieurs reprises dans ce travail, seule la définition générique est nécessaire pour ce bilan. Ces premières études prennent leurs sources dans les recherches de la seconde moitié du 19e siècle, qui concernaient plutôt des données d'autopsie et plus particulièrement la période fœtale (Scammon & Calkins 1929). Un premier essor (multiplication des publications) se manifeste dans les années 60 (Anderson *et al.* 1963 ; Anderson *et al.* 1964 ; Gillot 1960 ; Graffar 1964). Dans le domaine de la paléoanthropologie, un des premiers à proposer des hypothèses de développement pour les hommes fossiles est Vlcek (1969, 1970) après Fraipont (1936). Par la suite, un second essor survient à la fin des années 80 et au début des années 90 (entre autres Ruff 1984 ; Saunders *et al.* 1993b ; Sierra 1987 ; Strenio *et al.* 1983 ; Tillier 1988), modéré par trois publications majeures relevant d'importantes limites (Saunders *et al.* 1995 ; Saunders & Hoppa 1993 ; Wood *et al.* 1992). Les concepts du « paradoxe ostéologique », des survivants par rapport aux non-survivants et celui de la représentativité de la population inhumée par rapport à la population ayant réellement vécu par le passé soulèvent en effet des biais majeurs dans notre discipline auxquels, jusqu'à ces dates, peu d'attention était portée. Enfin, après une période relative où les auteurs se focalisaient principalement sur l'analyse de ces biais et sur les apports méthodologiques (Byers 1994 ; Cohen 1994 ; Wright & Yoder 2003), l'auxologie fait l'objet d'un regain d'intérêt que ce soit en anthropologie du vivant ou du passé (Adair 2007 ; Baroncelli *et al.* 2006 ; Mays *et al.* 2008 ; Pinhasi e*t al.* 2005). La paléoauxologie est fondée suite à la

multiplication des études de croissance relatives aux populations du passé. Mentionné pour la première fois en 1995 par A.-M. Tillier comme l'étude de la croissance des populations du passé, ce terme est encore aujourd'hui largement utilisé (Tillier 1995). La multitude des publications internationales ne nous permettant pas d'être exhaustive, celles mentionnées ci-dessus sont citées à titre d'exemples. Justement, cette masse d'information ne rend pas toujours évidente la compréhension de la relation entre les divers sujets traités et les différents domaines d'application. Le tableau I synthétise les principales thématiques abordées dans les études sur le développement. Les publications majeures et quelques applications connues accompagnent chaque thématique.

Thématique	Sujets majeurs abordés	Exemples de sources associées
Ouvrages généraux	Synthèses ; processus du développement ; encyclopédies.	Hoppa & Fitzgerald 1999b ; Lewis 2007 ; Scheuer & Black 2000b ; Ulijaszek *et al.* 1998.
Facteurs influençant la croissance	Intrinsèques (taille à la naissance, pathologies, génétique, etc.) ; extrinsèques (environnement, culture, population, variations séculaires, etc.).	Albert & Greene 1999 ; Bodzar *et al.* 2006 ; Cameron 2007 ; Cameron & Demerath 2002 ; Cole 2003 ; Dettwyler & Fishman 1992 ; Katzmarzyk & Leonard 1998 ; Lampl 1993 ; Stinson 1985 ; Susanne 1993 ; Susanne *et al.* 2001.
Biologie du développement	Embryologie ; génétique ; endocrinologie du développement ; ossification et maturation osseuse ; minéralisation dentaire.	Baroncelli *et al.* 2006 ; Black & Scheuer 1996a, b ; Heuzé & Cardoso 2008 ; Liversidge & Molleson 2004 ; Mitani & Sato 1992 ; Moorrees *et al.* 1963a, b ; Moss 1954 ; Neu *et al.* 2001 ; Parfitt 2002 ; Poulsen *et al.* 2001.
Etudes actuelles et mathématiques	Études longitudinales de référence ; mathématiques (définition des stades de croissance, référentiels, modélisations de courbes, etc.).	Anderson *et al.* 1956 ; Anderson *et al.* 1964 ; Bogin 1997 ; Bogin *et al.* 2002 ; Falkner *et al.* 1972 ; Greksa *et al.* 2007 ; Huxley 1924 ; Lampl 1993 ; Lampl & Thompson 2007 ; Maresh 1955 ; Maresh & Deming 1939 ; Smith & Buschang 2004, 2005 ; Ward *et al.* 2001.
Développement et échantillons archéologiques	Profils de croissance squelettique ; comparaisons intra- et inter-populations ; relation des diverses modalités au niveau de vie.	Bennike *et al.* 2005 ; Cardoso & Garcia 2009 ; Hoppa 2000b ; Humphrey 2000 ; Jantz & Owsley 1984 ; Miles & Bulman 1994 ; Miles & Bulman 1995 ; Pinhasi *et al.* 2005 ; Piontek *et al.* 2001b ; Ribot & Roberts 1996 ; Saunders *et al.* 1993b ; Sejrsen *et al.* 1996 ; Steyn & Henneberg 1996 ; Stloukal & Hanakova 1978.
Sujets concomitants	Croissance et âge au décès ; croissance et stature ; etc.	Adalian *et al.* 2002 ; Black & Scheuer 1996a ; Cameriere & Ferrante 2007 ; Feldesman 1992 ; Gowland & Chamberlain 2002 ; Heuzé & Braga 2008 ; Hunt & Gleiser 1955 ; Johnston & Zimmer 1989 ; Lewis & Flavel 2006 ; Li *et al.* 2003 ; Olivier & Pineau 1958 ; Rissech *et al.* 2008 ; Ruff 2007 ; Sansilbano-Collilieux 1993 ; Scheuer & Black 2000a ; Sciulli & Blatt 2008 ; Sellier *et al.* 1997a ; Visser 1998.
Applications à d'autres disciplines et/ou thématiques	Applications médicales ; développement et évolution des Hominidés.	Bromage & Dean 1985 ; Hoppa & Fitzgerald 1999b ; Majo & Tillier 2003 ; Majo *et al.* 1993 ; Ramirez Rozzi 2000 ; Ramirez Rozzi & Bermudez de Castro 2004 ; Smith & Avishai 2005 ; Thompson *et al.* 2003 ; Yamauchi *et al.* 2000.

Tableau I : Synthèse des thématiques abordées par les études sur le développement de l'enfant d'hier à aujourd'hui.

Les études portant sur la croissance des populations du passé sont parmi les plus répandues et concernent majoritairement les os longs. La plupart ont pour but d'établir des comparaisons entre populations. Un bilan quasi exhaustif des publications sur les populations du passé est donné dans l'ouvrage synthétique de Lewis (2007 : p. 75). Ces études sur la croissance existent depuis longtemps désormais (Johnston 1962) et n'ont que peu évolué depuis (Cardoso & Garcia 2009 ; Mays *et al.* 2008) sans nécessairement tenir compte des diverses limites et biais relevés au cours de l'évolution des conceptions. Ces biais sont mentionnés dans le paragraphe 3 (pp. 32 à 35).

Les indicateurs de stress, traumatismes et autres pathologies

Ce troisième thème est développé dans diverses disciplines et adapté à différentes problématiques comme l'évaluation de l'état sanitaire d'une population (Kramar 1990) ou les pratiques de sevrage (Herring *et al.* 1998 ; Whitehead 1985). Si les indicateurs de stress tels que les hypoplasies de l'émail dentaire ou les *cribra orbitalia* sont fréquemment étudiés dans l'étude des populations passées (cf. chapitre 7 pour la définition des termes), les traumatismes sont plus rarement évalués et font l'objet de description succinctes. En effet, rarement observables et observés sur les squelettes d'enfants en contexte archéologique (Glencross & Stuart-Macadam 2000 ; Jiménez-Brobeil *et al.* 2007 ; Kilgore *et al.* 1997), ils sont en revanche des indicateurs précieux dans le domaine médico-légal (Ross *et al.* in press). Les pathologies et autres traces épidémiologiques regroupent quant à elles ces deux disciplines de recherche. L'adaptation de la pathologie en paléopathologie et de l'épidémiologie en paléoépidémiologie est aujourd'hui reconnue (Grauer & Roberts 1996).

De par leur morphologie squelettique différente, les enfants ne sont pas touchés par ces diverses pathologies et traumatismes de façon identique à celle des adultes (Lewis 2007) et leurs traces sont difficilement observables. Un traitement particulier des données est nécessaire. C'est très vraisemblablement pour cela que ce thème n'est pas courant dans l'étude des sujets non-adultes des populations du passé. Nous verrons dans le chapitre 7 quelles informations nous pourrons obtenir dans le cadre de notre problématique.

L'enfant dans l'histoire et dans les sociétés

L'image de l'enfant et de l'enfance telle que nous la percevons dans les sociétés occidentales diverge fortement d'une culture à l'autre et à travers les âges. Les historiens consacrent donc une large part de leurs travaux à l'étude de l'enfance et de son évolution (Alexandre-Bidon & Lett 1997 ; Ariès 1960 ; Fossier 1997 ; Heywood 2001 ; Lett 1997 ; Riché & Alexandre-Bidon 1994 ; Stearns 2005a, b).

Toutefois, les données écrites sont souvent partielles et récentes. L'archéologie apporte donc des informations complémentaires (Knudson & Stojanowski 2008), par les pratiques funéraires et les modalités biologiques qu'elle peut restituer. L'analyse de la mortalité est aussi très étudiée chez les enfants (Lewis & Gowland 2007 ; Palloni 1979 ; Williams & Galley 1995 ; Yankauer 1990), bien que la paléodémographie soit régulièrement remise en question (cf. chapitre 8 pour une revue des différentes approches).

L'ensemble des données archéologiques et historiques (lorsqu'il en existe) donnent une dimension culturelle aux analyses plus biologiques, permettant d'envisager la population dans son ensemble et surtout dans son contexte.

Autres approches

Certaines études aux problématiques spécifiques intéressent également les individus immatures. C'est le cas des analyses biomoléculaires. Par exemple, l'estimation du sexe des enfants par l'intermédiaire de l'ADN répond dans un premier temps au problème des méthodes classiques et dans un second temps à certains questionnements non accessibles par d'autres biais (Mays & Faerman 2001). Rappelons que, sur les sujets adultes ou immatures, les analyses d'ADN ancien sont limitées et que leur application (onéreuses et coûteuses en temps, sans pour autant être nécessairement informatives) est restreinte dans nos domaines (Bouwman & Brown 2005 ; Cooper & Poinar 2000 ; Herrmann & Hummel 1994).

Les analyses isotopiques sont également en plein essor. Chez les enfants, elles sont principalement utilisées pour déterminer l'âge au sevrage et le stress concomitant (Herring *et al.* 1998), les modes de nutrition dans le passé (Balasse *et al.* 2001 ; Herrscher 2003 ; Katzenberg 2000) ou encore les phénomènes de migration des populations avec la mobilité des enfants en bas âge lors du sevrage par exemple (Knudson *et al.* 2004).

Pour terminer ce bref inventaire des principales études portées sur les sujets non-adultes, citons les nouvelles technologies et l'imagerie médicale. Discipline récente, la géométrie morphométrie est un support technologique traitant les données en trois dimensions. Sur les squelettes d'enfants, elle alimente la plupart des problématiques précédemment citées telles que l'estimation de l'âge, du sexe ou encore les analyses de croissance (Braga & Treil 2007 ; Franklin *et al.* 2007 ; Frelat 2007 ; Strand Vioarsdottir *et al.* 2002).

Cette pluralité dans les sujets abordés fait des squelettes immatures une source considérable de problématiques. Pour ne pas s'y perdre il est donc essentiel de bien définir la nôtre afin de répondre à nos divers questionnements par des moyens adaptés.

2. AVANTAGES DE L'ÉTUDE DES SUJETS IMMATURES

Si Cook et Buikstra en 1979 présentaient le peu d'intérêt pour les individus immatures, dans les études de populations archéologiques, comme venant de la nature même des échantillons (préservation, représentativité, effectifs, etc.), elles n'ont pas nécessairement mis en avant les nombreux avantages qu'ils dispensent (Cook & Buikstra 1979).

En reprenant l'ordre des principales études présentées précédemment, le premier avantage, et non des moindres, est celui de la précision et de la fiabilité de l'estimation de l'âge au décès. En effet, de par la rapidité de la croissance et la minéralisation successive des deux dentitions (déciduale puis permanente), la précision de l'estimation est haute et les intervalles d'âge réduits (Adalian *et al.* 2002 ; Crowder *et al.* 2005 ; Johnston & Zimmer 1989 ; Saunders *et al.* 1993a ; Usher 2002). Ce n'est qu'à partir de la puberté que cette précision diminue, les indicateurs de l'âge se résumant à la maturation osseuse (Cameriere & Ferrante 2007 ; Cardoso 2008a ; Lewis 1991 ; Sansilbano-Collilieux 1993 ; Scheuer & Black 2000a). Enfin, bien que dépendantes des populations de référence utilisées, les méthodes d'estimation de l'âge, et en particulier celle fondées sur la minéralisation dentaire, restent très fiables (Cameriere *et al.* 2007 ; Liversidge 1999 ; Liversidge *et al.* 1998 ; Maber *et al.* 2006 ; pour ne citer que quelques publications récentes). Cependant, il ne faut pas oublier qu'il existe aussi des limites à ces méthodes. Une brève revue des principales méthodes d'estimation de l'âge des individus immatures est reportée dans le chapitre correspondant (chapitre 4). L'estimation de l'âge des

individus immatures reste toutefois nettement plus précise et fiable que celle concernant les adultes et leurs facteurs de sénéscence qui sont plus aléatoires (Schmitt 2001 ; Sidlauskas *et al.* 2005). Le développement des individus est donc un atout dans ce type d'analyse.

Un autre avantage du développement réside dans les études de croissance. Les subtilités qu'apportent celles-ci sont bien plus informatives que l'étude statique de la stature des individus adultes (Humphrey 2000 ; Saunders 1992, 2000). Mais ces études sont également très biaisées (cf. paragraphe suivant et chapitre 6), notamment parce qu'on évalue la croissance des enfants qui n'ont pas survécu (Saunders & Hoppa 1993), rappelant ainsi que nous étudions uniquement des individus décédés (Hoppa 2000a, b). Les maladies infectieuses et autres épidémies peuvent tuer des individus en quelques jours alors qu'auparavant ils vivaient de manière tout à fait normale (Lewis & Gowland 2007). La population étudiée, sans être le reflet de la population vivante, est donc aussi instructive quant aux modalités de vie.

Troisièmement, les squelettes non-adultes possèdent un avantage quant aux analyses des indicateurs de stress et autres pathologies. Si les hypoplasies de l'émail dentaire ou encore les caries peuvent être effacées des dents adultes par l'abrasion et l'attrition dentaire, les couronnes des sujets immatures sont intactes ou quasiment intactes. Même chez les adolescents et les jeunes adultes, sauf cas particulier, l'usure est très modérée et se limite aux sommets des cuspides (Seligman *et al.* 1988). Il en va de même pour les marqueurs osseux. Si l'enfant a vécu suffisamment longtemps pour enregistrer un stress et/ou une pathologie sur son squelette, alors le remodelage n'aura eu que peu de temps pour en effacer la trace, contrairement aux adultes. Cette remarque est particulièrement valable pour les stress survenus en bas âge (Goodman & Armelagos 1988 ; Humphrey & King 2000 ; Lewis & Roberts 1997). Cependant, cet avantage est aussi un inconvénient puisque le remodelage intense en période de forte croissance peut masquer une fracture, notamment celle dite « en bois vert » (Jiménez-Brobeil *et al.* 2007).

De par leur anatomie squelettique et les phénomènes de développement, les individus immatures complètent parfaitement les analyses que l'on peut porter sur les adultes. Cependant, ces avantages leur confèrent également des inconvénients parfois incontournables, souvent handicapants.

3. PRINCIPALES LIMITES

Comment énoncer les principales limites affectant les études de sujets non-adultes sans être alarmante voire alarmiste ? Les principaux biais doivent pourtant être formulés afin de mesurer les interprétations de cette étude et de mettre en valeur les points qui méritent l'attention. Trois principaux types de facteurs de biais peuvent être évoqués :

Les limites liées au matériel

Bien qu'aucune preuve tangible n'ait pu être avancée quant à une plus mauvaise préservation des squelettes immatures (Bello *et al.* 2002 ; Masset 1973a), le matériel est, la plupart du temps, fragmenté et de conservation variée, ce qui ne permet pas d'obtenir des informations complètes et identiques pour tous les individus étudiés (Stojanowski *et al.* 2002 ; Walker *et al.* 1988). Les effectifs pris en considération sont très souvent restreints ou limités pour les analyses statistiques (Pietrusewsky 2000). De plus, les échantillons dont on dispose sont nécessairement transversaux, c'est-à-dire qu'ils représentent un ensemble d'individus décédés à un instant *t*

(dépendant de la chronologie de la nécropole étudiée). Les données recueillies correspondent à cette image figée de la population (et parfois aussi à un mélange inextricable de plusieurs époques) et on obtient une seule information par individu dans le temps. Cette définition s'oppose à celle d'échantillon longitudinal constitué par un groupe de sujets suivis sur une période plus ou moins longue. Les données par individu sont multiples puisque obtenues sur un intervalle de temps plus ou moins long. Le traitement de l'information et l'exploitation ne sont par conséquent pas les mêmes. La vision de la population et les comparaisons effectuées doivent impérativement prendre en compte ce fait, car les interprétations en dépendent.

En outre, les enfants étudiés sont des individus qui n'ont jamais atteint la variabilité adulte (Saunders & Hoppa 1993), ils ne reflètent donc jamais les modalités biologiques d'une enfance normale (Bennike *et al.* 2005). C'est le concept de « survivors, non-survivors » introduit par les auteurs précédemment cités. Les individus analysés sont ceux qui n'ont pas survécu. Il faudra également prendre en compte ce biais notamment lors des interprétations et des comparaisons de profils de croissance squelettique.

Enfin, la représentativité des vestiges immatures dans les cimetières est aussi problématique (Saunders *et al.* 1995). En effet, la plupart du temps, les enfants, et particulièrement les tout-petits (moins de un an), sont sous-représentés (Janin 1993 ; Wright 1997) par rapport à ce que l'on attendrait d'une population théorique (Sellier 1994 ; Sellier *et al.* 1997a), bien que ce ne soit pas une généralité. Cette sous-représentation peut être expliquée par divers facteurs :

- Une mauvaise préservation des vestiges (mais qui n'est pas forcément démontrée). La décomposition est certes plus rapide chez les enfants du fait de la part importante du cartilage de croissance (Bello *et al.* 2002 ; Walker *et al.* 1988) mais la préservation des vestiges ossifiés ne semble pas tellement affectée.
- Une non-reconnaissance des vestiges lors des fouilles archéologiques (os de petites dimensions, points d'ossification, germes dentaires de la couleur du sédiment, etc.) (Tillier & Duday 1990).
- Des pratiques funéraires excluant cette part de la population. Par exemple, une inhumation dans les sols d'habitats, ce qui explique leur absence dans les nécropoles (Duday *et al.* 1995). Ou encore des tombes moins profondes que celles des adultes, favorisant leur disparition par les activités des occupations ultérieures (labours, constructions, cf. les deux tableaux concernant des cimetières médiévaux hongrois dans Acsádi & Nemeskeri 1970 : p. 239).

Aucun des ces trois facteurs ne semble dominant par rapport aux autres (Lewis 2007 ; Lewis & Gowland 2007). Et si l'explication résultait des trois en même temps ? C'est la théorie privilégiée pour le moment (Chamberlain 2006).

Le statut des individus en cours de développement engendre également d'autres problèmes. Tout d'abord, celui du remodelage osseux. Si l'individu atteint par une quelconque pathologie ou traumatisme a vécu suffisamment longtemps pour le développer, il a aussi eu le temps pour le résorber (Glencross & Stuart-Macadam 2000 ; Wapler 1998) ! Le remodelage osseux, phénomène naturel lors du développement squelettique, devient par conséquent problématique dans ces circonstances. Les fréquences d'atteintes seront donc biaisées et sous-estimées. Seuls les stress dentaires enregistrés ne sont pas soumis au remodelage (King *et al.* 2005 ; Lukacs *et al.* 2001a). Le second problème à aborder est que la mort peut survenir avant que le sujet ait

développé les stigmates osseux ou dentaires (quand ils existent). Une maladie infectieuse aiguë ou une famine brutale sont des exemples très fréquents par le passé (et encore de nos jours) qui ne laissent aucune trace sur les os.

Ces biais de conservation, de représentativité et d'effectifs restent incontournables dans les études de populations archéologiques. A nous d'évaluer leur impact sur les analyses envisagées et d'adapter les méthodes et les approches statistiques.

Les limites méthodologiques

Les limites méthodologiques découlent majoritairement des biais liés au matériel. Toutefois, l'emploi de différentes méthodes n'arrange pas non plus la fiabilité des résultats. Le premier biais, et non des moindres, est celui lié à l'estimation de l'âge au décès. Tout d'abord, l'âge estimé ne sera jamais l'équivalent de l'âge chronologique (Green 1961 ; Lewis 1991). Ensuite, il sera influencé par la méthode employée qui donne des distributions, précisions et fiabilités différentes selon celle(s) choisie(s) (Lampl *et al.* 2000 ; Liversidge *et al.* 2003). Enfin la distribution par âge sera elle-même conditionnée par la distribution de la mortalité (Konigsberg & Frankenberg 1992), on assiste à un phénomène de mimétisme des populations de référence (Bocquet-Appel & Masset 1982 ; Konigsberg & Frankenberg 2002). Les populations de référence utilisées (souvent actuelles) sont également inadaptées pour des populations archéologiques (Crowder *et al.* 2005). Bien que l'âge des enfants soit estimé de manière relativement précise et fiable, les comparaisons fondées sur différentes méthodes ne sont pas robustes. La comparaison incluant l'âge au décès estimé avec d'autres publications doit par conséquent être interprétée avec prudence.

La limite méthodologique liée à l'estimation du sexe des individus immatures est également prépondérante. Il est à l'heure actuelle impossible d'estimer le sexe des sujets non-adultes de manière fiable (Loth & Henneberg 2001 ; Weaver 1980), si ce n'est par l'ADN, approche encore fragile (coût élevé, conservation incertaine, etc.) sur des thématiques « populationnelles » (cf. chapitre 4 pour les détails correspondants). Les analyses devront par conséquent être menées pour des groupes où les deux sexes sont mélangés, même si des différences existent pour la croissance et pour la maturation (Chaillet *et al.* 2005 ; Veschi & Facchini 2002), notamment à partir de la puberté (Coleman & Coleman 2002 ; Legge 2005 ; Mitani & Sato 1992).

En dernier lieu, si on se focalise un peu plus sur les analyses statistiques, celles-ci sont le plus souvent régies par les effectifs considérés (Van Vark & Howells 1984 ; Van Vark & Schaafsma 1992 ; Zar 1996). Utilisées à mauvais escient, elles peuvent aussi donner des résultats erronés (par exemple la comparaison des coefficients de corrélation dans les analyses de régression) et/ou biologiquement inexacts. Le choix des tests et analyses appropriés est aussi primordial pour la significativité des résultats (Van Vark & Schaafsma 1992). Reconnus comme obérant plus les études que les limites dues au matériel (Hoppa 2000b ; Saunders & Hoppa 1993), les biais méthodologiques ne doivent en aucun cas être négligés.

Les limites conceptuelles

On a tendance, à tort, à transposer ce que l'on connaît en biologie du vivant aux populations passées (Tillier 2000, 2005). Assimiler un processus dynamique — la croissance — à un état statique — le stade de développement — sur un échantillon transversal est biologiquement faux. Ainsi, par exemple, les « courbes de croissance » établies pour les collections

archéologiques ne sont que des profils de croissance squelettique ; les comparer aux courbes d'enfants actuels et en bonne santé est une erreur (Humphrey 2000). De plus, il est reconnu que la croissance n'est pas un processus linéaire (Lampl 1993 ; Lampl & Thompson 2007) et que les ajustements choisis (en général linéaires voire polynomiaux) pour les profils de croissance squelettique ne sont pas adaptés. Les comparaisons inter-populations sont donc à prendre avec précaution et toute interprétation doit être encore une fois clairement discutée. Cette remarque établie sur l'exemple des profils de croissance squelettique est valable pour d'autres analyses, telles que les indicateurs de stress ou encore les pathologies.

Lors des comparaisons inter-populations, il faut également prendre en considération le concept de « paradoxe ostéologique » (Wood *et al.* 1992). Ce postulat vise en effet les susceptibilités différentielles des populations à enregistrer dans leur organisme les différents épisodes marquants, tels que des stress ou des maladies. Par conséquent une population vivant dans des conditions extrêmes ou défavorables ne présentera pas nécessairement des marqueurs osseux plus nombreux ou des signes de gravité accrue. La relation de cause à effet n'est pas si simple. Toutefois, le pessimisme du paradoxe ostéologique a été tempéré par diverses études méthodologiques (Byers 1994 ; Cohen 1994 ; Wright & Yoder 2003) : si diverses analyses convergent vers une même interprétation, alors on peut conclure dans une certaine mesure à des conditions de vie favorables ou non selon les résultats.

Le développement même de la discipline est à prendre en considération. Certaines analyses restent inchangées depuis leurs prémices il y a plus de 30 ans ! Les biais qui s'y rapportent sont la plupart du temps non envisagés. Ce fut par exemple le cas des comparaisons de croissance squelettique entre les populations passées et les populations actuelles ou encore l'évaluation de la maturation (Cardoso & Garcia 2009 ; Fishman 1982 ; Lewis & Garn 1960). Les erreurs sont alors répercutées d'une étude à l'autre sans se soucier du fondement de l'analyse.

Il faut être toujours conscient des limites imposées par notre étude (biais intrinsèques) afin de minimiser les biais que l'on ajoute par les méthodes employées (biais extrinsèques) et les interprétations erronées (Perry 2005 ; Steyn & Henneberg 1996). Les résultats produits, certes moins extrapolés que d'autres, seront d'autant plus robustes.

4. PERSPECTIVES ACTUELLES

Ces limites, nombreuses, alimentent le peu d'engouement pour les études « populationnelles ». Or pour réellement les comprendre (du moins celles qui ne sont pas inhérentes au matériel d'étude en lui-même), il faut à la fois travailler du point de vue méthodologique (répondant à la plupart des biais mentionnés ci-dessus) et du point de vue de la population.

Les individus immatures apportent sans doute aujourd'hui le plus large éventail de « challenges » à relever en bioarchéologie. Le premier d'entre eux est certainement l'inclusion systématique des individus immatures dans de larges études de population. La multiplication de celles-ci permettra de mieux appréhender la place des sujets non-adultes, tant d'un point de vue biologique que culturel. Les effectifs étudiés seront augmentés et ainsi les comparaisons plus fiables (pour des méthodologies et protocoles comparables).

De par son absolue nécessité, dans les investigations à la fois populationnelles et méthodologiques, l'identification tient une place prépondérante dans les perspectives de

recherche actuelles. L'estimation de l'âge, bien que fiable, attire encore l'attention notamment, pour les problématiques médico-légales (Cameriere *et al.* 2007 ; Cameriere & Ferrante 2007 ; Cameriere *et al.* 2008a ; Ritz-Timme *et al.* 2000 ; Rösing *et al.* 2007). L'estimation du sexe est un sujet loin d'être résolu (Cardoso & Saunders 2008 ; Coussens *et al.* 2002 ; Franklin *et al.* 2007 ; Rissech *et al.* 2003 ; Rissech & Malgosa 2007), même si de nombreux auteurs publient autour de celle-ci. Ne serait-ce pas un problème d'évaluation du dimorphisme chez les enfants (cf. discussion du chapitre 4) ? Toujours est-il que des publications très récentes traitent du sujet (Hassett & Hillson 2009 ; Rosett & Buckberry 2009). Les autres critères d'identification (stature, poids, origine ethnique) intéressent le domaine judiciaire même s'ils ne sont que peu utilisés en anthropologie biologique (Ruff 2007 ; Sciulli & Blatt 2008).

La biologie fait également partie intégrante des perspectives actuelles, notamment en ce qui concerne le développement. Afin de passer outre les nombreuses limites concernant les profils de croissance squelettique, d'autres approches sont proposées pour permettre de comparer les courbes et de prendre en compte les facteurs influençant la croissance (Adair 2007 ; Cameron 2007 ; Lampl & Thompson 2007 ; Mays *et al.* 2008 ; Pinhasi *et al.* 2005 ; Tardieu *et al.* 2006). Une meilleure définition des divers stades de croissance est aussi entreprise, notamment la détermination du pic de croissance pubertaire et la distinction de l'adolescence à partir des vestiges osseux (Baroncelli *et al.* 2006 ; Özer *et al.* 2006 ; Parfitt 2002 ; Sidlauskas *et al.* 2005 ; Smith & Buschang 2005). Très méthodologiques, ces approches requièrent une pluridisciplinarité certaine (biologie du vivant, mathématiques, physique, etc.).

Les indicateurs de stress, pathologies et autres traumatismes tendent également à être systématiquement intégrés aux études générales de populations. Les indicateurs renseignent aussi sur le mode de vie des populations, même si les interprétations se doivent d'être réservées (Saunders *et al.* 1995 ; Saunders & Hoppa 1993 ; Wood *et al.* 1992). Par exemple, des études récentes ont apporté des indicateurs supplémentaires pour le diagnostic du scorbut et du rachitisme (Maat 2004 ; Mays *et al.* 2007 ; Ortner *et al.* 2001 ; Pinhasi *et al.* 2006).

Le problème récurrent de représentativité (Saunders *et al.* 1995) est difficile à dépasser. Cependant, de plus en plus de sites archéologiques sont fouillés exhaustivement, permettant une analyse complète du recrutement. Rappelons que l'insuffisance de la conservation des individus immatures reste controversée. Aucune preuve tangible n'a pu jusqu'alors être apportée (Bello *et al.* 2002 ; Masset 1973a ; Nacfer 1990 ; Stojanowski *et al.* 2002 ; Walker *et al.* 1988), la préservation des vestiges ne peut donc pas être la seule explication quant à la sous-représentativité fréquente des individus non-adultes dans les nécropoles. Continuer à définir les différentes modalités d'inhumation de ces sujets à travers les âges et les cultures est aussi une perspective qui nous permettrait de comprendre un peu mieux ce facteur de biais.

Cette dernière remarque nous permet de glisser vers le problème culturel et la représentation de l'enfant au sein de sa population. On a tendance, à tort, à séparer le côté biologique du côté culturel. Intégrer ce que les anglophones appellent la « bioarchaeology » et la « social anthropology » dans une même vision des sites étudiés permettrait de mettre en valeur cette part de la population un peu oubliée des larges études synthétiques et d'apporter aux enfants la reconnaissance qu'ils méritent (Baxter 2005a ; Ingvarsson-Sundström 2003 ; Lewis 2007 ; Perry 2005).

II. CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET PROBLÉMATIQUE

Une large étude synthétique combinée avec l'intégration de facteurs peu conventionnels dans les analyses de population est une perspective attirante mais ne peut être accomplie sans un contexte scientifique approprié et des interrogations préalables auxquelles il faut répondre. Alors que nécessite cette approche novatrice ?

1. UN CADRE ARCHÉOLOGIQUE VALORISANT

Une étude à la fois comparative et innovante se doit tout d'abord de posséder un échantillonnage adapté, c'est-à-dire avoir à la fois un effectif d'individus suffisamment conséquent pour autoriser des statistiques valides et un cadre contextuel dans lequel l'étude aura un sens. Or, la sous-représentation des bébés de moins de 1 an en contexte archéologique est fréquente (Bocquet-Appel & Masset 1982 ; Meindl & Russell 1998). Les périodes anciennes étaient d'ores et déjà exclues, la représentativité des individus non-adultes étant aléatoire d'une population à l'autre et les effectifs généraux souvent faibles. Le Moyen Âge et ses très grands ensembles funéraires répondaient bien plus à cet impératif d'effectif. Cependant, sans un cadre chrono-culturel précis, l'étude perd de son intérêt.

Celui proposé ici est le haut Moyen Âge européen, qui correspond à une transformation profonde de la société (Rouche & Heuclin 2003), entre la formation des premières structures étatiques et des mouvements conséquents de population (cf. chapitre 2). Plus particulièrement, les collections étudiées opposent deux versants du paysage européen : tout d'abord celui de l'Empire de Grande Moravie (9e-10e siècles, République tchèque actuelle) et de l'installation des peuples slaves d'Europe centrale (jusqu'à la fin du 11e siècle). Le paysage français correspondant est celui de l'Empire carolingien (8e-10e siècles). La christianisation est plus tardive en Europe centrale, une comparaison avec l'époque mérovingienne peut aussi apporter un point de vue complémentaire quant à la mutation de ces sociétés.

Les cimetières reflètent cette évolution et on peut également opposer ceux qui dépendent des centres de pouvoir et des sites urbanisés ou en voie de l'être à ceux des milieux ruraux au mode de vie essentiellement agraire.

Ce cadre archéologique valorisant permet de combiner deux avantages : un large effectif d'individus non-adultes autorisant des statistiques fiables et un cadre comparatif intéressant en termes socio-culturels, de milieux de vie contrastés et de peuplement, adapté à l'approche bioarchéologique souhaitée.

2. QU'EST-CE QU'UN ENFANT ? LES SUJETS NON-ADULTES AU CŒUR DU SUJET

Les enfants des sociétés du passé pâtissent de l'image de ce que devrait être un enfant vu par notre société moderne et occidentale (James *et al.* 1998). Or, quelle que soit la période considérée, un enfant n'est pas seulement un état biologique mais est aussi défini par un ensemble d'événements culturels et sociaux. La définition de l'enfant, par extension de l'enfance, est donc relative, et dépendante de la consonance que l'on veut bien lui apporter[1]. Dans des

[1] Selon la Convention des droits de l'enfant, selon l'article 1, un enfant est une personne de moins de 18 ans. Ce fait n'était pas établi au Moyen Âge.

termes plus archéologiques, deux définitions peuvent être mises en avant (Halcrow & Tayles 2008 ; Ingvarsson-Sundström 2003) :

- l'enfant biologique, correspondant aux vestiges physiques (les squelettes) ;
- l'enfant culturel, représenté par la culture matérielle (Sofaer Derevenski 2000).

Les deux notions ont leur importance pour replacer les sujets dans la population d'où ils sont issus.

a. L'enfant biologique

Qu'entendons-nous par enfant biologique ? Étant pourtant en accord avec les propos de Kamp sur l'importance des catégories d'âge culturelles qu'il faudrait définir pour chaque population (Kamp 2001), nous n'avons malheureusement pas souvent accès à de telles données archéologiques. Les données biologiques revêtent alors toute leur signification dans ces cas. L'enfant biologique dans le cadre de ce travail de thèse sera donc l'enfant représenté par ses vestiges dentaires et squelettiques et, comme pour les adultes, toutes les indications biologiques qu'ils apporteront. La seconde partie de ce manuscrit relate donc l'enfant biologique. Après estimation de l'âge d'un maximum d'individus, les notions de variabilité, de croissance, de stress et de pathologie alimenteront cette définition. En somme quelles sont les caractéristiques générales décrivant un squelette non-adulte ? Plus précisément quelles différences peuvent être mises en évidence selon le milieu de vie/le statut socio-économique d'où les individus sont issus ? Les éléments de réponse seront confrontés à ceux obtenus par l'approche de l'enfant culturel afin de modéliser un éventuel schéma, en fonction de leur mode de vie ou de leur population d'origine.

b. L'enfant culturel

Si l'enfant biologique semble relativement facile à définir (caractérisation des stades de croissance et de développement, âge dentaire et squelettique, état sanitaire, etc.), l'enfant culturel dépend directement du contexte « populationnel » dans lequel il a évolué (Halcrow & Tayles 2008). Nous entendons ici les phases d'apprentissage, la relation à la société, le passage à l'âge adulte, etc. (Baxter 2005a). Cependant, ces informations sont rarement préservées même dans les sources écrites (Orme 2003). Les données dont nous disposons et qui se rapprochent le plus de la culture au sens large sont celles concernant la culture matérielle comprenant les modes d'inhumation, les techniques d'ensevelissement, le mobilier funéraire, etc. La manipulation des cadavres, que l'on peut également évaluer dans une certaine mesure, concerne les pratiques funéraires. La structure des populations inhumées (ou recrutement : Masset 1987) ainsi qu'une évaluation de type paléodémographique (cf. chapitre 8) apportent des indices complémentaires sur le fonctionnement de ces populations. Ces deux aspects seront traités dans la troisième partie de ce manuscrit. La liaison entre ces déterminants biologiques et culturels est examinée en dernier lieu dans le chapitre 9 de synthèse.

Un enfant pour nous se définira donc selon deux aspects : ses modalités biologiques reflétées par une analyse ostéologique approfondie et le traitement que la population lui a réservé au moment de son décès ainsi que les éléments matériels qui l'accompagne. Ces deux définitions adaptées à la problématique générale de ce travail peuvent être réorientées selon la discipline intéressée (ethnologie, psychologie, pédiatrie, etc.) ; tout est question de perception.

c. Evolution des perceptions de l'enfance

Ce troisième et dernier point permet de recentrer le sujet autour des individus immatures et de ne pas faire dépendre nos interprétations de nos conceptions modernes de l'enfant et de l'enfance dans nos sociétés. Il faut abandonner dès à présent notre point de vue ethnocentrique (Ingvarsson-Sundström 2003).

« J'étais presque mort quand je vins au jour.»

Cette citation de Chateaubriand, met très bien en évidence l'omniprésence de la mortalité infantile dans le passé, et jusqu'à aujourd'hui dans les populations non-industrialisées (Morel 2004). Il naît beaucoup d'enfants, il en meurt beaucoup également. Nous ne sommes pas dans l'apologie du bébé à naître et à chérir mais dans la perpétuation de la famille avant tout. Sans remonter à des époques très anciennes, cet état de fait était encore valable au haut Moyen Âge (Orme 2003). L'influence de l'église sur les modalités d'inhumation du petit enfant est aussi non négligeable mais dépend de l'avancement de la christianisation des contrées (Morel 2001).

Dans un second temps, vient l'étape du sevrage. Oublions les petits pots Blédina© et les couches Pampers© ! Le sevrage, c'est-à-dire la privation du lait maternel, à ne pas confondre avec la diversification alimentaire, qui est l'introduction de nourriture autre que le lait dans le régime du bébé, est difficile à évaluer car peu d'informations existent pour ces périodes (Dittmann & Grupe 2000). Seules quelques hypothèses sont avancées. Par exemple, l'allaitement devait conférer un moyen (plus ou moins fiable) de régulation des grossesses chez les femmes (Verdon 1999), bien que biologiquement ce fait était alors inconnu. L'hormone prolactine est en effet un frein aux autres hormones féminines (notamment œstrogènes et progestérone) et retarde le retour des règles (Poindron *et al.* 1980). Ce n'est pas cet effet indirect qui était observé mais le stress biologique encouru par l'enfant par la diversification alimentaire. En effet, l'enfant est très vulnérable à son environnement car son immunité n'est pas préparée aux agressions diverses apportée par la nourriture préparée. C'est pour cela qu'on observe un pic de mortalité à ce moment là (Schurr 1998). C'était donc une étape clé dans la survie de l'enfant qui ne l'est plus de nos jours.

La notion d'enfance relative à une période d'insouciance et de jeu est aussi très récente (Postman 1994). Un enfant (hormis dans les classes les plus élevées) était avant tout une bouche de plus à nourrir mais aussi des bras pour aider au quotidien. Sans entrer dans des détails ethnologiques, les exemples du travail de l'enfant dès son plus jeune âge abondent (par exemple Parcel & Menaghan 1994).

Enfin le passage à l'âge adulte au haut Moyen Âge n'est pas forcément très clair (Rouche 2000). Chez la fille, les premières menstruations ou la décision de mariage font souvent office. Chez le garçon, même s'il n'existait pas nécessairement de rite à proprement parler, le fait d'avoir un travail à part entière et donc une certaine indépendance était un des signes. La plupart du temps les enfants travaillaient et apportaient leur aide très tôt (Orme 2003). Les adolescents étaient donc la plupart du temps considérés comme des adultes.

Cet aparté nous permet donc de rester objectif et d'analyser les données recueillies sans sur-interprétation. Un enfant au haut Moyen Âge n'est pas un chérubin actuel. La problématique de l'étude n'en est que plus pertinente.

3. PROBLÉMATIQUE

Ce chapitre introductif aborde les problématiques de ce travail dans les grandes lignes. Après une description des collections étudiées, présentant le cadre contextuel de ce travail, les objectifs précis seront exposés dans le chapitre 3. La recherche menée dans le cadre de cette thèse propose une problématique triple :

a. Synthétique

Comme nous l'avons vu dans le premier point de ce chapitre, il existe une abondance d'approches différentes pour les individus immatures. Elles correspondent la plupart du temps à une interrogation précise. Le sous-ensemble non-adulte d'une population n'est, par conséquent, que rarement analysé dans son intégralité afin de définir les caractéristiques « populationnelles » des sujets, de les comparer et d'en faire un sujet d'étude à part entière.

C'est dans cet objectif que nous traiterons ce premier point, en inversant la tendance des études de population focalisées sur les adultes qui survolent simplement les enfants (au sens large). Un squelette immature peut se révéler tout aussi informatif qu'un squelette mature. Les approches doivent simplement être adaptées aux spécificités du développement, ce qui nous amène au second point.

b. Méthodologique

Comment rendre les informations obtenues sur des sujets non-adultes généralisables à l'ensemble de la population ? La seconde problématique de ce travail se focalise sur cette question. Il est évident qu'une simple étude comparative, de la taille des os longs par exemple, devient rapidement compliquée lorsqu'on a affaire à des individus à différents stades de leur croissance et de leur maturation. Il faut donc trouver un moyen de tenir compte de ces facteurs (et peut-être même aller au-delà) pour établir des comparaisons fiables.

Une des perspectives de recherche sur les enfants est très certainement méthodologique (cf. §I.4.). Or on a trop souvent tendance à voir la méthodologie comme la découverte de nouvelles méthodes d'identification (estimation de l'âge et/ou du sexe la plupart du temps) plutôt que comme la recherche d'outils ou de moyens pouvant améliorer les études déjà existantes. La réponse que nous proposons à cette problématique relève de cette deuxième idée.

c. De l'individu à la population

Une très forte corrélation existe entre les différentes problématiques proposées par ce travail. Sans comparaison fiable, pas d'analyse synthétique, et sans méthodologie d'étude adaptée aux sujets non-adultes, pas de comparaison. Il en va de même pour ce troisième et dernier point. Comment passer de l'information obtenue individuellement à l'ensemble des sujets non-adultes dans un premier temps et à la population entière dans un second temps ?

Nous nous efforcerons donc de lier ces trois points tout au long de nos analyses. Les échantillons de populations étudiés — nécessairement transversaux — correspondent à un assemblage de données individuelles. Dans quelle mesure celui-ci peut-il représenter la population dans son ensemble ? En gardant à l'esprit les limites de nos études, les interprétations seront mesurées et adaptées à ce troisième point de la problématique. Définir clairement une population permet de

la comparer avec une autre, étudiée de façon homologue. Les différences et similitudes mises en avant peuvent alors être confrontées à celles obtenues pour d'autres populations et ainsi de suite.

Alors enfants, comment vous analyser ? Êtes-vous le reflet des populations et des modes de vie auxquels vous apparteniez ? Est-ce illusoire de concevoir une étude bioarchéologique globale sur des vestiges d'individus en cours de développement (Halcrow & Tayles 2008) ? Avant de répondre à ces questions, présentons le cadre contextuel de cette étude.

CHAPITRE 2

LES COLLECTIONS ÉTUDIÉES : CONTEXTE HISTORIQUE ET NATURE DES ÉCHANTILLONS

« De même que l'individu naît au monde dans une certaine langue, il naît aussi dans un certain contexte historique. Et personne ne peut avoir une relation «libre» vis-à-vis de ce contexte. »

Jostein Gaarder

Il est primordial de situer le contexte d'une étude afin de préciser ses objectifs et de centrer la problématique. Le Moyen Âge est une période historique riche en événements qui offre de nombreuses possibilités d'analyse et ce à plusieurs niveaux. Le(s)quel(s) avons-nous choisi(s) ?

I. LE HAUT MOYEN ÂGE EN EUROPE. MOUVEMENTS ET RÉORGANISATION DES SOCIÉTÉS

1. GÉNÉRALITÉS

Le Moyen Âge se situe chronologiquement entre l'Antiquité et l'Époque moderne. Défini simplement ici, les limites de cette période, et encore plus les différents découpages internes à celle-ci sont toujours discutées et font encore l'objet de débats entre historiens (Le Goff 2004 ; Le Goff & De Montrémy 2003). Sans entrer dans ces débats, en ce qui nous concerne, nous faisons correspondre le haut Moyen Âge à la fois aux époques mérovingienne (5e-7e siècles après J.-C.) et carolingienne (8e-10e siècles débordant parfois sur le 11e siècle après J.-C.). Ces bornes assez larges sont classiquement choisies par les historiens et médiévistes (Depreux 2002 ; Durliat 2002 ; Le Jan 2003).

Cette période relativement longue ne constitue pas de rupture concrète avec l'Antiquité, elle est plutôt considérée comme une transition vers les sociétés féodales (Duby 1973 ; Le Jan 2003). Ce caractère s'accompagne de nombreuses transformations des structures sociales définissant ainsi non pas une mais des sociétés du haut Moyen Âge (Duby 1973 ; Le Jan 2003).

L'Europe du haut Moyen Âge peut être caractérisée selon trois grands axes :

- De nombreux mouvements de population sont enregistrés entre le 4e et le 10e siècle (Baschet 2004). Trois vagues successives ont eu lieu durant cette période : celle provenant majoritairement de l'est aux 4e et 5e siècles (Huns, Vandales, Wisigoths, Slaves, etc.) ; les invasions de l'Empire arabe arrivent ensuite du sud entre les 6e et 8e siècles (Curta 2001, 2003) ; enfin un dernière vague survient du nord (Normands, Varègues, etc.) du 9e au 11e siècle. Certains auteurs parlent d'Europe assiégée (Baschet 2004) avant de définir une Europe en extension les siècles suivants.

- L'Europe fait l'objet d'une restructuration rapide de l'espace, avec la fragmentation régionale des lieux de pouvoir, au bénéfice de l'aristocratie locale et du clergé (Duby 1973 ; Durliat 2002 ; Le Jan 2003). Un changement de la structuration et de l'organisation des sociétés survient et dépend de la région considérée (cf. §3).
- Le troisième point concerne la christianisation de l'Europe. Le haut Moyen Âge montre une grande disparité dans cette diffusion. Largement représenté dès la fin de l'époque mérovingienne par les Francs, les états plus à l'est n'en sont qu'aux balbutiements. Le combat pour la propagation et le maintien du christianisme en Europe perdure d'ailleurs pendant toute l'époque médiévale (Defebvre *et al.* 1999).

Les précisions au niveau des cultures et des arts ne sont que peu concernées par notre projet. Le cadre contextuel des populations est plus important, définissant à la fois la composition de celles-ci et l'environnement dans lequel elles évoluent.

2. ENVIRONNEMENT

Le haut Moyen Âge se caractérise par des conditions de vie plutôt favorables, fondées sur une économie agro-sylvo-pastorale, malgré quelques épisodes sombres (épidémies de peste du 6e siècle, famines comme la disette de 779 à Paris : Sébillot 2002). Selon Jean-Louis Flandrin, « durant le haut Moyen Âge, les paysans européens ont eu une nourriture plus équilibrée qu'à d'autres époques, passées ou futures », peu de carences ou de maladies liées à la malnutrition sont relevées (Flandrin & Montanari 1996). Cependant, il faut mentionner la difficulté à reconstruire le mode de nutrition exact de cette époque ; par conséquent, les avis divergent selon les auteurs entre une diète plutôt correcte et une certaine malnutrition (Pearson 1997). Les invasions et les conflits jalonnent la période jusqu'à la fin du 10e siècle défavorisant le développement des cultures et ajoutant des tensions à la vie quotidienne laborieuse. La prospérité est donc relative (Bonnassie 1990).

L'immense majorité de la population médiévale vit à la campagne et travaille les champs (Duby 1962). Malgré la faiblesse des sources, certaines affirmations peuvent être apportées. Les habitations s'organisent autour des terres et des parcelles cultivées appelées manses. Les principales récoltes sont céréalières (Rösch 2008). Une large variété de céréales est cultivée : l'orge (*Hordeum*), diverses espèces de blé (*Triticum sp.*) et le seigle (*Secale cereale*) constituent les trois principales productions auxquelles se rajoutent l'avoine et le millet (Rösch 2008). La nature du sol conditionne fortement le type de plants cultivés et il n'est pas rare de retrouver des vestiges de fruits importés, tels que la prune, dans les sites allemands (Bakels 2005). La nature alentour complète l'alimentation.

Du point de vue du climat, de l'Europe centrale à l'Europe de l'ouest, les températures moyennes restituées sont inférieures à celles du début du 20e siècle sans toutefois enregistrer de période très froide (Bodri & Cermac 1995, 1997, 1999 ; Bodri & Dövényi 2004) ni d'hiver très rigoureux (Pfister *et al.* 1998) comme lors du « petit âge glaciaire » au 18e siècle. Des périodes plus chaudes encadrent le haut Moyen Âge : une augmentation de température est enregistrée pour la République tchèque aux alentours de 400 après J. -C. puis ensuite vers 1250 après J.-C. (Brazdil *et al.* 2005). La période de réchauffement à partir du 9e siècle reste quant à elle controversée et apparaît plutôt comme régionale et pas synchrone selon le lieu considéré (Hughes & Diaz 1994). Le climat semble donc avoir été dans l'ensemble clément et contribue à la description d'un

environnement favorable. L'organisation de la société a dû avoir un impact plus négatif au niveau des populations.

Naissance ou renaissance urbaine ? Le processus de ruralisation de la société occidentale au tout début du Moyen Âge est lié à la fois aux invasions germaniques et à la création des royaumes barbares mais aussi au déclin en cours des cités romaines (Graham 1987). Les villes existent mais ne se déploient plus voire même régressent. La croissance urbaine semble donc s'être assoupie durant le haut Moyen Âge même si on assiste à la mise en place des premiers réseaux paroissiaux (Zadora-Rio 2003). L'essor urbain ne reprend qu'à la fin du 10e siècle par des mouvements partis des campagnes porteuses alors d'un essor agricole favorable au commerce (Piskorski 2004). Que ce soit en domaine rural ou urbain, les cimetières sont en général contigus aux lieux d'habitat mais n'y sont pas intégrés (Betsinger 2007). Au haut Moyen Âge, le regroupement des inhumations en cimetières n'était pas systématique (surtout à la période mérovingienne) et les tombes étaient regroupées et contiguës aux habitats et souvent réemployées (Zadora-Rio 2003). Toutefois, la fondation des cimetières chrétiens paroissiaux commence à être commune dès la période carolingienne, surtout dans les zones plus urbanisée (Lauwers 1997, 2005).

3. ORGANISATION

Comme il a été mentionné dans le premier paragraphe, les mouvements de population et les réorganisations territoriales entraînent une différenciation des sociétés selon les restructurations locales et régionales.

L'organisation de cette société s'articule autour de groupes de personnes primant sur l'individu (Depreux 2002). Cependant, l'individualité s'exprime par le statut social qui prend rapidement de l'ampleur — surtout au niveau des centres plus urbanisés — dès le 6e siècle (Le Jan 2003). Les différences hiérarchiques sont donc au centre de cette organisation. La lignée biologique est primordiale chez les élites (première aristocratie, dirigeants des empires, etc.). Au centre de cette organisation se trouve le réseau administratif (mieux défini à l'époque carolingienne qu'à l'époque mérovingienne) dirigé par l'aristocratie (comtes, marquis, ducs, etc.), lequel est conforté par les appuis ecclésiastiques (Le Jan 1995). La prédominance de l'Église et du clergé s'accroit tout au long du haut Moyen Âge, en même temps que la diffusion du christianisme à travers l'Europe et la mise en place des réseaux paroissiaux et des communautés monastiques (Zadora-Rio 2003). Le peuple s'organise autour de groupements (notamment dans les villages) en fonction des activités (marchands, artisans, agriculteurs). Rappelons toutefois que la structure initiale de cette société reste la famille, nucléaire voire élargie (Bresc *et al.* 2005 ; Lett 2000). Les enfants y tiennent donc une place centrale. L'indifférence vis-à-vis des enfants à cette époque est une notion controversée (Ariès 1960 ; Orme 2003) *vs.* (Baxter 2005a ; Shahar 1990). Une contradiction apparaît alors : comment expliquer le rapport de la famille aux enfants alors que seuls deux enfants sur dix atteignaient l'âge de 10 ans (Orme 2003) ? Or on assiste en même temps à l'évolution du statut de l'enfant avec la volonté d'inhumation des tout-petits ou encore des pratiques funéraires spécifiques qui leur sont dédiées (Portat 2006 ; Treffort 1996, 2002).

L'immense majorité des enfants médiévaux vivent à la campagne. Cependant, ils n'apparaissent que peu dans les écrits (récits de miracles, documents judiciaires, etc.) et la majorité des données sont obtenues à partir des fouilles de cimetières (Faaborg 1997), ce qui nous laisse une large marge interprétative.

II. LES COLLECTIONS ÉTUDIÉES : ENVIRONNEMENT ET MILIEUX SOCIOÉCONOMIQUES CONTRASTÉS

Quatre collections — dont 3 majeures — ont permis d'établir le corpus de données de ce travail (Figure 1). Elles proviennent de deux contextes historiques différents, à savoir le royaume slave de Grande Moravie (et la mise en place des premières structures étatiques d'Europe centrale) confronté aux populations issues du royaume franc en place bien avant le premier. Quels parallèles peut-on établir à partir de ces deux entités ?

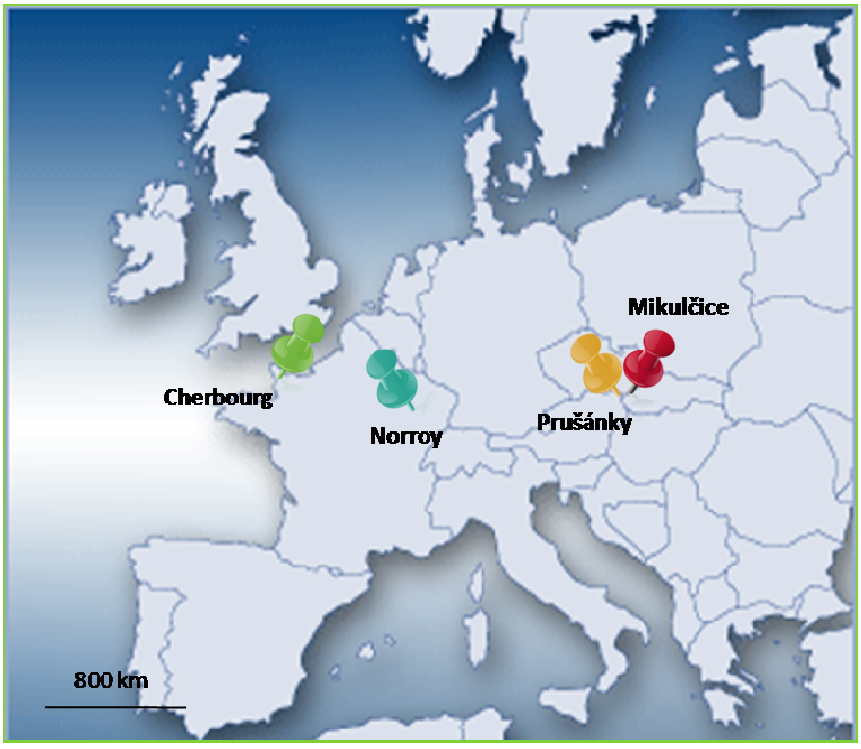


Figure 1 : Carte d'Europe représentant les sites étudiés dans ce travail.

1. L'EMPIRE DE GRANDE MORAVIE : LES COLLECTIONS TCHÈQUES

a. Place et organisation de l'Empire de Grande Moravie en Europe

L'histoire des peuples slaves et de l'Europe centrale autour de l'actuelle République tchèque est peu connue avant le milieu du 7e siècle (Leger 1868). Plus précisément, la principauté de Samo (623-658), prenant place dans les actuelles Moravie, Slovaquie, Basse Autriche et probablement Bohême, est considérée comme le prédécesseur présumé de l'Empire de Grande Moravie. Ce n'est cependant pas une institution avérée mais plutôt une confédération de peuples. Toutefois, ce sont les seules informations fiables disponibles. Ce n'est qu'à la fin du 8e siècle que l'histoire de la Grande Moravie se forge en marge de l'Empire franc à l'ouest (Böhm *et al.* 1963). Les Slaves du nord du Danube profitent des conflits entre Francs et Avars (Empire hongrois) pour instaurer un état structuré rassemblant les peuples de ces régions en différentes principautés. Le terme d'Empire de Grande Moravie est entériné par le prince Mojmír I (833-846), installé à Mikulčice (Böhm *et al.* 1963). Au plus fort de son expansion, à la fin du 9e siècle, l'Empire de Grande Moravie s'étendait principalement sur les actuelles République tchèque et Slovaquie avec, au

nord, une partie de la Pologne, et temporairement, selon les extensions, sur la marge méridionale de l'Allemagne et, au sud, sur une frange étroite de l'Autriche et de la Hongrie.

D'un point de vue stratégique, les Slaves contraient l'influence franque par un rapprochement avec l'Empire byzantin (Conte 1986). Les missionnaires saint Cyrille et saint Méthode sont envoyés en Grande Moravie pour continuer la christianisation de l'empire après les envoyés francs (pour inculquer les styles de vie et la religion des aristocrates francs, 843-863). L'organisation de l'État est donc le reflet des influences franques et byzantines (Böhm *et al.* 1963 ; Conte 1986 ; Leger 1868). Dans l'ensemble, la hiérarchie est proche de celle de l'Europe de l'ouest (cf. §I.), avec une nette dépendance des habitants à la noblesse, aux détenteurs de terres et aux administrateurs (Polacek 2008) mais la christianisation (surtout des campagnes) est moindre (Conte 1986). Le plus bas échelon de la société comprenait les esclaves sans droit et totalement à la merci de leur maître. Les principautés sont fondées autour de centres de pouvoir tels que Nitra, Devín, Staré Město ou Mikulčice (l'emplacement de la capitale, Morava, est encore inconnu à l'heure actuelle). En dehors de ces centres, la grande majorité du peuple se rassemblait en villages et le mode de vie agraire prédominait (Conte 1986).

La Grande Moravie marque un tournant de l'histoire de l'Europe centrale puisqu'elle correspond au début de l'écriture (alphabet cyrillique) et de la culture et de la littérature slaves (Conte 1986). La culture matérielle originale qui en découle est unique à cette partie de l'Europe (Polacek 2008). Toutefois, les principaux groupes ethniques créaient certaines variations locales aux typologies particulières (Curta 2008a). Dans l'histoire de l'Empire, quatre princes se succédent après Mojmír I^{er} : Rastislav (846-870), Slavomír (870-871), Svatopluk I^{er} (871-894) et Mojmír II (894-906). Les querelles pour le gouvernement de l'Empire et les invasions magyares par le sud signent le déclin de la Grande Moravie (Böhm *et al.* 1963 ; Conte 1986 ; Leger 1868) qui voit disparaître cette appellation dès la fin du 10^{e} siècle. Après 907, le terme de Grande Moravie n'est plus mentionné dans les textes historiques (Merinsky 2002, 2006). Le centre de pouvoir se déplace à Prague et on assiste à la mise en place d'un système clairement féodal par les Přemyslites venus de l'est (Trestik 2001).

b. Mikulčice, l'agglomération en expansion

Présentation du site

Le site de Mikulčice-Valy est le plus vaste site archéologique de République tchèque et est inscrit au patrimoine national culturel dès 1963. Il concoure également à la nomination au patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 2001 (http://whc.unesco.org). Situé à 7km au sud d'Hodonín en bordure de la frontière avec la Slovaquie, Mikulčice est aujourd'hui une petite municipalité tchèque d'environ 2000 habitants. D'un point de vue historique, le site archéologique représente un des centres de pouvoir de l'Empire de Grande Moravie fondé à partir du 6^{e} siècle mais ayant connu son apogée entre le 9^{e} et le 10^{e} siècle (Polacek 2000 ; Trestik 2001). L'origine du site en tant qu'habitat remonte entre le 3^{e} et le 6^{e} siècle après J.–C., peut être même avant (Portal 1965).

Ce large ensemble fortifié, découvert à la fin du 19^{e} siècle, comprend les vestiges d'un palais (*castrum*), pas moins de 12 églises, une basilique et plus de 2500 sépultures. Au 9^{e} siècle, l'ensemble fut reconstruit et étendu en une agglomération résidentielle s'étendant sur 30 hectares (100 à 200 hectares selon les estimations originelles) (Portal 1965). Les fouilles, dirigées par J. Poulík (dès 1954) puis par Z. Klanica (après 1980), s'étendent sur plus de 10

hectares (Polacek 2000). Après une phase d'étude, de nouveaux programmes de terrain ont repris en 2004 (Polacek 2008). Le plan général du site et sa topographie sont illustrés par la figure 2.

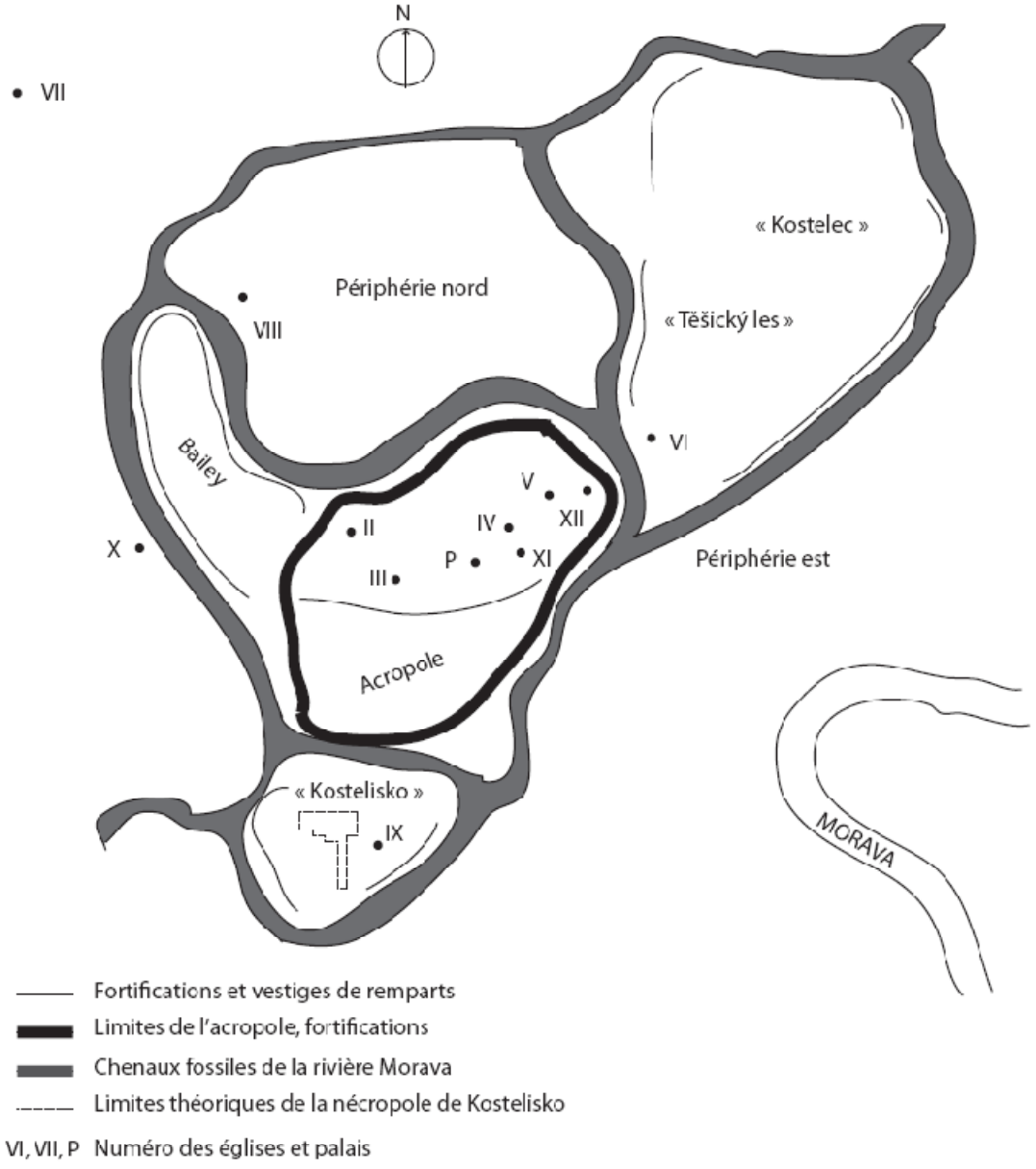


Figure 2 : Mikulčice-Valy, plan général du site et topographie (d'après Poláček 2008, p. 21).

Sa situation idéale et stratégique le long d'affluents de la rivière Morava contribue largement à son expansion et à sa domination. Certains auteurs se risquent même à qualifier Mikulčice de capitale de la Grande Moravie (Hensel 1963). Toutefois, aucune preuve archéologique ou textuelle ne le confirme, même s'il reste un des grands centres de pouvoir de la Grande Moravie, comme les sites de Staré Město-Uherské Hradiště ou encore de Nitra (Velemínský & Poláček 2008). Les reconstructions des églises et leur décompte sont extrêmement complexes. Quatre sont avérées mais seuls la présence de nécropoles bien circonscrites et de quelques vestiges permettent de cerner les autres (Poláček 2000 ; Poláček & Marek 2005). L'organisation régulière

des sols d'habitat retrouvés autour de ce qui a été qualifié de *castrum* (une large bâtisse en pierre jouxtant la basilique), situé sur une dune surélevée par rapport à la vallée (nommée *acropole*), indique le caractère **urbain** de l'ensemble (Poláček 2000 ; Poláček & Marek 2005). Toutefois, l'urbanisation y est encore en développement et après la chute de l'Empire au 10e siècle, cet ensemble retrouve un caractère plus rural. Du point de vue des habitants de Mikulčice, la société était très stratifiée, allant de l'aristocratie et des dirigeants, inhumés dans le cimetière du palais (« palác » en tchèque), aux commerçants, artisans et simples citoyens répartis selon leur classe autour de l'édifice principal (Poláček *et al.* 2006).

Figure 3 : Illustration des vestiges du castrum de Mikulčice. Crédit photo : http://www.ubytujmese.cz/img/velke/mikulcice.jpg.

De très nombreux vestiges archéologiques ont été découverts tels que des textes (premiers textes slaves), de nombreux bijoux, parures, armes, vaisselle, poteries, des restes de bois, de tissus, de cuir, etc. Cette richesse, toujours en cours d'étude, contribue à la connaissance de ces premières structures étatiques d'Europe centrale (Poláček 2000 ; Poláček *et al.* 2006).

Mikulčice-Kostelisko, quelle place pour cet ensemble ?

La nécropole étudiée dans le cadre de notre étude est celle nommée Mikulčice-Kostelisko. Cette partie du faubourg est située entre la frontière sud de l'acropole et l'église n°IX. C'est le second cimetière le plus important du site, regroupant 425 sépultures fouillées. Les limites entre celui-ci et la nécropole associée à la neuvième église sont floues (cf. figure 2). La population issue de cette nécropole représente plutôt la classe moyenne des commerçants, artisans et employés du palais mais possédant un statut social relativement élevé si on considère la place de la nécropole et les vestiges archéologiques retrouvés dans l'enceinte (Poláček 2000 ; Poláček & Marek 2005). La Figure 4 représente le plan de répartition des sépultures et les limites théoriques de la nécropole (l'appendice au sud est limité par un chenal fossile sans sépulture). Les fouilles peuvent être considérées comme exhaustives.

La population étudiée correspond donc à un ensemble inscrit dans l'urbanisation de la cité fortifiée, sans toutefois appartenir à l'élite qui n'aurait pas été représentative de l'ensemble de « l'agglomération » et sans correspondre non plus aux classes les plus basses qui pourraient se confondre avec les agriculteurs alentours (Velemínský 2000). Cependant, un niveau de vie élevé est avéré, notamment par un régime alimentaire riche et diversifié incluant l'apport en fruits, légumes, vin, etc. (Opravil 2000).

Conservation et composition de l'échantillon

L'échantillon étudié est conservé au Musée National de Prague (Národní Muzeum), sous la responsabilité de Petr Velemínský. Les réserves récemment bâties en banlieue de Prague (Horni Počernice, en 2005), ont permis le reconditionnement et une préservation optimale de la collection.

L'ensemble du site de Mikulčice est localisé dans la plaine inondable de la rivière Morava. La sédimentation du site est principalement fluviatile, sableuse, alternant avec divers horizons limoneux marquant les différentes crues majeures. Cet environnement explique en grande partie la conservation variable des vestiges dont ceux de Mikulčice-Kostelisko. En effet, la conservation varie d'une sépulture à l'autre. Au nord, au plus proche des restes de bâti, la conservation est bonne voire excellente. En revanche, au sud, au niveau des bancs sableux, elle s'avère fluctuante voire médiocre (quelques esquilles osseuses préservées). Tout dépend de l'impact et de l'infiltration de l'eau dans les tombes. Dans l'ensemble, la majeure partie des squelettes est bien conservée.

L'échantillon étudié comprend 213 sépultures d'individus immatures et 40 sépultures d'adultes (essentiellement utilisés pour les données métriques) sur un total de 425 structures fouillées. Toutefois, des individus non-adultes ont été identifiés dans d'autres contextes : soit dans le sédiment de remplissage des sépultures soit en sépulture double voire multiple soit en vestiges isolés. En reprenant les données de fouilles et en confrontant l'ensemble des vestiges avec nos données, nous avons donc établi un nombre minimal d'individus (NMI) pour cette nécropole (Adams & Konigsberg 2004 ; Horton 1984). Ainsi, le NMI d'exclusion retenu est de 235 individus non-adultes allant du sujet périnatal à l'adolescent (la composition par âge sera donnée dans le chapitre 4). Par la suite, pour des raisons pratiques, la collection de Mikulčice-Kostelisko sera abrégée en Mikulčice tout en sachant qu'elle ne représente par l'ensemble de cette population.

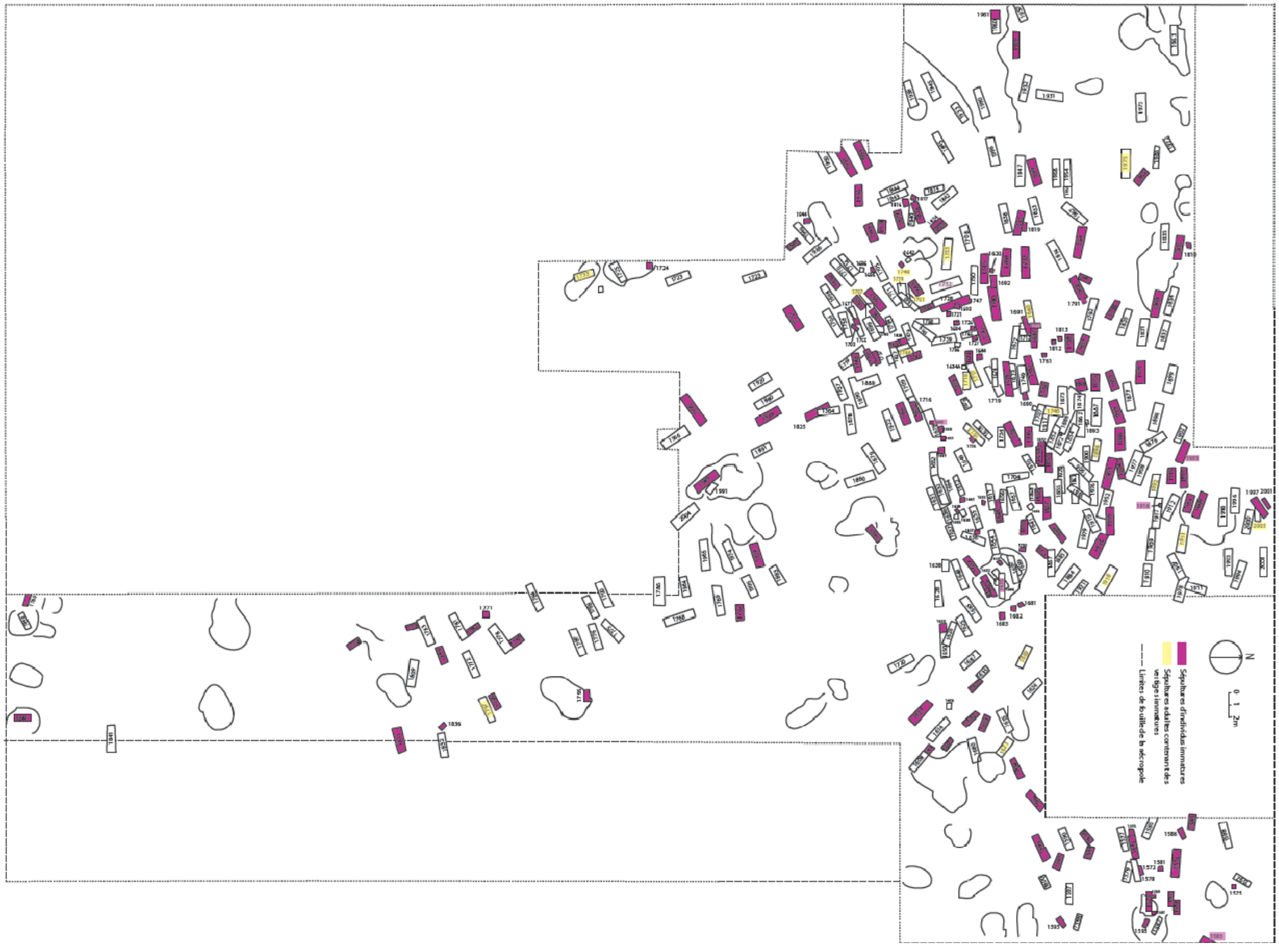


Figure 4 : Plan de la nécropole Mikulčice-Kostelisko (d'après Velemínský 2000 ; les sépultures d'individus immatures sont colorées en violet).

c. Prušánky, l'ensemble rural

Si proche et pourtant si éloigné de Mikulčice

Le site de Prušánky-Podsedky est proche d'un bourg actuel de 2000 habitants du même nom. Il se situe à moins d'une dizaine de kilomètres de Mikulčice. La figure 5 (ci-après) situe Prušánky et Mikulčice ainsi que les principaux sites moraves datés des 9-10e siècles.

Cette proximité géographique ne reflète cependant pas une proximité de mode de vie. En effet, la population vivant à Prušánky est exclusivement rurale avec un mode de vie plus pauvre et essentiellement agraire (Beeby *et al.* 1982). Toutefois, la proximité avec la cité en expansion de Mikulčice (le site correspond au second développement autour de l'agglomération) privilégie des échanges certains, notamment des denrées alimentaires (Klanica 2006b). En revanche, le site de Prušánky ne semble pas dépendant des activités du premier et fonctionne de manière autonome (Klanica 2006a).

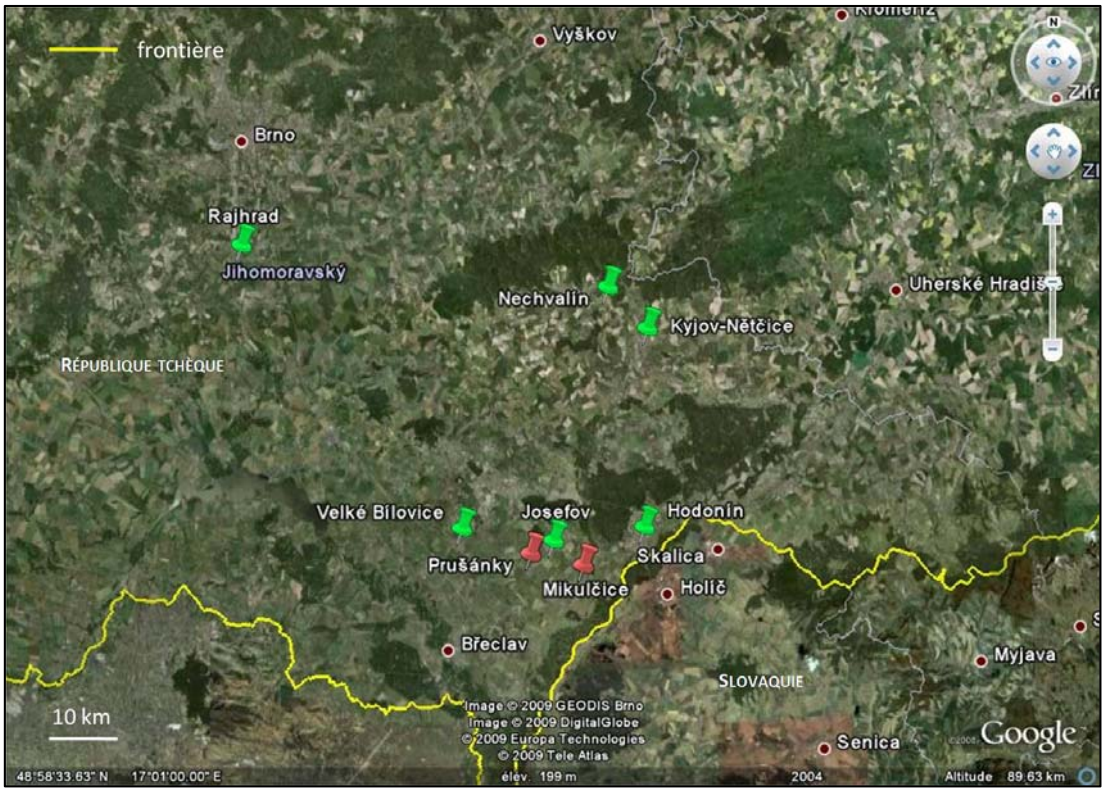


Figure 5 : Situation des principales nécropoles de Grande Moravie (9-10e siècles) autour de Mikulčice (au nord de la frontière actuelle avec la Slovaquie), d'après une image Google Earth©.

En 1975, la découverte fortuite d'une sépulture accompagnée de mobilier morave, lors de la construction d'un château d'eau pour une coopérative agricole, a été le point de départ des fouilles menées par Z. Klanica et R. Skopal jusqu'en 1988. Etant donné l'ampleur du site, les fouilles à vocation première de sauvetage sont rapidement devenues des campagnes annuelles

(Klanica 2006a). Le site se compose de deux nécropoles bien circonscrites[2] représentant au total 676 sépultures autour desquelles des traces d'habitats (notamment des poteries) ont été décelées sans pour autant les définir. Bien que fouillées quasi-exhaustivement (plus de 95% estimés, seules les surfaces boisées ont été laissées intactes), les limites exactes de l'extension du site restent inconnues car masquées par des aménagements récents (Klanica 2006a). Les modes d'inhumations ainsi que les vestiges archéologiques retrouvés sont proches de ceux de son homologue « urbain » même si un mobilier plus « pauvre » et quasi sans caractère guerrier est inventorié (Poláček 2008). L'extension chronologique de l'ensemble est également plus vaste (9e-12e siècles) que celle de Mikulčice. Toutefois, le locus étudié, Prušánky 1, est bien phasé entre les 9e et 10e siècles uniquement, le second locus étant postérieur. Les datations sont relatives et fondées sur les monnaies ainsi que sur le matériel accompagnant les sépultures (Klanica 2006a). Cependant, l'homogénéité avec d'autres nécropoles moraves (cf. figure 5) ne laisse que peu de doutes quant au phasage des deux locus. Le contraste entre les modes de vie des deux populations devrait apparaître d'une certaine manière sur les individus inhumés dans les deux cimetières.

Prušánky 1 : conservation et composition de l'échantillon

Nous avons travaillé exclusivement sur le premier cimetière car il correspond aux datations du site de Mikulčice. 152 sépultures de sujets immatures ont été étudiées comptabilisant un NMI (obtenu de manière analogue à celui calculé précédemment) de 173 individus. Encore une fois, certains sujets accompagnent des adultes ou ont été retrouvés hors du contexte sépulcral à proprement parler. La figure 5 donne le plan des sépultures fouillées. Trente individus adultes (15 individus de sexe masculin, 15 de sexe féminin, déterminés d'après Bruzek (2002) ont également été mesurés afin d'utiliser ces données ostéométriques dans le chapitre sur la croissance.

Dans un contexte géo-archéologique similaire au site de Mikulčice, la conservation est également aléatoire. Plus précisément, le site, avec son substrat de sables éoliens, est encore plus sujet aux crues et aux infiltrations d'eau, ce qui entraîne une préservation générale des vestiges plus mauvaise (Klanica 2006a). Si l'os compact et les dents sont en grande partie préservés, l'os spongieux constituant les épiphyses, les vertèbres ou encore les os de la main et du pied est, pour la plupart des sujets, très érodé voire absent.

La collection est conservée au Musée National de Prague, dans les mêmes conditions que celle de Mikulčice. Une partie de celle-ci appartient au Centre Archéologique de Brno bien qu'elle reste en dépôt à Prague pour le moment. Les documents de fouille y sont également déposés.

[2] La présence de deux nécropoles contiguës autour d'un site d'habitat est un cas fréquemment rencontré en Grande Moravie. La plupart du temps, ce sont des nécropoles à caractère rural présentant des caractéristiques distinctes (attributs guerriers *vs.* mobilier funéraire domestique ou richesse des parures *vs.* simplicité, etc.) (Klanica 2006a ; Polacek 2008). C'est le cas, par exemple, du très proche site de Nechvalín.

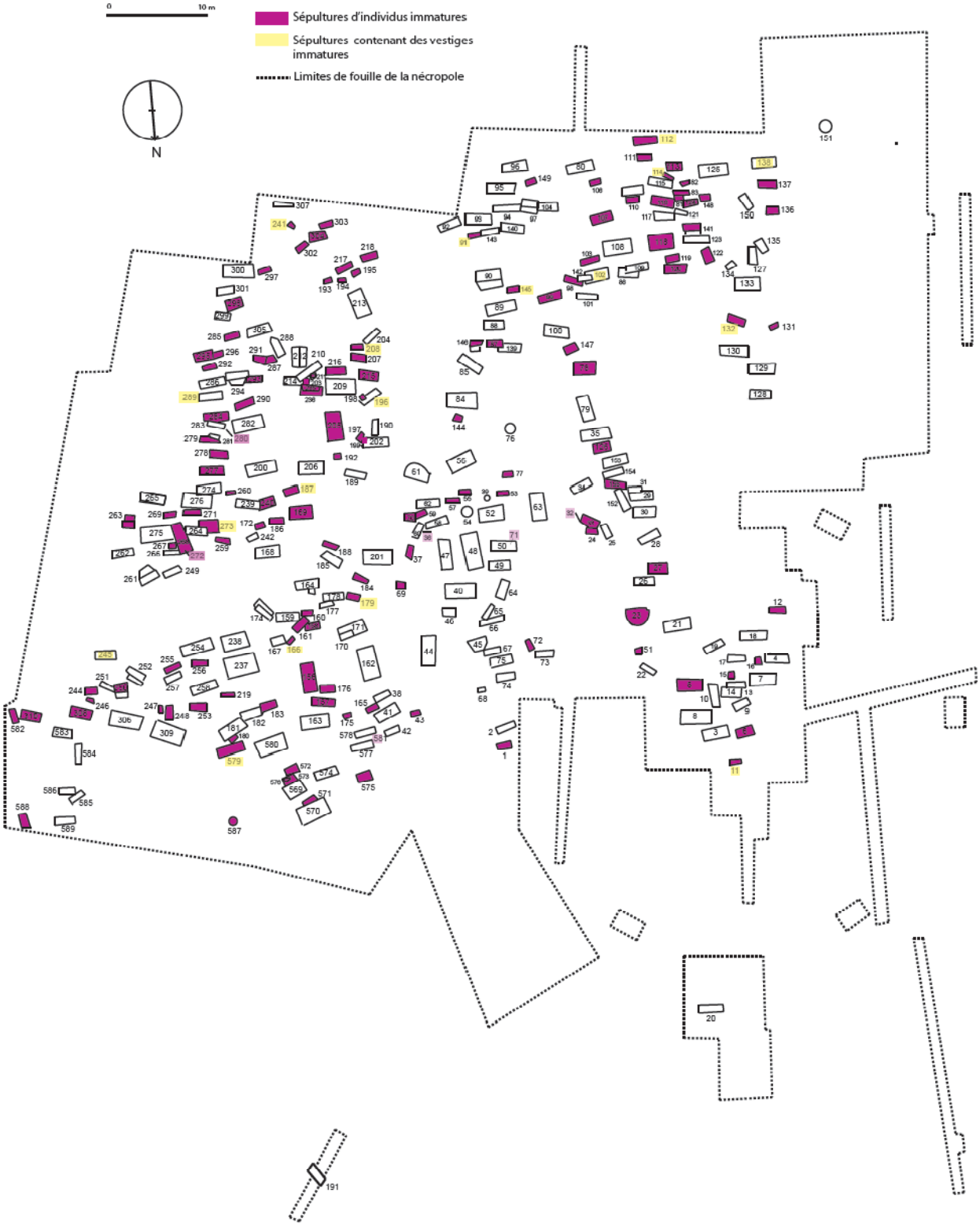


Figure 6 : Plan de la nécropole Prušánky 1 (d'après Klanica 2006a, b).

2. LA FRANCE CAROLINGIENNE, UNE POPULATION ORGANISÉE

a. Situation française entre le 8e et le 10e siècle

La France fait partie intégrante de l'Empire carolingien, fondé dès la fin du 7e siècle ; alors que les royaumes barbares sont en crise et se morcellent, c'est l'aristocratie qui reprend le pouvoir et assure l'administration (Riché 1994). La dynastie des rois carolingiens a pour origine la famille des Pippinides (Pépin de Herstal, Charles Martel, Charlemagne, etc.). Leur expérience du pouvoir et leur alliance avec la papauté leur a permis de se hisser à la tête du royaume…et d'y rester (Mussot-Goulard 1988).

Du point de vue de l'organisation de la société, la structuration de l'État est le qualificatif qui convient. L'uniformisation administrative (par l'écriture et la comptabilité), la mise en place d'une éducation structurée et la réouverture culturelle redonne du dynamisme et apporte un essor nouveau au monde carolingien (Contamine *et al.* 2004). Si cette renaissance culturelle fut brève, la conversion définitive de l'Occident au catholicisme est un succès (Baubérot 2008). A partir du 9e siècle, l'économie franque n'est plus fondée sur les guerres. Un retour à l'exploitation agricole est alors décrit (Contamine *et al.* 2004). Les progrès techniques, accompagnant les changements de statut des habitants au mode de vie agraire, traduisent une certaine mutation de la société rurale bien que la révolution agricole ne s'exprime pleinement qu'à partir du 10e siècle. Du côté des villes, les liens commerciaux établis avec les exploitants agricoles favorisent l'émergence des bourgs et réanime la croissance urbaine (Barel & Arbaret 1977). Les cités préexistantes maintiennent leur assise et l'urbanisation s'installe.

Bien qu'à la fin du 9e siècle l'Empire carolingien soit sur le déclin, favorisé par des querelles de pouvoir, il fut l'un des moteurs de la renaissance de l'an mil (Riché 1994).

b. Cherbourg Notre-Dame, une nécropole urbaine

Le site de Cherbourg est particulier puisqu'il a été fouillé dans un contexte de sauvetage après avoir été mis au jour par des travaux d'urbanisation (construction d'un parking puis de logements collectifs au centre ville). Cinq grandes campagnes de fouille se sont succédé de 1978 à 1981 puis en 1995 (Delahaye 1995 ; Lemière 1978, 1979, 1980, 1981).

Le site de Cherbourg s'étend sur l'aire du château médiéval (cf. plan, figure 7). Des vestiges de murs d'un édifice religieux (certainement la chapelle Notre-Dame), ayant fait l'objet de remaniements et de divers agrandissements (notamment au niveau du chevet), ont été datés entre le 7e siècle et au-delà pour les diverses séquences de construction. Cet édifice religieux renfermait de nombreuses sépultures et le cimetière s'est développé autour de celui-ci. Toutefois l'occupation du site est plus ancienne. Quatre phases bien circonscrites ont été mises en évidence dès les premières campagnes dirigées par Jacqueline Pilet-Lemière et confirmées par la dernière fouille dirigée par François Delahaye :

- Phase 1 : occupation cité gallo-romaine. Vestiges d'habitat et vie quotidienne.
- Phase 2 : nécropole mérovingienne. Quelques sépultures ont été fouillées mais la surface restreinte d'investigation ne permet pas d'évaluer l'étendue de celle-ci. Les sarcophages en calcaire de Sainteny et le mobilier retrouvé (tel qu'une fibule ansée symétrique en bronze) permettent de dater cette nécropole de manière précise entre le 7e et le 8e siècle.

- Phase 3 : première phase d'occupation du château et nécropole carolingienne. L'utilisation du cimetière semble continue avec la phase précédente. Toutefois les modalités d'inhumation et l'absence de mobilier situent celui-ci entre les 9e et 11e siècles. La nécropole semble avoir été abandonnée par la suite.
- Phase 4 : seconde phase d'occupation du château. L'église est agrandie et quelques sépultures tardives ont été retrouvées.

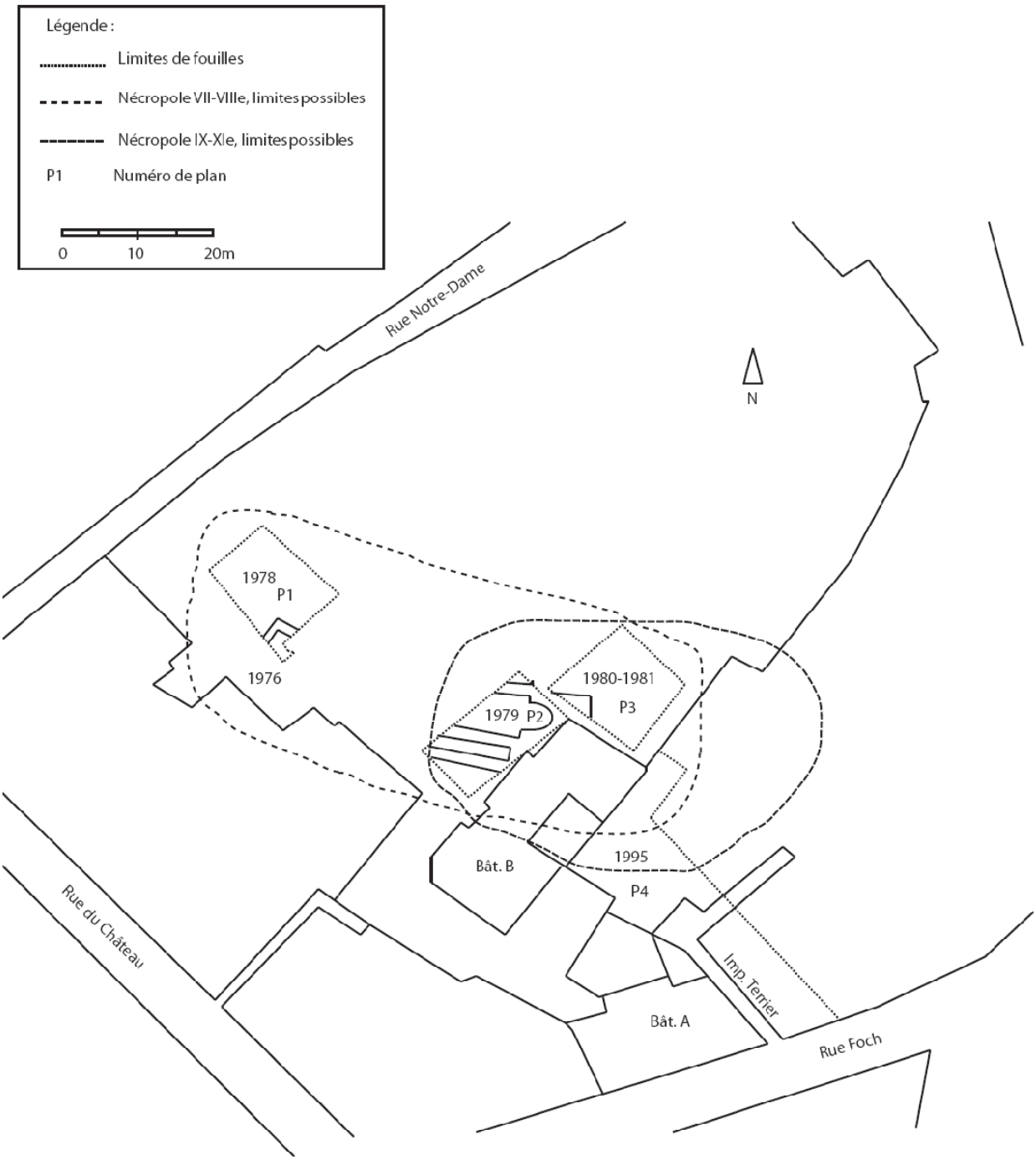


Figure 7 : Cherbourg Notre-Dame, plan général du site. Situation des zones fouillées (d'après Delahaye 1995).

Le phasage est précis, cependant les surfaces fouillées sont restreintes et l'étendue du cimetière reste inconnue. De plus, la continuité d'occupation augmente la difficulté des fouilles et le

recoupement des niveaux est dense. Le plan général ci-dessus rend compte des parcelles fouillées et l'organisation du cimetière est abordée par les quatre plans suivants.

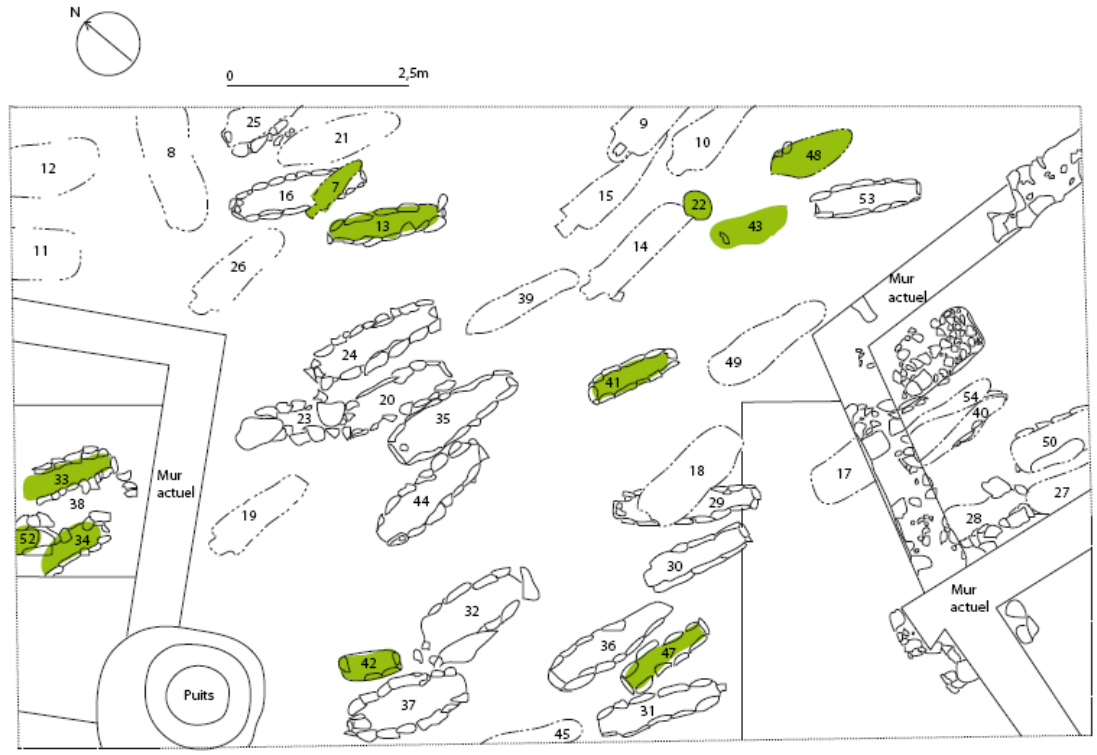


Figure 8 : Plan 1, structures fouillées en 1978, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Lemière 1978).

Figure 9 : Plan 2, structures fouillées en 1979, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Lemière 1979).

Figure 10 : Plan 3, structures fouillées en 1980-81, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Lemière 1980, 1981).

Figure 11 : Plan 4, structures fouillées en 1995, en vert, les sépultures d'individus immatures (d'après Delahaye 1995).

Un total de 260 sépultures dont un ossuaire, s'échelonnant entre le 7e et le 16e siècle, a été fouillé. Leur séquence précise (établie à partir de datations relatives sur le matériel et sur la superposition des sépultures) a permis d'isoler celles correspondant au cadre chrono-culturel de notre étude. Ainsi 102 sépultures ont été analysées (dont 12 datées entre le 7e et le 8e siècle et 90 entre le 9e et le 11e siècle), comportant 111 individus non-adultes. L'excellente préservation des vestiges (y compris des épiphyses et des autres points d'ossification secondaire) permet une distinction parfaite des individus, ne nécessitant pas le recours au NMI comme pour les sites tchèques. Toujours dans un but comparatif, les mensurations squelettiques de 30 sujets adultes (15 individus de sexe masculin et 15 de sexe féminin) ont également été reprises des données établies par Armelle Alduc-Le Bagousse. La population inhumée est une population urbaine classique de paroissiens de la chapelle Notre-Dame. Leur statut socio-économique est difficile à définir, toutefois l'hypothèse d'une « classe moyenne » est privilégiée au vu de sa situation (Delahaye 1995 ; Lemière 1981). Sans appartenir aux classes les plus basses (ouvriers agricoles venus des campagnes par exemple), les individus inhumés à Cherbourg étaient vraisemblablement des artisans voire du personnel du château (pour la phase plus tardive), mais n'appartenaient visiblement pas non plus à une sphère sociale élevée (Delahaye 1995). Les individus inhumés dans l'enceinte de l'église pourraient quant à eux avoir un statut particulier mais aucun vestige ne permet de le confirmer (Alduc-Le Bagousse & Pilet-Lemière 1986). Les données archéologiques et historiques (hors château) sur le site sont limitées, aucune autre précision ne peut être apportée. Le contexte urbain avéré et le cadre chronologique précis en font un site de comparaison parfait pour notre problématique.

Les vestiges anthropologiques sont conservés au Centre de Recherches Archéologiques et Historiques Anciennes et Médiévales, fédération de recherche du CNRS n° 3119, à l'Université de Caen Basse-Normandie, sous la responsabilité d'Armelle Alduc-Le Bagousse et de Cécile Niel.

c. Quel(s) parallèle(s) possible(s) avec le haut Moyen Âge slave ?

A l'exception du Danemark et de l'Allemagne, peu de choses sont connues sur les sites du haut Moyen Âge en Europe centrale et Europe du nord, et encore moins sur les sites ruraux. Les sites de haut statut socio-économique ont fait l'objet de plus d'attention (Reynolds 2005). Cette étude permet donc dans un premier temps de compléter ces connaissances.

Dans un second temps, les comparaisons inter-sites, entre les sites moraves et la nécropole de Cherbourg, permettent d'aborder la problématique sous plusieurs angles :

- Tout d'abord, l'état d'urbanisation avancé du site français contraste avec la société en mutation slave. Le mode de vie et les modalités biologiques pourraient, par conséquent, être divergents.
- Ensuite la diffusion de la christianisation n'est pas aussi avancée en Grande Moravie qu'à travers l'Empire carolingien. On devrait rencontrer des modalités d'inhumation et des gestes funéraires plus proches du site français pour Mikulčice alors que les coutumes en milieu rural, à Prušánky, devraient se rapprocher plutôt des sites allemands ou des sites mérovingiens. De plus, des cultures matérielles spécifiques devraient être facilement mises en évidence par l'étude du mobilier funéraire.
- Enfin ce pivot européen, en termes d'organisation différée des sociétés, devraient se refléter dans les sites étudiés tant d'un point de vue biologique que culturel.

Bien que nous ayons affaire à des cultures différentes, l'Europe en mutation et les mouvements de population ont dû marquer les civilisations et devraient se refléter dans les caractères biologiques à cause d'un mode de vie différent, malgré des statuts socio-économiques finalement proches pour les deux populations « urbaines ». Nous tenterons donc de quantifier tant les similitudes que les divergences afin de comprendre les parallèles possibles entre les populations. La difficulté ne sera pas tant une définition culturelle mais celle du rapport entre biologie et environnement qu'il est très compliqué de dissocier et de distinguer (Bailit *et al.* 1970 ; Cameron 2007 ; Cardoso 2007b ; Golub 2000 ; Stinson 1985).

III. ÉVOLUTION DIACHRONIQUE ET RÉFÉRENCES

1. LA NÉCROPOLE DE NORROY-LE-VENEUR : COMPARAISONS DIACHRONIQUES

Les trois sites majeurs étudiés dans le cadre de ce travail correspondent tous à la même période chronologique (9e-11e siècles). Toutefois, ils diffèrent d'un point de vue culturel et l'Empire de Grande Moravie fonctionne plus à l'image des époques antérieures à la période carolingienne franque (Conte 1986). Il serait donc intéressant de pouvoir procéder à des comparaisons avec un site franc mais de période plus ancienne. La petite proportion d'inhumations datées entre les 7e et 8e siècles du site de Cherbourg va aussi dans ce sens. La nécropole de Norroy-le-Veneur répond à ces attentes (Lansival 2007).

a. Un site en amont chronologiquement des autres

Le site de Norroy a été fouillé par l'INRAP[3] depuis 2002, suite au projet d'implantation d'un nouveau parc d'entreprise (Ecoparc) par la communauté des communes de Maizières-lès-Metz (Moselle). La zone d'activité comprend 8 zones d'occupation fouillées et/ou en cours de fouille sur 75 ha environ (Faye & Verdelet 2007). Quatre périodes d'occupation allant de la préhistoire au haut Moyen Âge ont été relevées mais sur des aires distinctes. La zone qui nous intéresse est la zone 4, couvrant près de 4000 m^2. Elle correspond à une nécropole mérovingienne fouillée exhaustivement en 2005. L'étendue de la fouille et son exhaustivité sont rares dans un tel contexte. 300 tombes ont été mises au jour, leur mobilier et l'étude préliminaire les datant entre le 6e et le 7e siècle. Bien circonscrite, cette nécropole mérite une étude approfondie.

Bien que légèrement en amont chronologiquement des autres sites étudiés, la nécropole de Norroy complète notre problématique d'un point de vue diachronique.

b. Intérêt pour notre étude

L'opportunité d'étude de la nécropole de Norroy contribue au regard synthétique que nous désirons porter sur les immatures durant le haut Moyen Âge européen. En effet, site français, il complète celui de Cherbourg et permet aussi une transition entre l'époque mérovingienne et la rigueur carolingienne en termes de modalités d'inhumation. Les différences mises en avant pourront alors être interprétées soit comme une évolution diachronique soit comme une distinction géographique (voire génétique si on pousse les interprétations en termes de peuplement). Extérieur à l'étude sans l'être réellement, ce site participe en contrepoint et

[3] INRAP : Institut National de Recherches Archéologiques Préventives.

alimente la discussion. Par rapport aux sites moraves où la diffusion du christianisme est en cours, Norroy répond aussi à ce critère puisque le royaume mérovingien correspond à son développement en occident après le baptême de Clovis (Depreux 2002 ; Le Jan 2003). La proximité de Norroy avec les Alamans (populations couvrant l'actuelle Allemagne et une partie de la Pologne durant cette période) permet aussi une certaine transition avec les mouvements de population en Europe centrale (Böhm *et al.* 1963 ; Obertova 2008). Enfin, remarquons que la mise en place des sites ruraux pérennes débute entre le 6e et le 7e siècle (Reynolds 2005). Cette transition et l'organisation des sites au mode de vie agraire doit donc s'exprimer, au moins en partie, à travers les modalités biologiques et culturelles étudiées à Norroy.

Les individus de la nécropole de Norroy (ayant l'avantage d'avoir été fouillée exhaustivement) seront donc utilisés comme intermédiaires. Ils n'apparaîtront pas nécessairement dans toutes les analyses mais font partie intégrante de l'étude.

c. Échantillon étudié

L'échantillon étudié à l'invitation d'Arnaud Lefebvre (anthropologue à l'INRAP Grand Est Nord, Metz) comprend 80 sépultures d'individus non-adultes regroupant un NMI de 94 individus. La mauvaise préservation des vestiges est malheureuse car le mobilier funéraire est riche et abondant. Le plan de la nécropole ci-dessous met en évidence la répartition des sépultures contenant des sujets immatures. Un ossuaire est également présent et les individus différentiables ont été comptabilisés dans le NMI présenté ci-dessus.

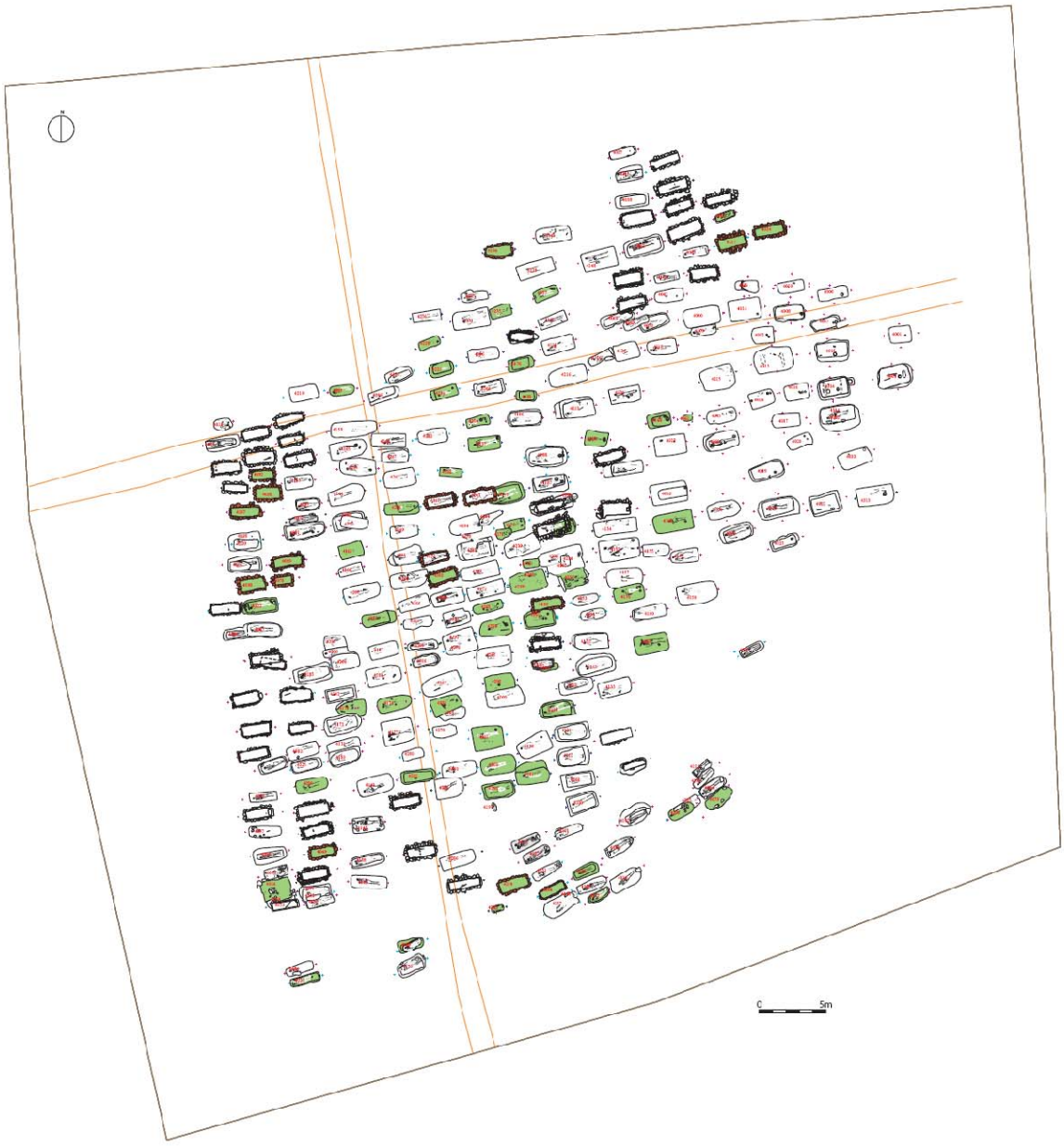


Figure 12 : Plan de la nécropole de Norroy-le-Veneur, sépultures d'individus immatures en vert (d'après A. Lefebvre, communication personnelle).

L'étude de cette nécropole entre également dans un projet européen de recherches plus vaste (projet Econet 2007-2008 et Barrande 2008-2009). Les adultes ont donc été étudiés par les collègues prenant part au projet : J. Bruzek, P. Velemínský, J. Velemínska, A. Šefčáková et M. Thurzo. Les données se rapportant à ces squelettes ont donc été reprises et non mesurées par nous-mêmes mais le protocole d'ostéométrie reste le même. Le choix d'une trentaine de sujets s'est fait en priorité sur leur bonne préservation.

La population représentée est principalement rurale bien que proche de la ville de Metz, déjà existante à cette période. On se retrouve donc dans la même configuration que celle qui lie le site de Prušánky à celui de Mikulčice. Les vestiges, retrouvés en relation avec des habitats, vont également dans le sens d'un mode de vie essentiellement agraire. Sans être défavorisée (le

mobilier retrouvé tend à décrire cette population comme plutôt aisée), cette population tranche réellement avec celle de Cherbourg qui présente une nette urbanisation.

L'étude de cette collection répond entièrement à nos problématiques synthétique et comparative.

2. LA COLLECTION DOCUMENTÉE DE SPITALFIELDS

Toute approche méthodologique se doit d'être vérifiable. Or, en contexte archéologique, s'il n'y a pas d'écrits, les données biologiques des populations étudiées sont toutes estimées. Les quatre collections du haut Moyen Âge étudiées ne sont pas identifiées et aucune vérification n'est possible. Pour répondre au troisième point de notre problématique, nous avons donc eu recours à la collection de référence de Spitalfields. A l'instar de Norroy, elle sera utilisée ponctuellement afin de valider certaines hypothèses et/ou de tester une approche inédite avant de l'appliquer à nos quatre populations. Sa place dans l'étude est moindre même si elle reste primordiale.

a. De l'importance d'un échantillon de référence dans les études méthodologiques

La mise en place de nouvelles méthodes — notamment des méthodes d'identification de l'individu — nécessite le recours à des collections ostéologiques de référence, c'est-à-dire dont certains paramètres biologiques, tels que l'âge au décès, le sexe ou l'occupation, sont connus (Baroncelli *et al.* 2006 ; Komar & Grivas 2008 ; Sellier *et al.* 1997b ; Usher 2002).

Ces collections possèdent deux intérêts majeurs :

- Le premier est l'utilisation comme une référence à part entière, c'est-à-dire être le support même de la méthode. Les données des sujets que l'on veut identifier seront directement comparées à celles connues de ces collections. Elles sont donc le fondement de nouvelles méthodes.
- Le second place ces collections comme un outil de vérification de méthodes déjà établies et ainsi permet ou non leur validation.

Quel que soit l'objectif désiré, elles restent donc primordiales dans toute analyse méthodologique. Le choix de l'emploi de telle ou telle collection dépend de la problématique et des résultats désirés. Par exemple, si on veut créer une nouvelle méthode d'estimation du sexe (Bruzek *et al.* 2005 ; Murail *et al.* 2005), alors il faut balayer au maximum la variabilité inter-populations pour que la méthode puisse tendre vers l'universalité (même si l'application reste illusoire).

Il existe deux types de collections de référence. Le premier consiste en des regroupements d'individus ou de données obtenus dans un cadre médical voire médico-légal (Schmeling *et al.* 2006). Bien que les données recueillies soient la plupart du temps très fiables, l'ensemble constitué n'est pas homogène ni représentatif d'une population donnée par ses origines distinctes, les âges au décès hétérogènes, etc. (Komar & Grivas 2008). Pour reprendre les termes des auteurs précédemment cités, ce sont des « manufactured populations » (populations manufacturées en français). Pour citer quelques exemples de ce type pour les enfants, citons la collection du département de médecine légale de Strasbourg ou encore de Bologne en Italie (Veschi & Facchini 2002). Le second type de collection de référence est archéologique.

L'identification des individus a pu être établie à partir de données écrites, des registres paroissiaux, des plaques de cercueil, etc. La précision et la fiabilité des données sont moindres mais la composition des échantillons correspond aux populations archéologiques. Pour citer quelques collections archéologiques de référence comprenant des individus immatures, citons les collections de Spitalfields à Londres (Molleson & Cox 1993), de Coimbra au Portugal (Coqueugniot & Weaver 2007), de Lisbonne au Portugal (Cardoso 2006) ou encore de Belleville au Canada (Saunders *et al.* 1993b).

Dans le cadre de ce travail, nous ne souhaitons pas établir une nouvelle méthode à partir d'une ou plusieurs collections de référence. Nous réaliserons des avancées méthodologiques dans l'étude des individus non-adultes et avons surtout besoin d'un moyen de vérification de nos hypothèses. Nous avons donc choisi à cet effet de reprendre la collection de Spitalfields, déjà utilisée dans notre mémoire de Master 2 (Garcin 2006 ; Garcin *et al.* [soumis]-c). Les résultats obtenus sur cette collection seront comparés aux données connues sur ces enfants. La collection de Spitalfields n'apparaîtra par conséquent que ponctuellement au fil de cette étude.

b. La population : son histoire, sa structure et son mode de vie

Spitalfields est une paroisse du quartier est (« East End ») de Londres du début du 18e siècle (Reeves & Adams 1993), comptant 20 000 habitants en 1721, date à laquelle celle-ci fut créée. Christ Church, est l'église associée au quartier dans la crypte de laquelle furent inhumés les individus constituant la collection de référence, bien que la politique de l'époque ait banni les inhumations *intra muros* et privilégié les cimetières paroissiaux pour des questions d'hygiène (Hanawalt 1995). Inaugurée à l'été 1729, la première inhumation du cimetière fut notée dans les registres paroissiaux le 8 juillet 1729 alors que celle dans la crypte suit de peu, le 3 août. Ces enregistrements sont exceptionnels pour l'époque puisqu'ils dénombrent 68 000 inscriptions jusqu'en février 1859. Bien entendu, chaque mention de décès ne correspond pas à une inhumation.

983 sépultures ont été retrouvées lors des campagnes fouilles (1984-1986) ; elles sont datées — d'après la confrontation des données paroissiales et archéologiques — d'entre 1729 et 1852 (Molleson & Cox 1993 ; Reeves & Adams 1993). On pense que la crypte est restée intacte depuis sa fermeture en 1867, ce qui ajoute encore à la qualité des données que l'on a pu recueillir pendant et après les fouilles archéologiques. Les individus inhumés représentent environ 1000 squelettes dont 868 sub-complets. Parmi eux, on décompte 312 femmes, 311 hommes et 215 enfants (d'âge inférieur à dix-sept ans). La préservation des restes humains est extrêmement variable allant de la momie naturelle à l'os pulvérulent et aux esquilles mélangées au sédiment. Les données historiques (registres paroissiaux) ainsi que les données archéologiques (plaques de cercueil, objets funéraires, etc.) ont permis d'identifier exactement (nom, âge, sexe, dates de naissance, de décès, de baptême, etc.) 389 individus adultes et immatures (Molleson & Cox 1993). Ces informations font de l'échantillon de Spitalfields une source de données rare en anthropologie.

Les individus inhumés dans la crypte proviennent en fait de près de soixante paroisses différentes de Londres et des alentours (Cox 1993), alors que toute personne vivant dans la commune avait une place de droit dans le cimetière paroissial, et ce malgré les lois privilégiant les enterrements au-dehors de l'église. Les funérailles sont plus ou moins chères selon le revenu des individus mais, moyennant finance, on pouvait choisir de rester au sein des murs de Christ

Church. Cela laisse penser que les individus retrouvés appartiennent plutôt à des classes sociales élevées, ce qui n'est pas forcément le cas. La majorité des squelettes appartenant à l'échantillon identifié étaient d'origine huguenote, familles ayant fui la France après la révocation de l'édit de Nantes en 1685 et réfugiées en Angleterre. Le protestantisme n'était toujours pas populaire en France au début du 18e siècle, d'où l'immigration massive en Grande Bretagne. Une grande proportion de cette population travaillait dans l'industrie de la soie allant du maître tisserand prospère aux compagnons au dur labeur (Ledru-Rollin 1850). Ils constituaient, avec les marchands, les chirurgiens et les commerçants, la classe moyenne du 18e siècle (Reeves & Adams 1993). Le niveau de vie de notre échantillon est par conséquent fluctuant et l'environnement urbain, pollué et vicié de Londres était fortement défavorable.

Toutefois, ces conditions de vie particulières n'entrent que peu dans notre problématique. L'identification connue des individus est la principale raison de notre choix.

c. L'échantillon et les données utilisées pour l'étude

La collection de référence, et notamment la part non-adulte de cette population a mainte fois été utilisée dans diverses approches méthodologiques, notamment pour l'estimation de l'âge (*e.g.* Liversidge & Molleson 1999 ; Loth 1995) : 215 individus immatures ont pu être décomptés, la plupart provenant de sépultures individuelles, d'autres n'étant que des os « intrusifs » non expliqués dans des tombes adultes. Parmi ceux-ci, 91 ont pu être identifiés allant du sujet périnatal à l'adolescence. Cette identification varie d'un individu à l'autre, allant de l'âge et du sexe jusqu'à une description relativement détaillée (date de naissance, date du baptême, etc.). Nous nous réfèrerons ici seulement aux âges et aux sexes (51 garçons, 35 filles, un individu indéterminé).

Pour des raisons de préservation, seuls 87 sujets sont retenus dans le cadre de cette étude. Les données métriques et dentaires ont été reprises d'une étude menée en 1995, par Anne-Marie Tillier et Pascal Sellier (UMR 5199 PACEA, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé) qui les ont enregistrées sur autant de fiches individuelles. Les 37 mesures de la mandibule et du squelette infra-crânien font partie de celles définies par notre protocole (cf. chapitre 3), même si celui-ci en comporte davantage. Les stades de minéralisation dentaire selon Moorrees *et al.* (1963a, b) ont également été réemployés ainsi que les notes concernant les pathologies et divers stress biologiques observés. La répartition des individus par classe d'âge est relativement inégale (surtout pour les sujets de plus de 10 ans), ce qui est malheureusement souvent le cas dans les populations de référence (Figure 13).

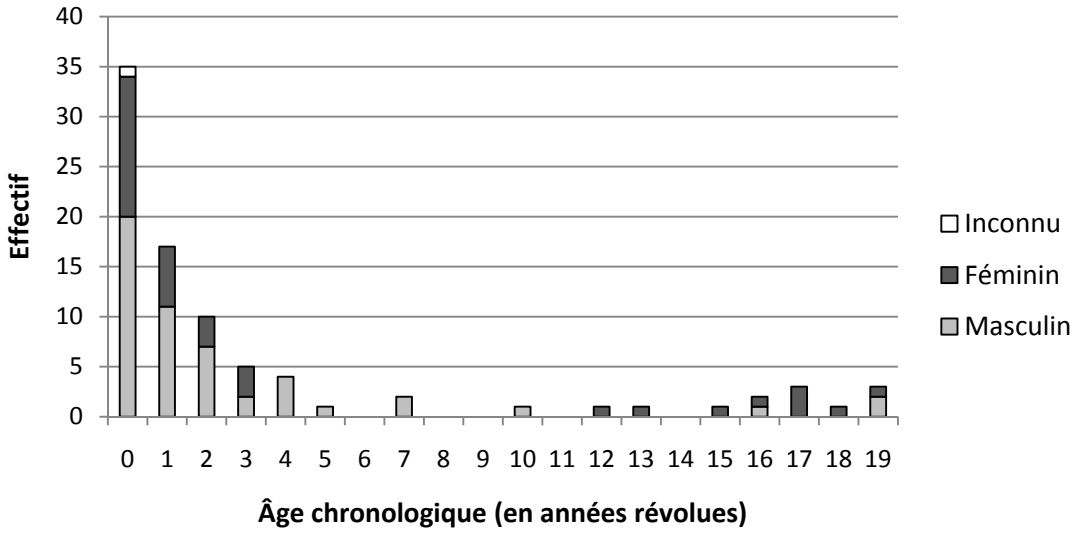


Figure 13 : Distribution par âge et par sexe de l'échantillon de Spitalfields.

L'ensemble de ces collections constituent notre échantillon d'étude. Le Tableau II synthétise la les effectifs par site et leur composition.

Sites / Effectifs	Mikulčice	Prušánky	Cherbourg	Norroy	Total	Spitalfields
Non-Adultes	235	173	111	94	**613**	87*
Adultes	40	30	30*	30*	130	-
Total	275	203	141	124	743	87

Tableau II : Composition des collections étudiées, effectifs par site. Les données n'ayant pas été directement mesurées sont suivis d'un astérisque*. Spitalfields ne rentre pas dans le décompte des individus car il sert d'échantillon de référence.

Les collections étudiées (un total de 613 individus non-adultes du sujet périnatal à l'adolescent, sur les 4 nécropoles du haut Moyen Âge) répondent à la problématique triple énoncée ainsi qu'aux investigations diachroniques et de référence. Ils permettent à la fois une certaine vision dans le temps des enfants du haut Moyen Âge et une validation des approches employées. Les objectifs précis de ce travail et le protocole d'étude peuvent être dorénavant décrits.

CHAPITRE 3

OBJECTIFS ET PROTOCOLE D'ÉTUDE

I. OBJECTIFS

Les collections analysées étant désormais présentées, nous pouvons exposer plus précisément les objectifs de cette étude ainsi que les questionnements auxquels nous avons entrepris de répondre.

Le but de notre travail est de comprendre la place et la perception de l'enfant par différentes sociétés du haut Moyen Âge, en caractérisant et en définissant les interactions (ou absence d'interaction) entre diverses modalités biologiques et certains marqueurs socio-culturels. Nous souhaitons ainsi contribuer au développement de nouvelles analyses des données biologiques permettant d'obtenir des résultats pertinents — à partir d'échantillons nécessairement transversaux — afin de les intégrer à une conception plus large à l'échelle de la population, voire de plusieurs populations. Cette étude requiert par conséquent une double approche à la fois socio-culturelle et méthodologique. Différentes étapes sont nécessaires à sa réalisation et définissent les divers objectifs détaillés ci-après.

1. LES SUJETS IMMATURES : UN NÉCESSAIRE TRAITEMENT SPÉCIFIQUE

Buikstra et Cook (1980) remarquaient que les études sur les enfants étaient souvent négligées du fait de leur préservation variable, de leur sous-représentativité et des faibles effectifs (Buikstra & Cook 1980). Depuis environ trente ans maintenant, il existe des études qui se focalisent sur les vestiges immatures, sans toutefois se départir des mêmes idées fausses et s'affranchir de certaines limites méthodologiques (Lewis 2007). De ce fait, les individus non-adultes restent la plupart du temps mal et/ou sous-exploités (Johnston 1962 ; Johnston & Zimmer 1989). Pourquoi ne pas alors les considérer comme aussi informatifs que la part adulte de la population ? En admettant le constat précédent comme vrai, de nombreux sujets s'ouvrent alors aux analyses, tels que les indicateurs de stress non-spécifique ou encore les lésions carieuses rarement comptabilisées chez les squelettes immatures (Humphrey & King 2000 ; Lewis 2002 ; Ribot & Roberts 1996). Toutefois, leur anatomie squelettique complexe (Baker *et al.* 2005 ; Scheuer & Black 2000b) et l'intégration nécessaire des processus de croissance et de maturation ne permet pas la transposition directe des méthodologies adultes aux non-adultes. Il nous semble donc impératif de les analyser par un traitement spécifique et adapté. Pour cela, il nous paraît indispensable de définir clairement et systématiquement les méthodes employées et d'appliquer un protocole invariable et le plus reproductible possible. Le respect de ces quelques obligations permettra de mettre en avant des données supplémentaires et complémentaires par rapport à celles classiquement produites *via* les squelettes adultes.

Le premier objectif s'impose donc naturellement : comprendre la part informative réelle apportée par les squelettes non-adultes. Ces informations sont-elles pertinentes ? Dans quelle mesure peut-on qualifier et quantifier des modalités biologiques dans des échantillons archéologiques ? Cet objectif traduit notre volonté de conserver un point de vue synthétique et global sur l'étude des collections archéologiques.

Celui-ci sera réalisé en plusieurs étapes : la première est d'appliquer un protocole précis et reproductible à l'ensemble des collections étudiées afin d'obtenir des données homogènes et comparables entre elles. La pertinence des informations sera, dans un deuxième temps, analysée *via* des statistiques appropriées à chaque question posée et validées à des seuils de fiabilité reconnus. Enfin, le point de vue synthétique est atteint par la quasi-exhaustivité des observations possibles sur le squelette non-adulte.

2. L'ENFANT BIOLOGIQUE (OSTÉOLOGIQUE) *VS.* L'ENFANT SOCIO-CULTUREL : QUELLES INTERACTIONS ?

Les deux aspects de l'enfant que nous avons présentés dans le chapitre introductif ne sont pas distincts mais bien des notions corrélées qu'il faut dans un premier temps caractériser, et, dans un second temps, intégrer à la population dans son ensemble.

a. Caractériser, déterminer, quantifier

Il est largement reconnu que l'étude des sujets immatures en bioarchéologie apporte une mine d'informations sur leur vie physique et sociale, leur âge au décès, la reconstitution des modalités de croissance que l'on tente de restituer et la reconnaissance des facteurs qui les exposent aux maladies, aux stress et aux traumatismes, durant leur brève vie et jusqu'au stade de développement qu'ils auront atteint (Humphrey 1998, 2000 ; Lewis 2007 ; Scheuer & Black 2000b ; Ulijaszek *et al.* 1998). L'impact de l'environnement dans lequel les individus ont grandi devrait par conséquent se réfléchir sur les caractéristiques osseuses et dentaires observées. Ce sont les enfants qui seraient les plus sensibles aux conditions environnementales et sociales dans lesquelles ils ont évolué (Bennike *et al.* 2005 ; Humphrey & King 2000 ; Pinhasi *et al.* 2006 ; Pinhasi *et al.* 2005).

Ce postulat est évalué par le deuxième objectif de ce travail qui est de caractériser et de déterminer les différences (ou absences de différence), en termes ontogéniques et culturels, induits par des milieux de vie contrastés.

Ces distinctions sont permises grâce aux collections étudiées appartenant systématiquement à des populations vivant dans des conditions différentes (milieu urbain / milieu rural) malgré une certaine proximité géographique (les sites tchèques sont éloignés seulement de quelques kilomètres l'un de l'autre).

Dans un premier temps, pour les analyses nécessitant un point de vue global sur les différences inter-populations, nous avons considéré les 4 sites ensemble, à la fois pour un gain de temps considérable et pour mettre en relief les principales disparités. Dans un second temps, afin d'affiner les éventuelles hétérogénéités mises en avant précédemment, les comparaisons de cette étude concernent les sites géographiquement proches mais aux modes de vie considérés comme divergents, c'est-à-dire les individus issus d'un milieu rural et au mode de vie

essentiellement agraire par rapport à ceux issus d'un mode de vie urbain, milieu plutôt défavorable en termes sanitaires (par exemple Prušánky *vs.* Mikulčice et Norroy *vs.* Cherbourg).

Ensuite, l'hypothèse de différences dues à l'éloignement géographique est évaluée en comparant les deux sites tchèques aux deux sites français. Les comparaisons en termes d'éloignement géographique apparemment simples traduisent en fait des notions de peuplement plus complexes. Si l'origine des populations du nord de la France au haut Moyen Âge résulte des différentes vagues d'invasion (Anglo-saxons, Alamans, etc.) et de l'association aux peuplades romaines donnant naissance aux Francs (Périn & Feffer 1997), l'origine des peuples slaves est toute autre. Considérées souvent comme faisant partie de l'Orient médiéval, les populations de l'Europe de l'est (agriculteurs originaires des espaces de l'actuelle Pologne à l'ouest de la Russie) ont été à l'interface de multiples vagues de peuplement : par les invasions germaniques et celtiques au nord-ouest aux 4e et 5e siècles, les invasions des Huns et Ostrogoths sur près de 4 siècles par l'est et enfin en relation intime avec l'Empire byzantin à l'époque qui nous intéresse (Curta 2001, 2008a, b ; Strakhovsky 1949). Les dynamiques génétiques des deux peuplements sont différentes. Les comparaisons en termes d'éloignement géographique mettent en évidence cette différence génétique sous-jacente.

En dernier lieu, si aucune différence géographique (liée au peuplement) n'est attestée, alors une certaine homogénéité des caractères en fonction du milieu de vie est évaluée en comparant les deux sites liés à un certain urbanisme à ceux au mode de vie plus agraire.

Ces comparaisons sont réalisées sur diverses modalités enregistrées : tout d'abord, l'analyse approfondie de la variabilité métrique inter-populations est réalisée dans le chapitre 5 par des comparaisons simples puis *via* des techniques plus spécifiques telles que les relations d'allométrie ou encore les indices osseux et corporels. Dans un deuxième temps cette variabilité sera transposée dans des comparaisons de modalités de croissance (sans toutefois réitérer les biais connus, cf. chapitre 6). En dernier lieu, l'influence du mode de vie sera mesurée en comparant l'état sanitaire général des populations et en replaçant celles-ci dans leur contexte culturel par les pratiques funéraires.

b. De l'individu à la population

La plupart du temps l'étude anthropologique et ses résultats conjugués — c'est-à-dire la perception de l'enfant biologique — sert de support à la discussion sur la perception de l'enfant culturel, c'est-à-dire l'enfant réintégré au sein de la population dans son contexte (Ingvarsson-Sundström 2003). Nous pensons que mener les deux approches de manière concomitante permettra de lier directement les aspects biologiques aux déterminants culturels et de quantifier par conséquent les éventuelles interactions qu'il existe (ou non) entre ces deux modalités. En effet, l'opportunité de comparer des collections issues de milieux urbains (ou en voie d'urbanisation) et ruraux, sur de grands effectifs, permet de réaliser un arbre causes-effets (diagramme d'Ishikawa[4], cf. chapitre 9) qui résume l'impact des caractères biologiques **et** des facteurs socioculturels sur la différenciation de populations possédant des modes de vie

[4] Le diagramme d'Ishikawa (du nom de son concepteur), diagramme de causes à effets ou diagramme en arêtes de poisson est un outil graphique utilisé avant tout pour la gestion de la qualité (Rivard & Talbot 2001 : p. 159). Il recense toutes les causes aboutissant à l'effet recherché. Adapté à notre situation, il permet de mettre en valeur les facteurs permettant de distinguer ou non le mode de vie de nos populations.

dissemblables. Sont-ils tous identiques ? Ou, au contraire, montrent-ils des caractères biologiques et socioculturels distincts et/ou divergents ? Les différences mises en reliefs par l'objectif précédent restent cependant un ensemble de données individuelles juxtaposées. Elles n'auront d'intérêt que lorsque les relations inter-populations seront établies.

Le troisième objectif sera donc de replacer les réponses précédentes dans un contexte « populationnel ». Nous répondrons alors à la question plus globale suivante : les enfants sont-ils véritablement le reflet des conditions socioculturelles des populations auxquelles ils appartiennent ?

Ce troisième objectif permet d'ouvrir la discussion sur la différence entre mode de vie et statut socio-économique. Le statut socio-économique (SSE) est défini dans l'*Encyclopédie Universalis* (http://www.universalis.fr/) comme « la position des individus dans la hiérarchie sociale. Il dépend principalement du prestige de leur statut, de leur richesse et du pouvoir qu'ils détiennent ». La mesure du statut socio-économique varie en fonction de l'étude réalisée (Demissie *et al.* 2000). Dans notre cas, il est difficile de décrire un statut socioéconomique précis pour les échantillons français ; nous préfèrerons donc parler de mode de vie afin d'éviter tout abus d'interprétation. Deux modes de vie différents sont distingués : tout d'abord le milieu rural, caractérisé par des populations d'agriculteurs sous le joug des propriétaires terriens ; et le mode de vie urbain (ou liés à l'urbanisation), c'est-à-dire les populations vivant dans des lieux à plus forte densité de population et par conséquent dans des conditions sanitaires plutôt moins favorables mais également potentiellement avec des travaux quotidiens physiquement moins lourds.

Si on replace ces modes de vie dans la hiérarchie du haut Moyen Âge, de la classe la plus basse à la plus haute, nous aurons : les agriculteurs, paysans (correspondant aux individus de nos sites ruraux), les commerçants, artisans (correspondant aux individus issus de nos sites urbains) représentant la classe moyenne, l'aristocratie qui forme la classe privilégiée et enfin le clergé formant encore un niveau à part entière. La collection de Mikulčice correspond à une classe moyenne urbaine mais plutôt privilégiée (Poláček 2000, 2008 ; Poláček & Marek 2005) alors que les individus de Prušánky sont des agriculteurs ruraux de classe plus défavorisée en termes de SSE (Klanica 2006a, b ; Poláček 2008). La population de Cherbourg correspond au modèle morave de Mikulčice mais avec les caractéristiques franques (Lemière 1978, 1979, 1980, 1981 ; Périn 1987). Enfin, un peu à part, la nécropole mérovingienne de Norroy voit son statut plus difficile à définir bien que ses caractéristiques rurales soient relativement claires (Faye & Verdelet 2007). Les échelles de stratification des sociétés au haut Moyen Âge peuvent évidemment être largement précisées (par exemple SSE chez les ruraux en fonction de leur activité) mais les données archéologiques relatives aux collections étudiées ne nous permettent pas d'aller au-delà de ces distinctions.

Les notions de modes de vie et de SSE sont donc intimement liées sans toutefois se confondre. La discussion autour du SSE restera par conséquent limitée et les comparaisons seront plutôt argumentées en termes de modes de vie voire de conditions socio-culturelles. Cette mise en valeur de la population plutôt que des données individuelles apparaît tout au long de ce travail : tout d'abord dans la volonté d'estimer un âge correspondant au plus près aux caractéristiques des populations (chapitre 4), puis dans les modélisations de trajectoires de croissance (chapitre 6) et, enfin mais surtout, dans la compréhension du comportement des populations du haut Moyen Âge vis-à-vis des enfants (chapitre 9).

3. UNE AUTRE APPROCHE DES INDIVIDUS IMMATURES EN BIOARCHÉOLOGIE

Pour les raisons évoquées précédemment (faibles effectifs, conservation variable, représentativité, etc.), les immatures en bioarchéologie font, la plupart du temps, l'objet d'une approche restreinte, se limitant à l'estimation de l'âge au décès, à leur contribution à l'interprétation des anomalies d'ordre démographique et à la description de caractères traumatiques et ou pathologiques. Le second type d'étude employant des vestiges non-adultes est au contraire très spécifique. Il répond en général à des problématiques pointues telles qu'une analyse isotopique (Herring *et al.* 1998) ou encore l'impact d'une maladie infectieuse (Boldsen 2005). Dans l'ensemble, les ponts entre problématiques pointues et intégration dans l'approche synthétique d'une (ou plusieurs) population(s) sont rares (par exemple Tillier 1999).

a. Développer, rendre les analyses spécifiques et fiables

Il nous a paru alors évident, étant donné la spécificité des squelettes non-adultes et des nombreuses limites auxquelles nous sommes confrontée, de changer de point de vue sur les individus immatures retrouvés en contexte archéologique. Mais par quels moyens ?

Le quatrième objectif de cette étude a pour but de développer des analyses spécifiques en tenant compte des pré-requis relatifs aux squelettes d'enfants, permettant ainsi de compléter les données classiques.

L'importance de l'homogénéisation des méthodes et des techniques a maintes fois été soulignée (Ferembach *et al.* 1980 ; Hoppa & Vaupel 2002a). Effectivement, la fiabilité des analyses et des comparaisons d'études repose avant tout sur des méthodes reproductibles, notamment quant à l'estimation de l'âge. Sur ce premier point, nous proposons un complément au niveau de l'estimation de l'âge des enfants en bioarchéologie (cf. chapitre 4). Il nous a permis d'obtenir des informations sur l'âge au décès pour un maximum d'individus comprenant aussi les vestiges peu ou mal conservés, complétant ainsi les données. Toujours dans le souci d'acquisition d'informations au niveau « populationnel », les biais majeurs concernant les profils de croissance squelettique (effectifs restreints, analyses statistiques inadaptées, données individuelles) sont revus dans le chapitre 6 par l'apport de différentes modélisations des trajectoires de croissance. Enfin, nous nous sommes efforcée de toujours prendre en compte les modalités de croissance et de maturation dans notre étude, afin de comparer des groupes homogènes. C'est le cas par exemple de la mise en place des comparaisons *via* les séquences de minéralisation dentaire (chapitre 7). Ainsi, les apports méthodologiques jalonnent ce travail sans pour autant le rendre entièrement théorique. Ils s'ingénient à suivre les deux principaux buts de cette recherche : améliorer les données que l'on peut obtenir des vestiges d'immatures et renouveler une démarche qui part de l'individu pour atteindre la population en la transposant. Partir d'un ensemble plutôt qu'associer des données transversales.

b. Ouvrir la discussion bio-archéologique

Les objectifs énoncés précédemment regroupent trois grandes thématiques : la première traite d'anthropologie biologique, la seconde inclut des notions d'archéologie funéraire et la troisième traite de méthodologie. Ce vaste champ d'action représente l'opportunité unique de lier ces trois domaines de recherche et ainsi de démontrer l'importance de l'interdisciplinarité dans ce type d'étude. Ce ne sont plus simplement trois problématiques côte-à-côte mais un ensemble d'axes interdépendants. Cette interdisciplinarité permet un niveau supérieur de compréhension des

populations du passé dans leur globalité. Notre volonté tout au long de ce travail est de développer cette problématique triple afin de discuter du rapport homme-environnement et des nouvelles approches (qui permettent avant tout une meilleure compréhension des biais et des limites inhérents au matériel dont nous disposons et aux méthodologies employées) mais aussi de dégager des pistes d'analyse fiables.

La réalisation de ces objectifs passe tout d'abord par la mise en place d'un protocole robuste et par l'application d'analyses statistiques adaptées. La seconde partie de ce chapitre décrit l'enregistrement et la validation de nos hypothèses *a priori* et présente les traitements statistiques utilisés le plus communément dans les diverses analyses de cette étude.

II. PROTOCOLE D'ÉTUDE ET STATISTIQUES USUELLES

La validité des analyses et la pertinence des résultats reposent en grande partie sur la qualité de l'enregistrement des données (par conséquent sur la mise en place d'un protocole précis et reproductible) ainsi que sur des outils statistiques adaptés et utilisés à bon escient pour répondre aux objectifs et questionnements posés au préalable. Nous présenterons dans cette partie, le protocole général d'enregistrement des données anthropologiques. Les spécifications inhérentes à l'étude des squelettes non-adultes seront détaillées dans le chapitre idoine afin de montrer la particularité de cette partie de la population. Les données archéologiques et contextuelles ayant été reprises de données publiées ou inédites feront l'objet d'un paragraphe plus restreint. Puis, nous décrirons l'ensemble des outils statistiques usuels qui seront utilisés tout au long de l'étude ainsi que les tests de validation des hypothèses *a priori*. Des analyses statistiques plus pointues ou spécifiques d'un problème particulier seront décrites et justifiées uniquement dans les parties qui les concernent.

1. ENREGISTREMENT ET VALIDATION DES DONNÉES

L'éloignement géographique des institutions possédant le matériel étudié (Narodní Muzeum, Prague ; INRAP délégation interrégionale Grand-Est nord, Metz ; CRAHAM, Caen) condensant les phases d'études à diverses missions, nous a poussé à optimiser l'enregistrement des données ainsi qu'à multiplier les sources.

a. Fiches de conservation

La conservation et la représentativité de chaque squelette étudié ont été consignées de deux manières différentes afin de disposer d'un moyen de vérification en cas de doute après l'étude du matériel. Ainsi, les données furent enregistrées d'abord sur des fiches de conservation puis par photographie des squelettes ordonnés en position anatomique. Les clichés restent un moyen informel de retrouver les données des fiches de conservation. Etant donné les variations squelettiques liées à la croissance et à la maturation au cours du développement, trois types de fiches ont été utilisés : celles de Meiklejohn & Constandse-Westermann (1978) révisées par Courtaud (1996), que l'on retrouve classiquement pour les adultes et les enfants âgés de plus d'un an, et celle de Tillier & Duday (1990) pour les sujets périnatals (ANNEXE A1 pour l'exemple d'une fiche de conservation et A2 pour le détail d'un cliché, p. 329). Cette dernière a été modifiée par nos soins afin de correspondre au mieux au protocole désiré sans toutefois négliger les pièces osseuses non réutilisées ultérieurement. L'enregistrement des parties anatomiques présentes, ainsi que leur état de conservation et de fragmentation, sont donc consignés dans ces

fiches. En ce qui concerne l'inventaire des dents, il apparaît également sur les fiches de conservation où sont répertoriés leur présence, absence et stade de développement global (germe en formation, dent en émergence ou dent émergée et en occlusion). Les informations précises concernant les stades de minéralisation dentaire, indicateurs de stress et lésions diverses ont été reportées sur une fiche à part (cf. paragraphe suivant).

Les fiches de conservation constituent un outil fondamental qui permet une vision globale des collections étudiée ainsi qu'un support de données auxquelles nous pouvons nous reporter lors des analyses ultérieures (regroupement d'individus, estimation de l'âge, vérification en cas de doute sur certaines mensurations, etc.).

b. Pour un enregistrement objectif

Le paragraphe suivant expose le protocole général d'étude des squelettes. Il comprend à la fois l'enregistrement de données quantitatives et de données qualitatives. Ce protocole a été élaboré afin de minimiser la subjectivité des observations qualitatives (et par conséquent minimiser les erreurs intra- et inter-observateurs) et d'optimiser la reproductibilité des variables quantitatives.

Les variables quantitatives (ostéométrie)

L'ostéométrie définit des centaines de mesures au niveau du squelette céphalique et post-céphalique. Sachant que nous étudions en grande majorité des individus immatures, il nous a semblé judicieux de sélectionner au préalable les mesures que nous allions prendre afin de répondre clairement aux objectifs énoncés et aux différents stades de développement que nous allions rencontrer. Les mensurations retenues devaient être enregistrables, pour la plupart, tout au long de la croissance et de la maturation. Ainsi, nous avons écarté le bloc crânio-facial car, pour les sujets en bas âge, il est segmenté en diverses parties (Scheuer & Black 2000b) et soumis à de nombreux changement de conformation pendant tout le développement (Bastir *et al.* 2006 ; Strand Vioarsdottir *et al.* 2002) ; les mesures n'auraient pas été homogènes pour l'ensemble des collections. Cependant, nous avons voulu garder les mesures de la mandibule, car elle est souvent bien conservée (Bello *et al.* 2002) et porte les deux dentitions successives. Ainsi, nous pouvions évaluer les rapports entre la croissance de la mandibule et l'éruption dentaire. Enfin, tenant compte de la préservation et de la représentativité différentielle des parties anatomiques chez l'individu non-adulte (Bello *et al.* 2002 ; Guy *et al.* 1997 ; Masset 1973a), les mensurations retenues au niveau du squelette infra-crânien sont pour la plupart classiquement utilisées même si notre choix s'est également porté sur des variables moins connues et, de ce fait, moins étudiées. Ainsi, 53 mesures au niveau de la mandibule et du squelette infra-crânien ont été enregistrées d'après les définitions de référence adaptées à une morphologie évolutive (Duday *et al.* 1995 ; Fazekas & Kosa 1978). Les mensurations analogues aux adultes sont celles définies par Martin et rééditées par Bräuer (1988). Le tableau A3 (ANNEXE, p. 330) présente les mesures utilisées ainsi que leur correspondance avec les références des mesures standards. Notons qu'il existe des correspondances entre les références chez les immatures qui ne sont pas mentionnées dans le tableau pour une meilleure lisibilité de celui-ci.

La petite proportion d'adultes étudiée pour chaque collection permet d'évaluer une certaine variabilité des mensurations définitives pour lesquelles il n'existe plus d'influence de la croissance ni de la maturation. Les mesures acquises pour les adultes sont majoritairement

utilisées dans les analyses de croissance (Chapitre 6, partie II). Le tableau en annexe (ANNEXE A4, p. 333) reporte les correspondances des différentes mensurations prises sur les squelettes adultes.

Lorsque la conservation le permettait, les os ont été mesurées de chaque côté afin d'évaluer l'éventuelle asymétrie des squelettes (Kujanova *et al.* 2008 ; Sansilbano-Collilieux 1996) et ainsi de calculer l'influence de la latéralisation sur les mesures qui pourrait avoir des conséquences ultérieures non négligeables sur les analyses. Les instruments de mesure utilisés sont un pied à coulisse digital de Fischer Darex®, de précision 0,01mm, accompagné d'un céphalomètre (utilisé pour les largeurs bicondylienne et bigoniaque par exemple) et d'un ruban métrique gradué au demi-millimètre.

Maturation osseuse et dentaire

La maturation osseuse a été évaluée pour l'ensemble du squelette. Nous verrons par la suite qu'elle a pu être analysée sous forme de séquences de maturation et détermine aussi des caractéristiques populationnelles. Plusieurs types de cotation ont été proposés (Buikstra & Ubelaker 1994 ; Krogman & Iscan 1986) mais pour des raisons de reproductibilité des observations (Coqueugniot & Weaver 2007), nous avons choisi le plus simple, à savoir en trois stades :

- Stade 1 (noté NS) : non soudé, les points d'ossification secondaire sont totalement individualisés des centres d'ossification primaire (ou deux centres primaires entre eux).
- Stade 2 (noté ES) : en cours de fusion. Ce vaste stade s'étend de la fusion partielle à la fusion complète où l'on peut encore observer une ligne de fusion externe.
- Stade 3 (noté S) : l'os est mature, sans aucune trace de fusion.

Un total de 30 locus a été observé comprenant :

- Au niveau du crâne, les fusions des deux hémi-frontaux, les parties latérales et basilaires de l'occipital et la synchondrose sphéno-occipitale.
- Pour le squelette infra-crânien, les épiphyses proximales et distales des os longs (avec certaines précisions, comme pour l'extrémité proximale du fémur où nous avons coté séparément les fusions de la tête, du grand trochanter et du petit trochanter) ont toutes été évaluées. Au niveau de l'os coxal, nous avons enregistré la soudure de l'ischium et du pubis, la soudure de l'acétabulum, de la tubérosité ischiatique et de la crête iliaque. Enfin, pour les os des mains et des pieds, la base des premiers métacarpiens et métatarsiens, les têtes des autres métacarpiens et métatarsiens, les bases des phalanges ainsi que la tubérosité du calcanéus ont été observées. En ce qui concerne la colonne vertébrale, l'enregistrement a été moins précis, se contentant des stades de la fusion postérieure des arcs vertébraux, puis des arcs au corps, en différenciant le type de vertèbre (cervicale, thoracique ou lombaire) ainsi qu'une observation générale du sacrum.

A partir de ces locus, nous avons donc pu couvrir l'étendue de la maturation tout au long du développement.

Dans le but premier d'estimation de l'âge dentaire, la maturation dentaire ainsi que les stades de minéralisation dentaire ont été enregistrés. Nous verrons par la suite (cf. chapitre 7) que ces stades ont pu être regroupés en diverses séquences (regroupements de données) afin d'affiner

les analyses et les comparaisons inter-populations. Les stades de minéralisation dentaire ont été évalués selon deux systèmes de cotation : celui de Moorrees *et al.* (Moorrees *et al.* 1963a, b) à partir de 3 dents déciduales (canines et deux molaires inférieures) et sur les dents permanentes (les deux incisives supérieures et toutes les dents mandibulaires). Afin d'affiner ces observations, nous les avons complétées par la cotation de toutes les dents déciduales selon la publication récente de Liversidge et Molleson (Liversidge & Molleson 2004). Le choix de ces systèmes est argumenté dans le chapitre 4 lors de la présentation des principales méthodes d'estimation de l'âge. Ces enregistrements ont été possibles grâce aux radiographies que nous avons pu obtenir à la demande auprès du Musée national de Prague et de notre équipe (UMR 5199 PACEA, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé). Les dents isolées ont également fait l'objet des mêmes cotations.

L'état général de maturation dentaire (maxillaire et mandibule) a été consigné selon les diagrammes dentaires d'Ubelaker (Ubelaker 1978). La part informative de ces données est très limitée. Elles ont surtout servi à évaluer la composition générale par âge des échantillons lors de l'étude ostéologique préliminaire. Toutefois, peu coûteux en temps, cet enregistrement fut tout de même utile car il permettait de posséder une vision globale des individus au fur et à mesure de l'étude.

Indicateurs de stress, lésions carieuses, traumatismes et pathologies

Par souci d'exhaustivité, nous avons évalué les indicateurs de stress non spécifique classiquement retrouvés dans les études de population. Toutefois, nous discuterons de leur pertinence et de leur validité ultérieurement (cf. chapitre 7, I). Ainsi, la présence d'hyperostose poreuse, de *cribra orbitalia* et d'éventuelles réactions du périoste a seulement été signalée (cotation : présence = 1, absence = 0) ainsi que l'os touché et sa latéralisation. En revanche, les hypoplasies de l'émail dentaire ont été étudiées de manière plus précise. Le système de cotation et les caractéristiques sont détaillés dans le chapitre 7.

Après ces principaux indicateurs de stress, nous avons complété l'évaluation de l'état sanitaire dentaire en enregistrant les lésions carieuses sur l'ensemble des dentures. Le protocole détaillé des cotations est aussi reporté dans le chapitre 7.

Enfin les traumatismes et autres pathologies marquant l'os ont été consignés sans toutefois faire d'analyse paléopathologique approfondie. Remarquons que des radiographies ont été demandées pour certains cas particuliers. La fiche d'enregistrement concernant les indicateurs de stress et les pathologies est consignée en annexe (ANNEXE A5, p. 335).

Enregistrements ultérieurs à l'étude osseuse

Les données archéologiques et funéraires des différentes collections étudiées ont été consignées à partir des publications (par exemple, pour le site de Prušánky : Klanica 2006b) et/ou à partir de données inédites (documents de fouilles, bases de données, communications personnelles, etc.). De ce fait, les contextes de fouille étant très différents, les données enregistrées ne sont pas homogènes et sont plus ou moins lacunaires selon les sites. Cependant, lorsque l'on disposait d'un maximum d'information, les caractéristiques des sépultures (dimensions, type, orientation), le milieu de décomposition du défunt, sa position ainsi que les dépôts associés ont pu être saisis. Le chapitre 8 reviendra sur ce point de manière plus précise.

c. Qualité et validation des données, hypothèses *a priori*

Ce troisième paragraphe décrit les analyses statistiques préalables à toute étude plus approfondie. En effet, les données utilisées doivent répondre à des critères qui se retrouveront dans un grand nombre de tests, analyses multivariées et modélisations exposés dans les parties et chapitres suivants. En outre, dans un souci de fiabilité, nous devons évaluer la reproductibilité de la prise de mesure ainsi que leur erreur associée avant d'aller plus avant dans l'examen de nos données.

Avant d'aborder les définitions statistiques, notons que l'ensemble de ce travail a été réalisé *via* les logiciels Statsoft® Statistica v. 7.1, R (logiciel libre développé par la R Foundation©, http://www.r-project.org) et Microsoft®Excel 2007. Certaines analyses telles que les modélisations (cf. chapitre 6, IV) ont nécessité l'utilisation ponctuelle d'autres outils informatiques qui seront décrits en temps voulu. Remarquons également que, pour l'ensemble de l'étude, le seuil de significativité statistique (p) est fixé à 0,05 voire 0,01 dans certains cas précis, comme il est communément admis pour valider la fiabilité des résultats et la pertinence des interprétations (Falissard 1996).

Normalité et homoscédacité des variances

Le choix d'un test ou d'une autre analyse statistique doit répondre à divers critères (Falissard 1996). Ce choix dépend de plusieurs facteurs qu'il importe d'identifier au préalable tels que : la nature des variables à comparer, les grandeurs étudiées (moyennes, variances, rangs, etc.), la nature du problème, le type des séries comparées, la taille des échantillons et, bien entendu, les conditions d'application pour l'analyse considérée. Un grand nombre d'approches statistiques requiert des conditions d'application proches, telles que la normalité des distributions des variables utilisées et l'homoscédacité (homogénéité) des variances qui se doivent d'être respectées. C'est le cas par exemple de tous les tests paramétriques couramment utilisés dans notre domaine (Pietrusewsky 2000). Ces deux conditions d'application sont donc traitées dès à présent pour ne pas les répéter dans les prochains chapitres.

Normalité des distributions des variables métriques

Les 53 mesures utilisées dans cette étude sont des variables quantitatives continues[5]. Afin d'évaluer la normalité de leur distribution, le test de Kolmogorov-Smirnov à un échantillon, accompagné des probabilités de Lilliefors le cas échéant (lié à une hypothèse conditionnelle complexe) ainsi que le test W de Shapiro-Wilk ont été appliqués pour chacune d'entre elles (Chenorkian 1996). Dans tous les cas, les 53 mesures pour les 4 collections suivent une loi normale (tests non significatifs : $p > 0,05$, cf. ANNEXE A6, p. 336). Pour celles qui restent à la limite de la normalité (résultats proches de la significativité tels que la mesure Clav2 à Mikulčice, cf. ANNEXE A6 p. 337), on note un effectif faible. Les 53 mesures utilisées sont donc considérées comme distribuées selon une loi normale dans la suite des analyses.

[5] Une variable quantitative est une grandeur définie par une mesure. Elle est continue quand elle peut prendre théoriquement toutes les valeurs numériques possibles dans un certain intervalle, ce qui est le cas de la métrique en anthropologie (Lamotte 1971).

Homoscédacité des variances

Même si l'homogénéité des variances n'est pas une condition *a priori* aussi cruciale que le respect des distributions normales (Glass & Hopkins 1996), la fiabilité de certaines analyses repose en partie sur celle-ci (par exemple les ANOVA et le test *t* de Student). L'homogénéité des variances a été évaluée grâce aux tests de Levene et Brown-Forsythe (Van Vark & Howells 1984). Les résultats de ces tests ont confirmé une homoscédacité des variances quelles que soient les variables comparées (toujours au niveau des données métriques, *cf.* comparaisons dans les chapitres suivants), l'homogénéité pouvant être également brièvement évaluée en calculant le rapport entre les variances des échantillons que l'on veut comparer. En effet, si $\frac{v1}{v2} \leq 3$ (avec v_1 la variance de l'échantillon 1 et v_2 celle de l'échantillon 2, d'effectifs respectifs n_1 et n_2), on peut considérer que les variances sont homogènes, ce qui est le cas pour toutes les comparaisons de cette étude (Chenorkian 1996).

Ces résultats ne seront pas répétés ultérieurement et définissent les conditions *a priori* (hors effectifs) de la plupart des analyses statistiques qui vont suivre. Si des conditions particulières à d'autres tests doivent être mentionnées, elles le seront dans le paragraphe introduisant l'analyse.

Intéressons-nous désormais à la validation des données brutes, en évaluant tout d'abord les erreurs intra- et inter-observateurs dans la cotation des caractères des squelettes et les prises de mesures.

Erreurs intra-observateur et inter-observateurs

L'appréciation de la qualité des données enregistrées est une étape essentielle dans toute étude qui vise à quantifier des modalités biologiques, car elle évalue la reproductibilité des mesures et par conséquent celle des résultats. La qualité des données enregistrées est en général mesurée par l'application de tests intra- et inter-observateurs qui varient selon le type de variable considérée (Bland *et al.* 1969 ; Branson *et al.* 1982 ; Gordon & Bradtmiller 1992 ; Utermohle & Zegura 1982). Cette étape est essentielle pour la validité des résultats, car, par exemple, une forte erreur de mesure peut rendre un test statistique significatif par manque de pouvoir statistique alors qu'il ne l'est *a priori* pas (Zar 1996). Cette remarque est d'autant plus importante dans les analyses multivariées car elles impliquent souvent la variance qui est très sensible à ce type d'erreur (Johnson & Wishern 1992). Cette étape est donc primordiale avant d'entrer dans les diverses comparaisons de populations qui vont suivre.

L'évaluation de l'erreur intra-observateur a été systématique pour toutes les variables enregistrées à savoir :

- Les variables quantitatives : ostéométrie (sur les 53 mesures du protocole).
- Les variables qualitatives[6] : observation concernant la maturation, caractérisation des stades de minéralisation dentaire, description des indicateurs de stress non-spécifique et des lésions carieuses.

[6] Une variable qualitative, comme son nom l'indique, est représentée par des valeurs qui expriment une qualité, par conséquent qui est non quantifiable (Lamotte 1971). Elles produisent des valeurs non numériques (en général des stades ou des classes).

L'erreur concernant les variables quantitatives a été mesurée selon 3 approches : le calcul de l'erreur technique de mesure (TEM : Technical error of measurement, en anglais) suivi du coefficient de fiabilité (R : reliability coefficient) ainsi que la différence moyenne (MAD : Mean average difference, en anglais). Enfin, une représentation graphique, accompagnée d'un test de Wilcoxon (Lynnerup *et al.* 1998) a validé les résultats précédemment obtenus. L'erreur technique de mesure (TEM) est calculée selon la formule suivante :

$$TEM = \sqrt{\frac{\sum D^2}{2N}}$$

où D est la différence entre les deux séries de mesures et N le nombre d'individus mesurés. A partir de cette formule, on obtient le coefficient de fiabilité R :

$$R = 1 - \left[\frac{(TEM)^2}{SD^2}\right]$$

où SD^2 est la variance totale inter-sujets pour la mesure en question, incluant l'erreur de mesure.

Enfin, pour les variables métriques, la mesure de la différence moyenne (MAD) se définit comme :

$$MAD = \frac{\sum |D|}{N}$$

où D et N se définissent de la même manière que pour le calcul de la TEM.

En ce qui concerne les variables qualitatives, l'erreur intra-observateur a été évaluée en calculant le pourcentage d'agrément (%A, percentage of agreement, en anglais) entre les deux séries d'observations (Cardoso 2005). Il se définit comme tel :

$$\%A = \frac{n - n'}{n} \times 100$$

où n est le nombre de paires comparées et n' le nombre de paires discordantes.

Ce calcul a été complété par deux tests statistiques non-paramétriques qui mesurent l'association entre deux observations : le test de corrélation de Spearman par rang et le coefficient de concordance de Kendall[7] (Bland *et al.* 1969 ; Bland & Altman 1986).

Si l'erreur intra-observateur a pu être évaluée pour tous les types de données enregistrées, l'erreur inter-observateur — quant à elle — n'a été mesurée (pour des questions de protocole différant d'un observateur à l'autre) que pour les variables métriques et pour la caractérisation des hypoplasies et des lésions carieuses. L'erreur inter-obsevateur des variables quantitatives a été estimée selon les mêmes modalités que pour l'erreur intra-observateur, c'est-à-dire par les calculs des TEM, R et MAD accompagnés des représentations graphiques de Lynnerup *et al.* et du test de Wilcoxon.

[7] Le coefficient de concordance de Kendall exprime l'association simultanée (lien) entre k ensembles de rangs. Il permet ainsi de vérifier la fiabilité entre différents jugements. La concordance entre les variables qualitatives est exprimée de 0 (discordance) à 1 (concordance parfaite). Ce test va de pair avec l'ANOVA de Friedman.

L'ensemble des résultats de ces erreurs intra- et inter-observateurs sont reportés dans les chapitres où ces variables apparaissent.

Influence de la latéralisation

Le troisième et dernier facteur à prendre en compte pour la suite de l'étude est l'influence de la latéralisation sur les mesures. En effet, il est largement reconnu qu'il existe une asymétrie du squelette (Fields *et al.* 1995 ; Kujanova *et al.* 2008 ; Mays *et al.* 1999 ; Sansilbano-Collilieux 1996), du moins pour un squelette adulte. Or, la conservation différentielle des vestiges (Stojanowski *et al.* 2002 ; Walker *et al.* 1988) ne permet pas toujours de prendre les mesures des deux côtés. Nous nous devons donc d'évaluer l'éventuelle asymétrie des squelettes afin de pouvoir prendre, dans la suite des analyses l'os droit ou gauche sans risque de biais.

Deux tests statistiques communs ont été utilisés pour trouver une éventuelle différence entre les côtés droit et gauche des os mesurés :

- Le classique test *t* pour échantillons appariés qui compare les moyennes pour la mesure droite et la mesure gauche. Notons que, dans notre cas, les échantillons sont appariés puisqu'il existe un lien entre le côté droit et le côté gauche d'un même individu (Falissard 1996). Ce test sera alors plus sensible que le test *t* pour échantillons indépendants (Student 1908). Dans le même traitement statistique, la différence de variance a également été envisagée par le test F de Fisher-Snedecor.
- Le second test est appliqué lorsque les mesures ne possèdent pas un effectif suffisant pour assurer la robustesse du test paramétrique (où N doit être supérieur ou égal à 30 dans l'idéal). On utilise alors l'analogue non-paramétrique du test *t* qui est le test T de Wilcoxon (toujours pour échantillons appariés), moins robuste mais indicatif de différences tout de même (Chenorkian 1996).

Ces deux tests ont été réalisés sur l'ensemble des mesures pour l'intégralité des individus des 4 nécropoles et sur la collection de Spitalfields. La variabilité des mesures augmentant avec l'âge (Adair 2007 ; Anderson *et al.* 1963 ; Neu *et al.* 2001) et la composition des échantillons différant d'une collection à l'autre (Lyman & Ames 2007) (cf. chapitre 2), les deux tests ont aussi été appliqués sur les classes d'âge quinquennales (après estimation de l'âge).

Pour résumer : la qualité et la validation des données est une étape essentielle avant toute analyse approfondie. Dans notre étude, nous avons évalué toutes les conditions *a priori* pour assurer la reproductibilité et la fiabilité des résultats :

- ✓ La normalité des distributions des variables ainsi que l'homoscédacité des variances respectées, autorisant l'application de la majeure partie des tests et analyses statistiques.
- ✓ Les erreurs intra-observateur et inter-observateurs certifiant la reproductibilité des mesures et des observations utilisées dans la suite de l'étude.
- ✓ Enfin l'influence de la latéralisation autorisant l'utilisation des mesures sans tenir compte du côté où elles ont été prises.

La validation de ces hypothèses *a priori* ouvre toutefois la discussion sur divers points, tels que les modalités biologiques de l'asymétrie ou la pertinence de l'enregistrement des données

comme la caractérisation des hypoplasies de l'émail dentaire. Les résultats de ces tests *a priori* et les discussions seront rouvertes dans les chapitres concernés.

2. OUTILS STATISTIQUES USUELS

Ce deuxième volet décrit les tests et analyses statistiques qui seront récurrents dans la suite de l'étude afin de ne pas alourdir les résultats présentés. En revanche, les spécificités propres à chaque analyse seront commentées dans les paragraphes idoines. Trois types d'analyse réapparaissent tout au long de cette étude : les classiques tests paramétriques et non-paramétriques (dont certains ont déjà été décrits précédemment), les analyses multivariées telles que les comparaisons de variance (ANOVA) ou les analyses en composantes principales (ACP) et, enfin, toutes les notions qui tournent autour des régressions. Selon les variables prises en considération et leur représentativité (effectifs comparatifs, nécropoles prises en compte, comparaisons par variable, par groupe, etc.), l'analyse doit être adaptée (Pietrusewsky 2000).

a. Tests paramétriques et non-paramétriques

Le choix et l'utilisation de tel ou tel test statistique dépendent de la nature du problème et de la comparaison souhaitée (Falissard 1996). Dans le cadre de notre étude, les analyses univariées (analyse d'un seul critère sans tenir compte de l'interaction entre les critères : Marini *et al.* (1999), ont été utilisées dans l'évaluation de la variabilité intra-site ou dans la comparaison de deux nécropoles uniquement pour les variables quantitatives. A chaque test paramétrique, il existe au moins un équivalent non-paramétrique. Ainsi lorsque la distribution des variables étudiées étaient proches de la normalité (proche du seuil de significativité, cf. *supra*) et/ou quand les effectifs étaient trop faibles pour obtenir un résultat robuste aux tests paramétriques, alors leur équivalent non-paramétrique a été employé. D'une manière générale, le test *t* a été utilisé pour comparer les moyennes de deux échantillons indépendants. Son homologue non-paramétrique, le test U de Mann-Whitney, a complété les analyses. Les échantillons ont été considérés comme indépendants dans le cadre de comparaisons inter-sites. En revanche, dans l'étude de la variabilité intra-site ou de la latéralisation, les échantillons sont appariés (par exemple, il existe une dépendance entre les mesures droites et gauches). Dans ce cas, l'homogénéité des moyennes entre groupes appariés a été évaluée *via* le test *t* pour échantillons appariés et son équivalent non-paramétrique, le test de Wilcoxon.

Pour les variables de nature qualitative, on compare en général des fréquences. Le test du Chi^2 a alors été employé. Il teste également la relation entre ces variables et s'étend à des comparaisons plus larges que des tableaux 2x2. L'analyse des indicateurs de stress non spécifiques (cf. chapitre 7) ainsi que celle concernant les modalités d'inhumation (cf. chapitre 8) utilisent en majorité le Chi^2. Les analyses de fréquence sont complétées par des tableaux de tris croisés (combinaisons d'au moins deux tables de fréquence). En effet, les tables de fréquences ou tris à plat représentent la méthode la plus simple pour l'analyse des données catégorielles[8] (Agresti 2007).

[8] Les variables catégorielles (ou nominales) sont des variables qualitatives qui ne peuvent pas être ordonnées (Lamotte 1971).

b. Comparaisons inter-sites et analyses multivariées

Dans les comparaisons intersites, les analyses de variances (ANOVA) ont été majoritairement utilisées. Elles se décomposent en deux temps : un premier test met en évidence l'éventuelle différence globale entre les groupes comparés. Dans un second temps, un test appliqué aux variables retenues dans le cadre d'une différence significative permettra d'identifier le(s) groupe(s) s'écartant de la variabilité globale envisagée. La seconde étape est réalisée via le test post-hoc HSD de Tukey (Winer 1971). Une confirmation du résultat est obtenue en surimposant le test de Scheffé qui est considéré comme plus conservateur que le premier (Winer 1971). Ces analyses ont principalement été appliquées dans l'étude de la variabilité inter-populations (cf. chapitre 5). Leurs équivalents non-paramétriques (tests des rangs de Kruskal-Wallis et analyse de variance à deux facteurs de Friedman) n'ont été que peu utilisés, la réunion de 3 ou 4 nécropoles conférant un effectif suffisamment élevé pour les variables considérées dont nous avons aussi vérifié la normalité de la distribution. Leur utilisation sera mentionnée le cas échéant.

Une analyse approfondie des covariances (MANCOVA) apparaît au niveau de l'étude des relations allométriques (cf. chapitre 5, III). Sa relation avec l'ANOVA me pousse à la décrire ici. L'analyse multiple des covariances (MANCOVA) est similaire à l'analyse multiple des variances (MANOVA) mais permet le contrôle de variables indépendantes supplémentaires continues appelées covariants. Les covariants sont des variables qui ont un effet sur les variables dépendantes, mais celui-ci n'est pas contrôlable par l'expérimentateur (Van Vark & Howells 1984). Ainsi, on peut analyser (ici dans le cadre des relations d'allométrie du squelette) les variables qui mettent en évidence les différences entre les nécropoles étudiées, apportant ainsi un argument supplémentaire pour l'interprétation des rapports bio-culturels.

Passons désormais aux analyses multivariées qui correspondent, la plupart du temps, aux comparaisons intersites lorsque 3 ou 4 nécropoles sont prises en considération. Contrairement aux analyses univariées, dans une procédure multivariée, l'analyse est faite en tenant compte de l'interaction des critères les uns sur les autres (Van Vark & Howells 1984). Ainsi les comparaisons peuvent explorer l'influence de l'âge, du statut socioéconomique, de la localisation, etc. Les différences obtenues caractérisent par conséquent les individus de chaque nécropole et dispensent les fondements des interprétations bio-culturelles.

Le dernier outil statistique multivarié régulièrement utilisé est l'analyse en composantes principales (ACP). L'ACP tend à répondre à deux principaux objectifs (Jolliffe 2002) : (1) réduire le nombre des variables (en général important) à un nombre plus petit de variables « représentatives » (composantes), et non corrélées dans la mesure du possible ; et (2) classer les variables et les individus (la classification visuelle permet d'avoir un aperçu direct de la structure sous-jacente des données). Nos analyses sont fondées à la fois sur les matrices de corrélation et sur les matrices de covariance (mise en évidence de structuration des données différentes). Les analyses en composantes principales ont surtout été développées dans le chapitre 5. D'autres analyses multivariées ont été utilisées telles que les analyses discriminantes ou les analyses de covariance (MANCOVA) mais seront décrites dans les chapitres 6 et 9.

c. Les régressions et leurs ajustements

Le dernier point abordant les analyses statistiques traite de la notion de régression. Cet outil est très largement utilisé dans nos domaines, malheureusement pas toujours à bon escient (Van Vark & Schaafsma 1992). Dans le cadre de cette étude, les régressions sont employées à plusieurs reprises en particulier dans le chapitre 6 traitant de paléoauxologie mais également dans le chapitre 5, pour définir les relations d'allométrie. Une analyse de régression définit mathématiquement la relation entre un facteur indépendant et un ou plusieurs facteurs dépendants. Elle est utile pour élaborer des modèles mathématiques et des modèles prévisionnels afin de quantifier la variation d'un facteur en fonction de la variation des autres (Froman & Gourdon 2003). La définition mathématique de la relation entre ces facteurs dépend de l'ajustement choisi. Il existe plusieurs types d'ajustement, obtenus par diverses méthodes (méthode des moindres carrés, maximum de vraisemblance, etc.). Le meilleur type d'ajustement a toujours été de prime abord recherché avant toute analyse approfondie. Ceux qui apparaîtront dans les résultats seront les modèles linéaires, polynomiaux (de degré 3 au maximum car les degrés plus élevés collent trop à la variable explicative et ne donne plus de réelle significativité biologique : Neter *et al.* (1990) et logarithmiques (en général bien adaptés aux modèles biologiques). La qualité de l'ajustement est mesurée par le coefficient de corrélation (r) et le coefficient de détermination (r^2). Mais ceux-ci ne traduisent pas la relation biologique entre les facteurs évalués. Une analyse approfondie des résidus (écarts à la courbe de régression) est alors nécessaire. Les résidus permettent d'évaluer l'erreur de la prédiction (par conséquent sa qualité) et de qualifier la relation entre les facteurs. Des précisions concernant ces analyses seront apportées durant la description détaillée des facteurs étudiés.

Cette étude fait l'objet d'un contexte particulier et valorisant permettant d'appréhender la place des individus immatures dans diverses populations du haut Moyen Âge et la problématique triple annoncée *via* deux approches à la fois distinctes et intimement liées. Celles-ci constituent les deux autres parties de ce travail :

- ✓ Tout d'abord, un point de vue biologique sur les squelettes immatures. Une identification biologique précise des individus est apportée et discutée dans le chapitre 4. Le chapitre suivant caractérise les variabilités individuelles et populationnelles. Cette analyse approfondie nous mène à remettre en question la définition générale de la paléoauxologie dans le sixième chapitre. Enfin, comme une transition entre les points de vue biologique et culturel, les indicateurs de stress non spécifique et leur relation à l'état sanitaire des populations concluent cette seconde partie.
- ✓ La troisième et dernière partie de ce travail confronte le point de vue biologique au mode de vie des populations et à l'aspect plus socioculturel des défunts. Le chapitre 8 discute des gestes et pratiques funéraires des individus non-adultes ainsi que du recrutement des populations inhumées en rapprochant les divers avis et controverses actuels en paléodémographie. Une synthèse répondra aux objectifs énoncés et discutera des apports et des limites des sujets immatures en bioarchéologie dans le neuvième et dernier chapitre.

Mais avant toute discussion, il convient de travailler sur toutes les informations pouvant être obtenues des vestiges étudiés. La caractérisation biologique des quatre populations du haut Moyen Âge fait l'objet de la seconde partie de ce travail.

PARTIE 2

BIOLOGIE, TRAJECTOIRES DE CROISSANCE ET APPORTS MÉTHODOLOGIQUES

CHAPITRE 4

IDENTIFICATION BIOLOGIQUE DES INDIVIDUS

L'identification biologique individuelle en anthropologie regroupe l'ensemble des procédés techniques permettant, à partir des restes osseux et dentaires, d'établir ou d'estimer les critères suivants : origine humaine du vestige, âge au décès, sexe, taille et origine ethnique (Bruzek *et al.* 2005). L'appartenance humaine du vestige ne s'est que peu posée pour les collections étudiées. Quelques fragments de faune ont été entreposés avec les squelettes mais aucune confusion n'était possible. En ce qui concerne l'affinité populationnelle (en anglais « ancestry »), son estimation par les vestiges osseux est reconnue aujourd'hui comme une gageure (Albanese & Saunders 2006 ; Schmitt *et al.* 2006), même si un symposium récent a réalisé un état de l'art (Edgar & Hunley 2009). Aucune évaluation de ce genre n'a été par conséquent entreprise. Il existe aussi de nombreuses limites quant à l'estimation du sexe chez les enfants, ce chapitre discutera donc de la fiabilité de la diagnose sexuelle en premier lieu, puis de l'évaluation de la stature à partir des squelettes immatures et enfin l'estimation de l'âge dont nous nous servirons tout au long de ce travail.

I. DISCUSSION AUTOUR DE L'ESTIMATION DU SEXE

Autant la détermination du sexe chez les adultes est aujourd'hui précise et fiable (Bruzek 2002 ; Murail *et al.* 2005), autant l'estimation du sexe chez les enfants reste problématique, voire même illusoire. Tout est question d'expression du dimorphisme sexuel. En effet, le dimorphisme sexuel existe par la libération d'hormones pendant le développement du fœtus. Si les cellules ne sont pas masculinisées par la libération de testostérone dans la dixième semaine de gestation, alors le fœtus se développera selon des modalités féminines (Saunders 2000). Malheureusement, l'expression de ce dimorphisme au niveau des os est très faible et n'apparaît bien souvent qu'après la puberté. C'est pourquoi les méthodes proposées pour estimer le sexe des enfants atteignent en moyenne une précision de 70% avec une très faible fiabilité (Bruzek *et al.* 2005 ; Hunt & Gleiser 1955 ; Rösing 1983). Malgré tout, de nombreuses publications tentent de contourner ces difficultés. Une brève revue montre ici toutes les limites de ce sujet.

1. SEXER PAR LA DENTITION

Il est reconnu que les tissus dentaires et les dimensions de couronnes présentent un certain dimorphisme chez l'adulte (Rösing 1983 ; Saunders *et al.* 2007). Sachant qu'il n'existe pas de remodelage au niveau des dents et que la formation des couronnes est relativement précoce, alors pourquoi ne pas tenter l'estimation du sexe chez les enfants par cet intermédiaire ? A titre d'exemple, dès 1978, T. K. Black propose une méthode basée sur les couronnes des dents déciduales (Black 1978). La précision de sa méthode serait de 75% et il mentionne un dimorphisme plus fort sur les dents permanentes. Beaucoup plus récemment, Cardoso propose une méthode « universelle » au niveau des dents permanentes (Cardoso 2008b). Les canines apporteraient les meilleurs résultats avec une précision entre 58% et 100% selon l'approche considérée. D'autres auteurs se sont risqués à développer des approches parallèles (*e.g.* Guatelli-

Steinberg *et al.* 2008 ; Zadzinska *et al.* 2008) sans pour autant apporter de résultats plus probants. En trente ans, aucune amélioration n'est apportée, ce qui pose le problème du développement du dimorphisme sexuel au niveau des dents (Guatelli-Steinberg *et al.* 2008). De plus, il est avéré qu'il existe une spécificité populationnelle du dimorphisme sexuel au niveau des dents, ce qui limite encore l'établissement de nouvelles méthodes (Kieser *et al.* 1992). Enfin, pour faire la liaison avec le prochain paragraphe, Hunt et Gleiser (1955) propose une méthode qui utilise à la fois les dents et la maturation squelettique. Le développement squelettique étant plus lent chez les garçons alors que le développement dentaire est similaire pour les deux sexes, une simple comparaison détermine donc le sexe (Hunt & Gleiser 1955). Il est évident que l'on ne dépasse pas non plus les 58% de précision par cette approche.

2. SEXER PAR LA MORPHOLOGIE DU SQUELETTE

A l'instar des dents, les auteurs se sont focalisés sur les régions anatomiques présentant un fort dimorphisme sexuel chez l'adulte. L'os coxal a donc fait l'objet de nombreuses investigations et depuis fort longtemps. En 1957, Boucher reprend les propos de 1876 de von Fehling et propose un dimorphisme sexuel au niveau de l'os coxal des fœtus (Boucher 1957), sans toutefois proposer de réelle méthodologie. Jusque très récemment, des auteurs proposent l'utilisation de l'ischium et du pubis en tant qu'indicateur de dimorphisme sexuel (Rissech *et al.* 2003 ; Rissech & Malgosa 2007 ; Rissech *et al.* 2008 ; Thomson 1899 ; Vlak *et al.* 2008 ; Weaver 1980 ; Wilson *et al.* 2008). Ces approches, dont le recensement n'est pas exhaustif, sont spécifiques d'une population et ne sont pas applicables dans nos analyses.

Étudiant le dimorphisme sexuel de l'ilium sur la collection de référence de Spitalfields, H. Schutkowski a révélé ce que l'on a cru être enfin la région anatomique permettant une diagnose sexuelle chez l'enfant : la mandibule (Schutkowski 1993). Cette partie anatomique a dès lors fait l'objet de nombreuses études et tests (Gonzalez *et al.* 2005 ; Loth & Henneberg 1996, 2001 ; Molleson *et al.* 1998). Les publications de Loth et Henneberg ne présentent pourtant pas de meilleurs résultats que ceux énoncés précédemment avec une précision maximale de 81% sur la forme du menton (Loth & Henneberg 1996, 2001). D'autres publications sont venues limiter aussi le dimorphisme sexuel de cette partie anatomique (Coqueugniot *et al.* 2002 ; Franklin *et al.* 2007 ; Scheuer 2002b), tout autant que les fonctions discriminantes de Schutkowski (Majo *et al.* 1993 ; Vlak *et al.* 2008). Pour terminer cette brève revue de l'estimation du sexe par le squelette, notons qu'il existe une différence au niveau de l'indice de robustesse du fémur et de l'humérus chez les enfants, mais que, sans étude de populations non-adultes de sexe connu, on reste au stade de l'hypothèse (Coussens *et al.* 2002 ; Rissech *et al.* 2008). La seule solution fiable aujourd'hui semble résider dans les analyses biomoléculaires.

3. ADN ET ESTIMATION DU SEXE

A la fin des années 1990, avec le développement des analyses biomoléculaires sur les vestiges anciens, l'estimation du sexe par le typage des chromosomes X et Y s'est développée (Stone *et al.* 1996). La plupart des analyses concernent des problématiques ciblées comme par exemple les supposées victimes d'infanticide (Mays & Faerman 2001). Cependant, ces techniques comme toutes celles concernant l'ADN ancien restent lourdes, dépendant de la conservation de l'ADN et onéreuses (Cooper & Poinar 2000 ; Herrmann & Hummel 1994). Cette approche n'est pas envisageable sur de larges études populationnelles comme celle-ci.

En conclusion, à l'heure actuelle il n'existe pas de méthode d'estimation du sexe chez les enfants qui soit réellement fiable pour tenter de l'appliquer sur nos collections. Cette brève revue des principales régions anatomiques présentant un certain dimorphisme sexuel chez les non-adultes montre bien que le challenge est encore bien d'actualité et loin d'être résolu, pour peu que le squelette immature présente quelque part un dimorphisme sexuel suffisamment marqué pour développer une méthode fiable…

II. DISCUSSION AUTOUR DE L'ESTIMATION DE LA STATURE

La stature se définit comme la taille (hauteur) d'une personne debout. Elle prend naturellement sa place dans ce chapitre car elle est intimement liée à l'estimation de l'âge. Par exemple, elle se calcule dans le cas particulier des périnatals, pour lesquels l'estimation de l'âge passe d'abord par celle de la stature (Fazekas & Kosa 1978 ; Olivier & Pineau 1958). L'estimation de la stature des enfants n'est pas usuellement appliquée en anthropobiologie car elle dépend à la fois des os longs, des épiphyses de ceux-ci mais aussi des cartilages de croissance qui ne sont pas préservés sur les squelettes (Lewis 2007). La longueur des os long est plutôt utilisée pour comparer des modalités de croissance (*cf.* chapitre 5). Cette approche est donc de préférence utilisée dans les cas d'anthropologie judiciaire. Il existe cependant quelques références sur le sujet. Les trois principales publications relativement récentes à citer sont celles de Feldesman en 1992, de Visser en 1998 et de Ruff en 2007 (Feldesman 1992 ; Ruff 2007 ; Visser 1998). Toutefois, même si des ajustements sont prévus pour adapter la taille des os en fonction des plateaux de croissance et/ou si la méthodologie a été fondée sur une collection de référence, la stature du vivant de l'individu ne sera jamais atteinte (Constandse-Westermann 1985 ; Hens *et al.* 2000). L'épaisseur des muscles et de la peau doit aussi être prise en compte (Petersen 2005). La stature est aussi très dépendante de la population étudiée (Sciulli & Blatt 2008), de l'environnement et des variations séculaires (Alter 2004 ; Katzmarzyk & Leonard 1998). Rappelons aussi l'influence du sexe notamment à partir de l'adolescence sur cette estimation, tout simplement par l'augmentation de la variabilité des mensurations osseuses à ces âges (Coussens *et al.* 2002 ; Humphrey 1998). Des limites similaires ont été relevées pour l'estimation de la stature adulte (Gustafsson *et al.* 2007 ; Raxter *et al.* 2006 ; Raxter *et al.* 2007). Le problème se pose aussi dans les cas de vestiges fragmentés et/ou mal conservés car l'estimation de la stature nécessite des longueurs d'os longs (et plus particulièrement le fémur) (Hoppa & Gruspier 1996).

Alors pourquoi ajouter une approximation en estimant un paramètre supplémentaire et non fiable ? Le format des os étant intimement corrélé à la croissance et au développement en général, la caractérisation des populations étudiées se fera directement à partir des données ostéométriques dans le chapitre suivant. Si l'estimation de la stature a un intérêt certain pour les cas isolés, notamment en médecine légale, en revanche, dans nos problématiques population-nelles, il reste limité. L'identification individuelle dans cette étude réside donc uniquement en l'estimation de l'âge.

III. ESTIMATION DE L'ÂGE

En anthropobiologie, l'estimation de l'âge est en général le tout premier traitement des données que l'on opère. Il se retrouvera par la suite tout au long des analyses. Même si l'estimation de l'âge des individus immatures est reconnue comme étant précise et fiable (Saunders 2000 ; Scheuer & Black 2000a ; Tillier 2000), certaines précautions doivent être prises pour obtenir des âges homogènes et comparables. La toute première précaution à prendre est terminologique. Nous parlerons dans ce chapitre d'âges dentaire et squelettique, c'est-à-dire des âges obtenus grâce aux vestiges humains. L'âge chronologique (civil) ne peut être estimé même s'il reste corrélé aux deux autres (Bolanos *et al.* 2000 ; Kemkes-Grottenthaler 2002 ; Lampl & Johnston 1996). Mais que signifiait l'âge civil après tout, il y a plus de 1000 ans ? Le développement physique de l'enfant devait plus intervenir dans sa perception par la communauté que le temps écoulé depuis sa naissance (Ingvarsson-Sundström 2003). C'est ce que certains auteurs nomment âge social (Halcrow & Tayles 2008). Mais nous est-il vraiment accessible ? La seconde précaution concerne le choix des méthodes appliquées. En effet, les méthodes sont nécessairement fondées sur des populations de référence (individus d'âge et de sexe connus), la plupart du temps actuelles. Or il est reconnu que la population de référence influence la distribution des âges estimés (Konigsberg & Frankenberg 1992 ; Konigsberg *et al.* 1997 ; Masset 1973b). De plus, le développement (surtout squelettique) dépend fortement des paramètres génétiques et environnementaux de la population. L'utilisation de références actuelles éloignées chronologiquement, géographiquement et/ou nutritionnellement est donc inadaptée aux populations passées et ajoute encore un facteur de biais. Enfin, le recours à la combinaison de plusieurs méthodes est bien souvent obligatoire pour intégrer un maximum d'individus dans l'étude et gérer la variabilité de conservation. Il faut donc être conscient du biais introduit. Enfin, il faut garder en mémoire l'influence de divers facteurs tels que l'environnement, la génétique, la composition de l'échantillon étudié, la variabilité interindividuelle, les changements séculaires ou encore les pathologies qui agissent directement sur la croissance et le développement, donc sur les estimateurs squelettiques et l'évaluation de l'âge (Albert & Greene 1999 ; Katzmarzyk & Leonard 1998 ; Scheuer & Black 2000a, b).

L'efficacité de l'estimation de l'âge chez les individus immatures repose sur les phénomènes de croissance et de maturation qui se déroulent sur un laps de temps relativement court. Le décès de l'individu fige le processus et l'enregistrement des stades de minéralisation dentaire, du stade de maturation osseuse ainsi que le format squelettique global (mensurations osseuses) permet de replacer l'individu dans une classe d'âge correspondant aux stades atteints. Consciente des limites et des biais introduits par les méthodes employées, nous avons choisi celles qui nous paraissaient les mieux appropriées à nos échantillons et les plus pertinentes d'un point de vue biologique.

1. ESTIMATION DE L'ÂGE DENTAIRE

Les méthodes d'estimation de l'âge à partir des vestiges dentaires sont reconnues comme étant les plus précises et les plus fiables tant du point de vue de l'anthropologie biologique que de l'anthropologie médico-légale (Ferembach *et al.* 1980 ; Liversidge *et al.* 1998 ; Rösing *et al.* 2007).

Ces méthodes sont fondées sur trois caractéristiques distinctes du développement dentaire :

- L'éruption dentaire correspond à un phénomène continu du déplacement d'une dent à l'intérieur puis à l'extérieur de l'os alvéolaire (et sur le vivant de la gencive) au cours de sa minéralisation puis de sa vie (Lautrou 1998). Les méthodes utilisant l'éruption décrivent en général le nombre de dents présentes dans la bouche (Foti *et al.* 2003a ; Foti *et al.* 2003b) et présentent des diagrammes facilement accessibles. Les plus connus sont ceux de Schour et Massler (1941), repris plus tard par Ubelaker (Schour & Massler 1941 ; Ubelaker 1978). Le sujet est très exploité et les méthodes appliquées à des populations spécifiques sont nombreuses (Cameriere *et al.* 2007 ; Foti *et al.* 2003a ; Kent *et al.* 1978 ; Nyström *et al.* 2000).
- La croissance dentaire implique la notion de taille des germes en formation. Les méthodes utilisant des mesures de dents sont courantes (Cameriere *et al.* 2007 ; Liversidge *et al.* 1993).
- La minéralisation (maturation) dentaire est un processus qui peut être quantifié de manière précise. En général, le développement de la dent est scindé en différents stades correspondant à la minéralisation successive des cuspides puis de la couronne et enfin de la racine. Les méthodes proposant ces stades de cotation sont les plus usitées et les plus connues (Demirjian *et al.* 1973 ; Moorrees *et al.* 1963a, b). Les stades de cotation ont été maintes fois repris et exploités sur d'autres échantillons par d'autres approches statistiques afin d'affiner les estimations (Braga *et al.* 2005 ; Cameriere *et al.* 2006 ; Chaillet *et al.* 2006 ; Chaillet *et al.* 2005 ; Chaillet *et al.* 2004a ; Chaillet *et al.* 2004b ; Heuzé & Braga 2008 ; Sierra 1987). L'adaptation à l'ensemble des dents déciduales est récente (Liversidge & Molleson 2004). L'histologie permet quant à elle de quantifier précisément la minéralisation (Smith *et al.* 2006) mais les techniques utilisées sont lourdes et peu applicables à de larges échantillons (Lampl *et al.* 2000).

Cette présentation ne se veut pas exhaustive, elle rappelle uniquement les principes sur lesquels nous avons choisi les méthodes étudiées.

a. Méthodes choisies

Une forte variabilité existe dans la précision et la fiabilité des méthodes énoncées. En effet, les méthodes fondées sur l'éruption dentaire sont peu précises et très dépendantes de la population considérée (Chaillet *et al.* 2005 ; Halcrow *et al.* 2007). La très bonne synthèse sur ces méthodes d'estimation de l'âge de Liversidge et al. (Liversidge *et al.* 1998) relate ces facteurs de biais.

Les méthodes utilisant des mesures dentaires (le plus souvent aussi à partir de radiographies) sont contraignantes : les déformations liées aux radiographies doivent être quantifiées et, selon la qualité de la radiographie, la prise de mesure s'avère rapidement fastidieuse et parfois peu reproductible même si les âges estimés semblent très précis (Cardoso 2007a ; Liversidge *et al.* 2003).

Enfin, différentes méthodes utilisant la cotation des stades de minéralisation dentaire ont été également testées dans diverses conditions et sur des populations d'origine différente, surtout celle de Demirjian *et al.* (Cameriere *et al.* 2008b ; Liversidge *et al.* 1999 ; Maber *et al.* 2006). Bien que certains stades semblent difficiles à distinguer (Heuzé 2004), l'influence des standards de référence semble faible (Liversidge 1999 ; Saunders *et al.* 1993a) même si elle existe.

Notre choix s'est donc porté sur deux méthodes utilisant la maturation dentaire :

- La première est celle de Moorrees *et al.* (Moorrees *et al.* 1963a, b), car elle a l'avantage de pouvoir estimer un âge même sur une denture incomplète, ce qui n'est pas le cas des standards de Demirjian *et al.* Elle fait partie aussi des méthodes les plus utilisées en bioarchéologie, ce qui permet, dans une certaine mesure des comparaisons inter-populations.
- La seconde méthode choisie complète celle de Moorrees *et al.* pour les individus possédant uniquement des dents déciduales préservées. La publication récente de (Liversidge & Molleson 2004) répond à ces attentes.

Comme nous utilisons deux standards différents, nous sommes consciente que les âges dentaires moyens seront légèrement biaisés. Nous avons par conséquent retenu l'âge selon Moorrees en premier lieu et celui selon Liversidge & Molleson pour augmenter les effectifs. Il n'existe pas de méthode parfaite, il faut donc essayer de rendre les estimations les plus homogènes possibles.

b. Erreurs intra-observateurs

Avant de nous lancer dans l'estimation de l'âge dentaire à proprement parler, examinons les erreurs intra-observateurs en réévaluant les différentes cotations radiographiques des stades de minéralisation dentaire. Le pourcentage d'agrément a été calculé pour chaque dent et pour tous les stades confondus afin d'avoir une idée globale de la validité des observations. Le pourcentage d'agrément le plus faible est celui observé pour l'évaluation globale de l'âge dentaire selon les diagrammes d'Ubelaker (1978). En effet, il s'élève à 80%. Dans l'ensemble, la classe générale est respectée mais l'intervalle diffère de plus ou moins 1 classe dans 20% des cas restant (4 individus sur les 20 réévalués). Ce résultat insatisfaisant, accrédite la remarque notée dans l'enregistrement des données (chapitre 3, IIb.). Les diagrammes d'Ubelaker donnent une idée générale de la composition par âge de l'échantillon au moment de l'enregistrement des données, mais ne seront plus réutilisés par la suite.

La réévaluation des stades de minéralisation selon Moorrees *et al.* (1963a, b) est bien plus importante puisque ces données permettront d'estimer l'âge dentaire des individus pour la suite de l'étude. Le pourcentage d'agrément entre les deux séries d'observations s'élève à 90,20%. La différence de stade coté n'excède jamais plus ou moins un stade et concerne des stades difficiles à discerner tels que la différence entre la couronne complète et le début de minéralisation de la racine (Crc *vs.* Ri, cf. ANNEXE A7, p. 338, pour les stades de minéralisation dentaire selon Moorrees *et al.*). Les tests du coefficient de concordance de Kendall (τ = 0,936, p = 0,0000) et du coefficient de corrélation par rang de Spearman (R > 0,79, p < 0,05) décrivent tous deux une très forte concordance entre les deux séries d'observations. Ces résultats confirment ceux obtenus par d'autres auteurs évaluant la pertinence des stades de minéralisation dentaire selon Moorrees *et al.* (Saunders *et al.* 1993a). En ce qui concerne les stades de minéralisation des dents déciduales selon Liversidge et Molleson (2004), les résultats sont équivalents à ceux obtenus pour les dents permanentes avec un pourcentage d'agrément égal à 90,85% et des tests non-paramétriques hautement significatifs. Cette publication étant récente, aucune étude postérieure ne mentionne une éventuelle erreur intra-observateur de cette cotation. Les auteurs mentionnent pour leur propre étude un pourcentage d'agrément de 78% avec une différence d'un stade en moyenne, ce qui est largement inférieur à celui obtenu dans le cadre de notre travail. En revanche, les différences observées se répartissent également sur un seul stade. Etant

donné la proximité des ces stades avec ceux de Demirjian (Demirjian *et al.* 1973), il est normal que nous obtenions une concordance proche de celle d'autres études (Cardoso 2005 ; Liversidge 1999 ; Liversidge *et al.* 1999). L'influence de l'évaluation intra-observateur n'aura donc que peu d'incidence sur l'enchaînement des analyses et l'estimation de l'âge sera décrite par la suite sans revenir sur ce point.

c. Résultats sur nos collections

L'âge retenu par individu correspond à la fourchette estimée à deux écarts-types c'est-à-dire à un intervalle de confiance de 95%. Il est exprimé de la façon suivante : âge dentaire moyen $\pm$ 2SD. Le Tableau III détermine le nombre d'individus par site pour lequel un âge dentaire a pu être estimé.

	Spitalfields	Mikulčice	Prušánky	Cherbourg	Norroy
n âge dentaire	72	131	109	73	66
N total	87	235	174	111	94
Fréquence	82,75%	55,74%	62,64%	65,76%	70,21%

Tableau III : Proportion d'individus par site pour lesquels un âge dentaire a pu être estimé.

Les individus pour lesquels un âge dentaire n'a pu être estimé, ne possèdent pas de dents ou bien pas celles prises en compte dans les méthodes retenues (notamment les dents permanentes supérieures hors incisives). Les âges dentaires moyens seront ceux utilisés dans le chapitre 5 et 6 lorsqu'on ne peut pas travailler avec un âge exprimé sous forme de classe. La méthode de Liversidge & Molleson apporte des précisions, notamment chez les plus petits ou chez les enfants pour lesquels seules des dents déciduales étaient préservées. Les individus présentant des rétentions de déciduales et ceux dont les dents présentaient un retard (ou avancement) de calcification certain sont exclus des analyses nécessitant un âge moyen. L'intégralité des âges dentaires estimés pour les 5 collections selon les deux méthodes est reportée en annexes avec l'ensemble des âges estimés (ANNEXE A8, p. 338). Ces résultats montrent qu'une grande part des populations n'est pas prise en compte (entre 17% et 44% des individus) et qu'une référence au développement squelettique est nécessaire.

2. Estimation de l'âge squelettique

Si la minéralisation dentaire n'est que peu influencée (même si elle l'est nécessairement mais de manière limitée) par l'origine géographique des populations et les facteurs environnementaux (par exemple pour les travaux récents : Braga *et al.* 2005 ; Heuzé 2004 ; Heuzé & Braga 2008 ; Heuzé & Cardoso 2008), ce n'est pas le cas du développement squelettique (Albert & Greene 1999 ; Cameron 2007 ; Cole 2003 ; Susanne 1985). Le choix de standards et de méthodes est d'autant plus difficile que ceux-ci sont tous fondés sur des populations actuelles.

Encore une fois, sans prétendre à une revue exhaustive qui serait redondante avec les synthèses existantes sur le sujet (Lewis 2007), rappelons simplement les principes généraux de l'âge squelettique. Deux processus régissent le développement osseux : la croissance et la maturation. Les méthodes d'estimation de l'âge se fondent sur ceux-ci. Certaines parties anatomiques, telles que les os longs ou la clavicule, de par leur fort taux de croissance ou leurs caractéristiques de maturation, sont privilégiées par rapport à d'autres (Black & Scheuer 1996a ; Scheuer 2002a ; Scheuer & Black 2000a). Mais avant d'utiliser ces méthodes et/ou données, il faut être conscient

que l'âge diaphysaire (aussi appelé âge statural) estimé est très dépendant du format donc de la variabilité interindividuelle (qui augmente avec l'âge) et des spécificités populationnelles. Pour les individus ne possédant pas de dent, nous n'avons pas d'autre possibilité que d'utiliser le format squelettique.

Afin d'estimer un âge pour le plus grand nombre d'individus possible, nous avons fait le choix d'appliquer différentes méthodes d'estimations de l'âge squelettique publiées et de les comparer entre elles pour évaluer les écarts d'estimation. Garder un âge moyen serait une erreur car on ne peut pas raisonnablement associer un âge dentaire obtenu avec une référence donnée avec un âge squelettique estimé à partir d'un autre standard.

a. Méthodes retenues pour les comparaisons

Les méthodes retenues sont celles retrouvées fréquemment dans la littérature. Nous avons également essayé de multiplier les références afin de pouvoir comparer les estimations et d'observer le comportement de nos échantillons. Le cas des sujets de moins de un an fait l'objet d'un point à part entière (cf. §3). Les âges squelettiques ont été d'abord estimés à partir des longueurs des os longs et de la clavicule avec :

- Les données de Maresh (Maresh 1955 ; Maresh & Beal 1970 ; Maresh & Deming 1939), sur la longueur des humérus, radius, ulna, fémur, tibia et fibula (données synthétiques de 1970, sexes confondus).
- Les formules de Gindhart reprenant les données de Maresh (Gindhard 1973) sur les longueurs du tibia et du radius.
- Les données d'Anderson *et al.* (Anderson *et al.* 1963 ; Anderson *et al.* 1964) sur les longueurs du fémur et du tibia.
- Les formules de Black & Scheuer sur la longueur de la clavicule (Black & Scheuer 1996a).

Enfin les données de Stloukal & Hanakova fondées sur des populations archéologiques, notamment celle de Mikulčice (Stloukal & Hanakova 1978). Elles sont utilisées à titre indicatif, car elles ne sont pas fondées sur une population de référence et ne constituent pas une méthode à proprement parler. Nous tenions simplement à comparer les âges obtenus avec ceux publiés par P. Velemínsky sur la collection de Mikulčice (Velemínský *et al.* 2005) et ainsi évaluer les différences entre les âges dentaires précédemment estimés et l'âge statural établi.

Pour les adolescents, nous avons complété notre estimation par l'utilisation de 3 références sur la maturation squelettique[9], notamment sur la fusion des épiphyses aux diaphyses des os longs, la formation de l'acétabulum et la suture sphéno-occipitale :

- Les données déjà anciennes (et synthétisées à partir d'autres abaques) publiées suite au Workshop of European Anthropologists sur l'identification individuelle (Ferembach *et al.* 1980).
- Les données très usitées de Johnston & Zimmer (1989).
- Et enfin celles compilées dans l'ouvrage de référence de Scheuer & Black (2000b).

[9] En termes de croissance et de maturation, il faut s'affranchir de l'idée fausse que la fusion des épiphyses aux diaphyses cause l'arrêt de croissance (Parfitt 2002). C'est l'arrêt de croissance initial qui active la fusion des épiphyses aux diaphyses.

Consciente des nombreux biais engendrés par ces différentes méthodes (estimations par diverses populations de référence, limites statistiques des équations de régression, variabilité dans la maturation osseuse, influence du sexe sur les données biologiques, etc. : Lampl & Johnston 1996), nous avons préféré travailler d'abord par comparaison sans assigner une classe d'âge particulière. L'âge moyen n'est en aucun cas retenu dans le cadre de ce travail.

b. Validation des données

L'estimation de l'âge squelettique (statural) requiert l'utilisation des mesures osseuses, répondant aux tests de normalité et d'homoscédacité des variances (cf. chapitre 3, p. 78). Il est maintenant nécessaire d'évaluer les erreurs intra- et inter-observateurs ainsi que l'influence de la latéralisation (asymétrie droite/gauche) qui pourrait influencer la suite des analyses.

Erreur intra-observateur

L'erreur intra-observateur des variables métriques a été évaluée en reprenant les 53 mesures du protocole sur un sous-échantillon aléatoire de 20 individus de la collection de Cherbourg. Le temps écoulé entre les deux séries de mesures fut de 15 jours. La mesure de la différence moyenne (MAD) est comprise entre 0,03 mm (pour le diamètre sagittal du radius au milieu de la diaphyse) et 0,57 mm (pour la longueur maximale de la mandibule) avec une moyenne de 0,17 mm pour l'ensemble des 53 mesures. L'erreur technique de mesure (TEM) quant à elle varie entre 0,08 mm et 1,74 mm (mesures identiques à celles de la MAD) pour une moyenne de 0,46 mm. Le coefficient de fiabilité correspondant s'échelonne entre 0,89 (pour les os dont les mesures sont les plus variables comme la fibula) et 1,00, avec une moyenne de 0,99, ce qui permet de conclure à une erreur intra-observateur minime et à une fiabilité et une reproductibilité des mesures choisies optimales. Cependant, il n'existe pas de valeurs recommandées dans la littérature et peu d'études ostéométriques publient les valeurs de leurs erreurs intra- et inter-observateurs (Bruzek *et al.* 1994 ; Cardoso & Saunders 2008 ; Jamison & Zegura 1974). Les quelques mentions trouvées (Ulijaszek & Lourie 1997) préconisent, comme pour toute analyse statistique, une TEM et une MAD minimales pour un R de préférence supérieur à 0,95. Les données enregistrées répondent à ces recommandations. En outre, les graphiques de Lynnerup *et al.* (1998) assortis du test de Wilcoxon (différences entre les deux séries de mesures non significatives : $p > 0,05$) confirment cette tendance.

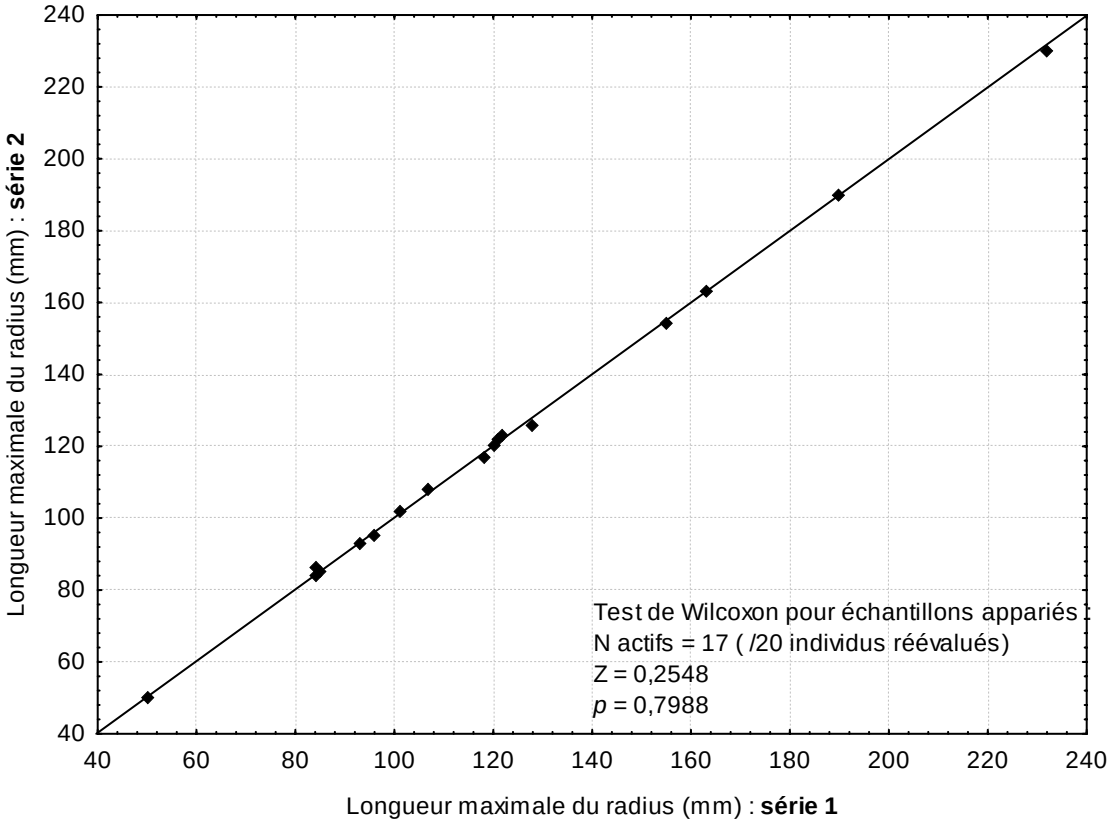


Figure 14 : Représentation graphique de l'erreur intra-observateur entre les deux séries de mesures selon Lynnerup* et al. *(1998). La ligne d'égalité représente une concordance parfaite. En encart, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés.

La Figure 14 est la représentation graphique obtenue pour la longueur maximale de la diaphyse du radius. Les deux séries de mesures s'alignent sur une droite, de pente avoisinant l'unité, démontrant l'adéquation et la reproductibilité de celles-ci. Ce résultat est confirmé par un test de Wilcoxon ne relevant pas de différence significative entre les deux séries de mesures. L'erreur intra-observateur au niveau des variables quantitatives est donc considérée comme négligeable.

Ces analyses ont également porté sur une seconde série de cotation de la maturation osseuse chez les mêmes sujets de la collection de Cherbourg. Tous les locus ont été réévalués (cf. chapitre 3). La reproductibilité se révèle moins bonne (tests plus significatifs) que pour les variables métriques. Cependant, même si la cotation des caractères qualitatifs a été optimisée, il est normale qu'elle reste plus subjective que les mensurations (Danforth *et al.* 1993 ; Jacobi & Danforth 2002). Le pourcentage d'agrément s'échelonne entre 85% (fusion des parties latérales de l'occipital) et 100% (pour la fusion des diaphyses aux épiphyses des os longs), selon la partie anatomique évaluée avec une moyenne supérieure à 95%. Les tests non-paramétriques (corrélations hautement significatives >> 0,85 ; p << 0,01) confirment ce premier résultat. L'évaluation des stades de maturation osseuse de cette étude est donc considérée comme reproductible. S'ils dépendent toutefois en partie de la conservation des pièces osseuses, les résultats obtenus sont proches de ceux d'autres études évaluant également ce paramètre (Albert & Greene 1999 ; Albert & Maples 1995).

Erreur inter-observateurs

Les données métriques de l'étude pour l'intégralité des individus des collections de Mikulčice-Kostelisko et de Cherbourg ont été comparées aux données enregistrées par P. Velemínský (pour le site tchèque) et par A. Alduc-Le Bagousse (pour le site français). La comparaison couvre 36 mesures sur 53, c'est-à-dire les mesures communément prises dans des études globales, les 17 autres étant plus inédites et par conséquent non-établies par les autres observateurs. Pour les deux observateurs, la TEM varie entre 0,24 mm et 1,99 mm pour un R moyen de 0,98 pour les individus tchèques et 0,95 pour les français. La différence moyenne (MAD) varie entre 0,08 mm et 1,99 mm, attestant encore une fois de la bonne reproductibilité des mesures. Au même titre que pour l'erreur intra-observateur, la Figure 15 est la représentation graphique obtenue pour la longueur maximale de la diaphyse de l'humérus, comparant nos données à celles d'A. Alduc-Le Bagousse. Accompagné de tests de Wilcoxon non significatifs, l'ensemble de ces résultats démontre une erreur inter-observateurs négligeable pour l'ostéométrie. Les trois points représentant un écart majeur entre les deux observateurs sont certainement dus à une erreur de mesure ou à un problème de report des données même si aucunes des deux possibilités n'a été mise en évidence lors du contrôle des données.

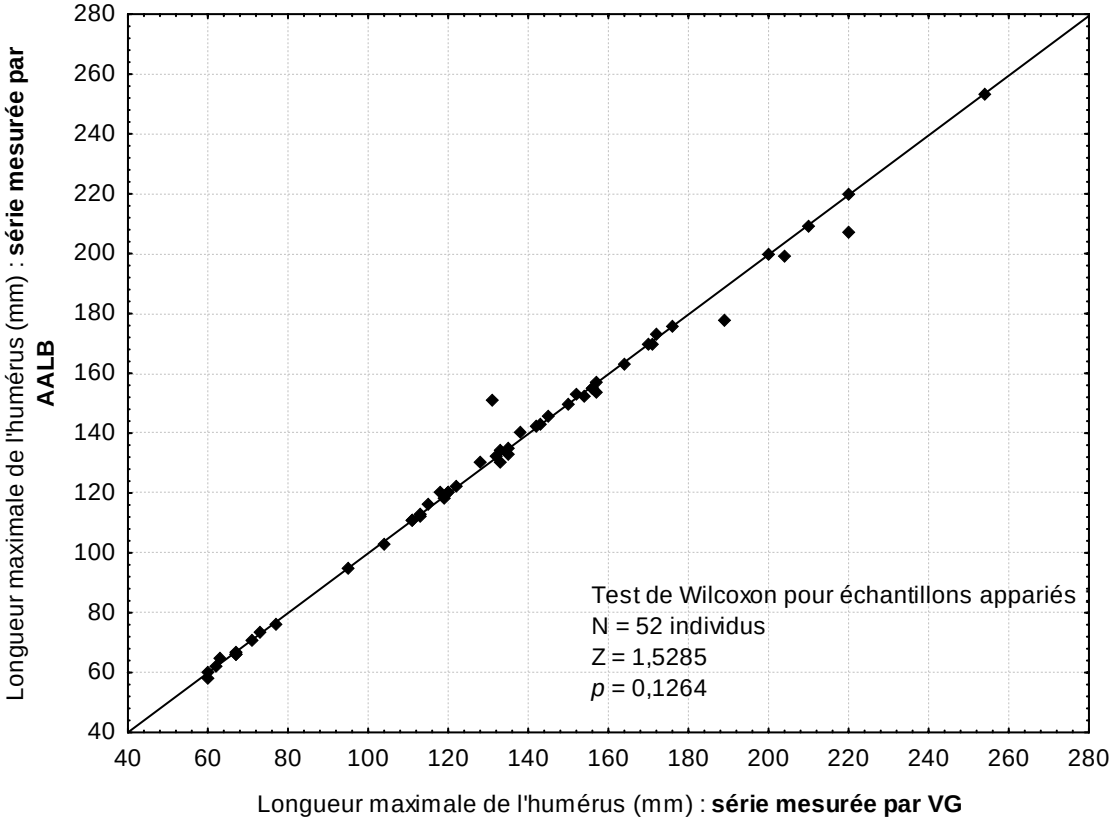


Figure 15 : Représentation graphique de l'erreur inter-observateurs entre les deux séries de mesures effectuées par A. Alduc-Le Bagousse (AALB) et nous-mêmes (VG), selon Lynnerup* et al. *(1998). La ligne d'égalité représente une concordance parfaite. En encart, le test de Wilcoxon pour échantillons appariés.

Influence de la latéralisation

Sur l'ensemble des données, les tests considérés sont tous non-significatifs ($p > 0,05$), démontrant une influence négligeable de la latéralisation sur les mesures. Notons toutefois des mesures pour lesquelles nous sommes au seuil de la significativité telles que les diamètres au milieu de la diaphyse de l'humérus, pour les populations tchèques. Sans être réellement l'expression d'une différence biologique (mis à part la latéralité de l'individu), gardons en mémoire cette note qui sera utile plus loin lors de la caractérisation des variabilités intra- et inter-populationnelles. Le tableau A9 en annexe p. 353, reporte les résultats des tests *t* pour échantillons appariés et des tests de Wilcoxon quand les effectifs comparés sont inférieurs à 30.

c. Résultats pour les 5 collections

De par la multiplicité des erreurs et des biais engendrés par les différentes méthodes, seules les classes d'âges ont été retenues. Nous avons choisi les intervalles d'âge en années révolues classiquement utilisés pour les individus non-adultes et correspondant aux analyses démographiques de populations anciennes, à savoir les classes : [0] ; [1-4] ; [5-9] ; [10-14] et [15-19] ans. Ainsi, pour chaque individu, les classes d'âge obtenues par les 4 méthodes ont été comparées (exclusion des estimations selon Stloukal & Hanakova). Le Tableau IV répertorie la composition par âge des 5 populations, en retenant uniquement la classe prépondérante (>80% des estimations). Toutefois, il demeure uniquement informatif, car un nombre important de sujets se placent à cheval sur deux classes d'âges et, étant donné les biais engendrés par les méthodes, il est dangereux d'émettre un choix à ce stade. Un autre moyen permettra de classer définitivement les individus par la suite. Ces classes sont utilisées dans les comparaisons exposées dans le quatrième point, afin de mettre en place la réflexion sur la nouvelle approche méthodologique proposée.

Âge / Site	[0]	[1-4]	[5-9]	[10-14]	[15-19]	*n* estimés	N total	Fréquence
Spitalfields	46	23	2	10	1	82	87	94,25%
Mikulčice	13	22	23	14	2	74	235	31,48%
Prušánky	26	12	17	4	0	59	174	33,90%
Cherboug	19	51	10	4	0	84	111	75,67%
Norroy	5	9	18	12	2	46	94	48,94%

Tableau IV : Proportion d'individus par site pour lesquels un âge squelettique a pu être estimé.

Ce tableau reflète l'état général de conservation des os longs et de la clavicule selon les sites. En effet, hormis pour Spitalfields, le nombre d'individus pour lesquels une classe d'âge a pu être estimée est plus faible pour les âges squelettiques que pour les âges dentaires. La fragmentation relativement intense sur le site de Mikulčice et l'impact de l'eau sur le site de Prušánky apparaissent dans ces résultats. Au contraire, l'excellente préservation des vestiges de Cherbourg permet l'estimation d'un âge osseux pour plus de 75% de la population.

Les stades de maturation osseuse ont servi uniquement pour les plus grands (fusion des épiphyses aux diaphyses) ainsi que pour séparer les moins de un an des plus âgés (fusion de la symphyse mandibulaire et fusion des 4 parties de l'os occipital). Le nombre des adolescents étant limité, le recours à cette approche approximative, bien que nécessaire, reste donc anecdotique. Les groupes exprimés ici sous forme de classes d'âge démographiques larges, sont

appropriées car l'estimation de l'âge des sujets immatures à partir du squelette reste insatisfaisante à nos yeux et retenir une estimation trop précise est pour nous erroné.

3. LE CAS PARTICULIER DES TOUT-PETITS

Nous avons tenu à séparer les individus de moins de 1 an des autres. En effet, obtenir des données complémentaires vis-à-vis de ces sujets permet une évaluation plus précise de la mortalité périnatale et infantile (Sellier *et al.* 1997b).

a. Méthodes appliquées

Il est reconnu que plus un individu est jeune, plus les intervalles d'âge estimé sont réduits (Liversidge *et al.* 1998 ; Scheuer & Black 2000a, b). En effet, l'impact des divers facteurs énoncés précédemment (environnementaux, génétiques, culturels, etc.) est restreint par la brièveté de la durée de vie avant le décès (Cameron 2007 ; Cameron & Demerath 2002). De plus, la croissance durant les premiers mois de vie est très rapide, ce qui confère aux méthodes d'estimation de l'âge squelettique une plus grande précision (Bruzek *et al.* 1997 ; Lampl 1993 ; Saunders *et al.* 2000 ; Sellier *et al.* 1997b). La taille à la naissance possède une influence sur les trajectoires de croissance (Adair 2007), mais cette action est également limitée par un laps de vie insuffisant.

Nous considérons cette précision possible pour les individus âgés de moins de un an. De nombreuses équations pour déterminer un âge squelettique ont été proposées, soit passant par une première estimation de la stature et la ramenant à un âge statural (Balthazard & Dervieux 1921 ; Fazekas & Kosa 1978 ; Huxley & Jimenez 1996 ; Olivier 1960 ; Olivier & Pineau 1958) soit estimant directement un âge squelettique. La plupart sont même établies à l'origine pour l'estimation de l'âge fœtal (Adalian *et al.* 2002 ; Adalian *et al.* 2006 ; Chitty & Altman 2002 ; Scherwood *et al.* 2000 ; Scheuer *et al.* 1980). D'autres méthodes existent, notamment fondées sur des mesures dentaires (Sema *et al.* 2009) ou sur les mesures de la partie basale de l'os occipital (Scheuer & MacLaughlin-Black 1994 ; Tocheri & Molto 2002) mais elles sont plus confidentielles. Les méthodes énoncées pourraient distinguer les individus décédés aux alentours de la naissance (période périnatale[10] voire néonatale[11]). Pour notre part, nous avons sélectionné quatre approches mêlant équations directes et âge statural afin de les comparer et de tenter de distinguer des classes d'âge encore plus précises :

- Les équations de Fazekas & Kosa (1978) : ces données sont très utilisées et constituent encore une référence à l'heure actuelle bien que les limites inhérentes à celles-ci soient connues (composition de l'échantillon de référence, modalités de mesures, etc.).
- Les équations précédentes ont été reprises par Sellier (1993) afin d'y intégrer les mesures de la mandibule avec les mesures du squelette infra-crânien et d'y ajouter des tests statistiques pour évaluer les corrélations entre les résidus (Sellier *et al.* 1997a). Ces équations ont été appliquées sur nos sujets de moins de 1 an.
- Les équations de Scheuer *et al.* (1980) sont très utilisées par les anglo-saxons. Elles font parties de références citées dans les recommandations pour estimer l'âge des individus immatures (Rösing *et al.* 2007 ; Scheuer & Black 2000a).

[10] Les individus morts en période périnatale sont les individus décédés aux alentours de la naissance, qu'ils aient été menés à terme ou non (cf. chapitre 1). Nous gardons ici une définition au sens large, étendue au premier mois de vie.
[11] La période néonatale couvre les 28 premiers jours de vie.

- Enfin, nous avons choisi l'équation d'Adalian sur la longueur du fémur (Adalian *et al.* 2002 ; Adalian *et al.* 2006), publiée récemment après avoir évalué certaines des méthodes précédemment citées.

Les 4 approches choisies se complètent au niveau des os pris en considération. Elles balaient également l'évolution des conceptions et des analyses de ces 30 dernières années.

Celles-ci ont été appliquées sur tous les individus précédemment classés dans les groupes [0] et [1-4] ans. Les estimations pourront ainsi être affinées en classant définitivement les individus âgés aux alentours de 1 an dans un intervalle donné. Les plus âgés resteront dans la classe des [1-4] ans. Mais le plus intéressant serait de distinguer les sujets que nous nommerons « sujets avant-terme (AT) », c'est-à-dire dans notre cas des individus dont le format est inférieur à la moyenne des sujets à terme (sujets néonatals petits, les morts-nés et les prématurés nés vivants), des sujets néonatals (de taille correspondant aux moyennes à terme), et enfin de scinder la classe [0] en deux avec les bébés de moins de 6 mois d'un côté et ceux de plus de 6 mois de l'autre.

b. Résultats

Sur les 338 individus (4 populations du haut Moyen Âge confondues) appartenant aux classes [0] et [1-4] ans par les estimations précédentes, 221 restent assignés à la classe [1-4], et 117 appartenant à la classe [0] ont pu faire l'objet de précisions. Parmi ces derniers, un âge a été estimé pour 62 individus par les 4 approches retenues ci-dessus. Le degré de précision est le suivant : individu avant-terme (AT), individu néonatal (N), individu entre 0 et 5 mois ([0a], en mois révolus), individu entre 6 et 11 mois ([0b]), et individus entre 0 et un an ([0]) pour lesquels une meilleure précision n'a pu être apportée. Les individus au-delà d'un an sont classés chez les [1-4] ans. Il faut que les résultats de 4 approches concordent pour qu'un individu soit assigné à une classe donnée. Le tableau ci-dessous donne les précisions acquises.

	AT	N	[0a]	[0b]	[0]	Total
n	1	8	31	6	16	62

Tableau V : Nombre d'individus pour lesquels un âge squelettique a pu être précisé (4 collections confondues).

Il est donc possible de véritablement cerner les tout-petits dans une collection archéologique (Tocheri *et al.* 2001). Cependant, encore une fois, la conservation des vestiges ne permet pas cette précision pour l'ensemble des individus retenus. Les fourchettes d'âge sont données en intégralité dans les annexes (ANNEXE A10, p. 354). Ces résultats permettront une analyse plus fine dans les chapitres suivants notamment lorsqu'on replacera les enfants dans leur contexte funéraire et culturel.

4. COMPARAISONS, ÂGE ET CLASSES RETENUS

Les âges retenus doivent tenir compte de nos véritables besoins, c'est-à-dire un âge précis pour certaines analyses, des groupes homogènes pour les comparaisons inter-populations, mais aussi un maximum d'individus identifiés pour notre approche « populationnelle ». L'estimation de l'âge dans cette étude doit répondre à ces trois points distincts :

- Un âge précis doit être retenu pour les analyses de croissance et de proportions squelettiques puisque les techniques usuellement employées restent fondées sur un âge moyen (cf. chapitres 5 et 6). Sur ces points précis nous utiliserons donc les âges dentaires moyens (se reporter en ANNEXE A8, p. 338). Consciente que le nombre d'individus est limité dans les analyses et que l'utilisation d'âges moyens y introduit un biais, nous nuancerons les interprétations. Rappelons toutefois que ces âges estimés restent homogènes puisque seules deux méthodes (Liversidge & Molleson 2004 ; Moorrees *et al.* 1963a, b) sont employées.
- Pour les comparaisons inter-populations ne nécessitant pas un âge précis mais plutôt des classes homogènes et ayant la même signification pour tous les sites étudiés, nous privilégions ici les classes d'âge démographiques. Cependant, si on suit le raisonnement, on doit nécessairement combiner les âges dentaires et les âges squelettiques estimés. Le(s)quel(s) privilégier ? Que faire en cas de discordance entre les classes ?
- Le troisième point concerne les individus non-identifiés, c'est-à-dire ceux pour lesquels un âge n'a pu être estimé faute de conservation ou de représentativité squelettique adaptée aux méthodes retenues. Nous avons vu qu'une large partie des populations serait alors exclue des analyses. Est-ce juste ? Comment minimiser ce problème ?

Les comparaisons présentées ici introduisent la réflexion permettant de répondre aux questions des deux points précédents et alimentent le débat autour des variations entre le développement dentaire et le développement squelettique. Il est reconnu qu'il existe des décalages autant chronologiques (variabilité dans le temps) qu'individuels (influence du sexe, influence génétique et environnementale) entre le développement dentaire et le développement squelettique (Cardoso 2007b ; Lewis & Garn 1960 ; Sahin Saglam & Gazilerli 2002). Ces variations se reflètent donc sur les âges estimés puisqu'ils se fondent sur ces deux facteurs (Heuzé 2004 ; Lewis 1991). Qu'en est-il sur les estimations précédemment établies ?

Méthode de comparaison

Comparer les âges dentaires et les âges squelettiques revient à évaluer la concordance entre les méthodes choisies. Bland & Altman ont proposé un moyen simple d'évaluer celle-ci (Adalian *et al.* 2006 ; Bland & Altman 1986). Il s'agit de diagrammes représentant la différence entre deux prédictions d'âge (en ordonnées) en fonction de la moyenne des deux âges. Si le nuage de point des individus correspond à au moins 95% dans l'intervalle moyen ± 2SD alors les deux méthodes concordent. La concordance ne signifie pas que les âges estimés moyens sont égaux, seulement que, dans une certaine mesure, les classes d'âge estimées entrent dans une même variabilité. Ces comparaisons deux à deux ont été réalisées sur les 5 collections présentées en comparant l'âge dentaire aux 4 approches d'estimations de l'âge squelettique par le format osseux.

Résultats

La figure 14 représente le diagramme de Bland & Altman comparant l'âge dentaire et l'âge squelettique estimé selon les données de Maresh (Maresh 1955 ; Maresh & Deming 1939).

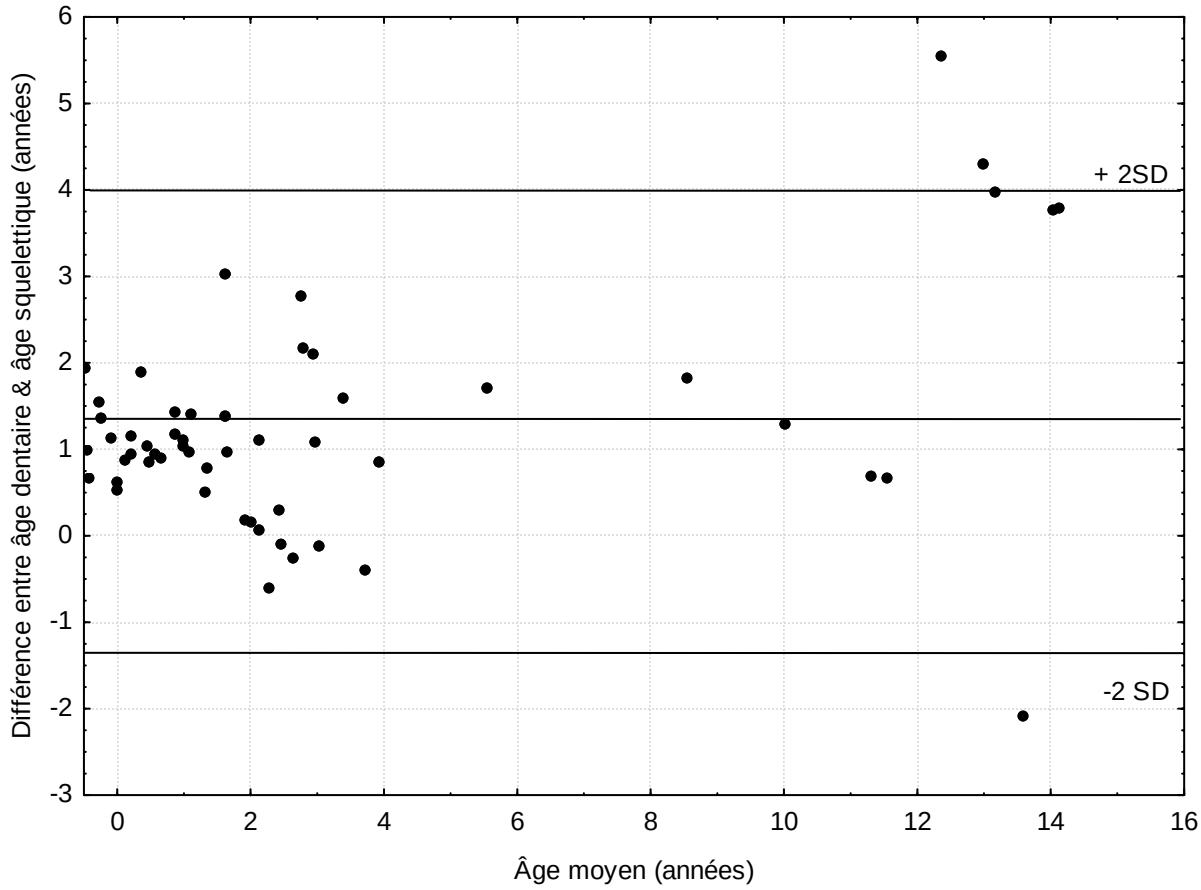


Figure 16 : Diagramme de Bland & Altman représentant la différence entre l'âge dentaire et l'âge estimé selon Maresh sur la collection de Spitalfields (N = 52).

On voit sur cette figure que les deux estimations concordent pour 96,4% des individus. Notons que les trois individus en dehors de cette variabilité sont notés comme ayant un problème de développement flagrant. Les deux méthodes d'estimation offrent donc des résultats concordants.

Cette affirmation peut être élargie à l'ensemble des comparaisons, et ce pour toutes les collections étudiées. Remarquons également que lorsque ces données sont comparées à l'âge réel des individus de Spitalfields, alors la concordance reste fiable même s'il est évident que des écarts existent entre âge chronologique, âge dentaire et âge squelettique. L'écart le plus faible est celui observé entre l'âge réel et l'âge dentaire confortant ainsi des données de la littérature (Cardoso 2007b ; Molleson & Cox 1993).

Remarque

Les méthodes d'estimation de l'âge appliquées à nos cinq collections se comportent toutes de manière identique. La figure 17 relate ce comportement.

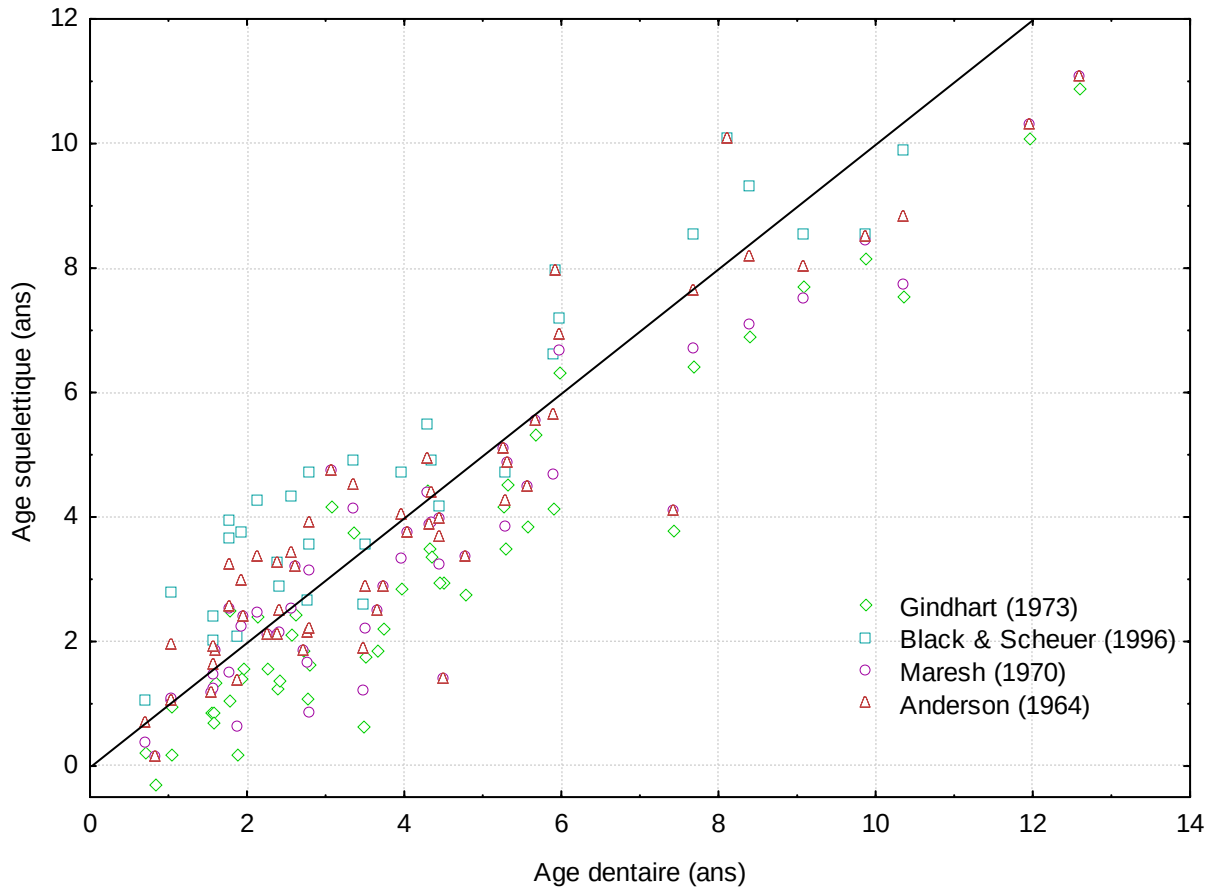


Figure 17 : Relations entre l'âge dentaire et l'âge squelettique. Exemple sur les individus de Cherbourg (la droite en noir représente l'égalité stricte, N = 45).

L'âge selon les formules de Black & Scheuer (1996) à partir de la clavicule a toujours tendance à être surestimé vis-à-vis de l'âge dentaire. En revanche, les données de Gindhart (1973) tendent à sous-estimer l'âge squelettique par rapport à l'âge dentaire. Les données offrant un certain équilibre entre ces deux âges sont sans conteste celles de Maresh (1970). Cette remarque est valable quelle que soit la collection considérée.

Pour conclure sur cette partie :

- ✓ Bien que le développement dentaire soit moins influencé par les facteurs environnementaux que le développement squelettique (Cameron 2007), l'âge dentaire estimé ne peut pas être assimilé à l'âge réel des individus (Bolanos *et al.* 2000) et les méthodes associées sont loin d'être parfaites (influence de l'échantillon de référence, variabilité dans la maturation dentaire, etc.).
- ✓ L'estimation de l'âge squelettique est encore plus variable bien qu'une certaine concordance existe entre les différentes estimations.
- ✓ Nous retiendrons donc l'âge dentaire lorsque celui-ci a pu être évalué. Pour les autres individus l'estimation de l'âge squelettique n'est pas satisfaisante même si une certaine concordance existe dans les classes d'âge estimées. Un tableau synthétique est reporté en annexes (ANNEXE A8, p. 338), détaillant les résultats individuels.

Mais alors que fait-on des individus moins bien préservés pour lesquels aucun âge n'a pu être estimé ? Il n'existe pas de méthode adaptée à chaque partie anatomique et le recours à diverses populations de référence et la multiplication des méthodes dessert la fiabilité des résultats. Nous proposons donc une alternative.

IV. L'ESTIMATION SECONDAIRE DE L'ÂGE : DE L'EMPIRISME À LA MÉTHODE CONCRÈTE PROPOSÉE

1. ESTIMATION DE L'ÂGE DES INDIVIDUS IMMATURES : À CHACUN SA « CUISINE »

Comme nous venons de le voir dans la partie précédente, il existe un grand nombre de méthodes d'estimation de l'âge, fondées sur diverses populations de référence (ou non), engendrant des résultats variables, bien que relativement homogènes si l'on tient compte de classes d'âges plutôt que d'un âge moyen nécessairement erroné.

Cependant, malgré les divers consensus tentés (Ferembach *et al.* 1980 ; Liversidge *et al.* 1998 ; Rösing *et al.* 2007 ; Scheuer & Black 2000a), nous continuons à appliquer des méthodes différentes selon les affinités, écoles et autres considérations méthodologiques. Mais alors quel crédit apporter aux comparaisons effectuées à partir des données publiées ? Est-il correct de comparer diverses modalités biologiques alors que chacun effectue sa « cuisine » sur les données fondamentales ? De plus, les résultats obtenus selon une méthode, même rigoureusement appliquée, ne sont pas nécessairement interprétés de la même façon. Le terme d'approximation méthodologique prend ici tout son sens.

Nous avons souhaité répondre à ce problème en apportant nos réflexions autour de l'homogénéité de l'estimation de l'âge des individus immatures. Cette analyse entre dans un point de vue nécessairement « populationnel », c'est-à-dire qu'elle réfléchit pour et à partir de la population, sans mêler plusieurs méthodes d'estimation de l'âge dentaire et de l'âge squelettique. Le principe est simple : se fonder uniquement sur la **variabilité intra-population** à partir d'un **âge dentaire** sélectionné au préalable.

2. UNE MÉTHODE ADAPTÉE AUX ÉCHANTILLONS ARCHÉOLOGIQUES

Premier constat : les limites dont nous ne pouvons pas nous affranchir sont les limites inhérentes au matériel étudié (cf. chapitre 1, p. 32). Selon les collections archéologiques, la préservation des vestiges est variable (les collections étudiées dans le cadre de ce travail reflètent parfaitement ce fait) et le corpus de données varie d'un individu à l'autre. Si on se fie uniquement à l'âge dentaire, une grande part de la population est exclue des analyses, et si on intègre l'âge squelettique, on introduit un biais supplémentaire. Des individus restent également en marge des autres analyses, faute de conservation, notamment au niveau des os longs. Il serait donc judicieux d'élaborer une méthode permettant d'estimer un âge (ou du moins une classe d'âge) pour un maximum d'individus, y compris ceux pour lesquels la préservation est faible.

Or l'élaboration d'une méthode en anthropologie biologique doit répondre à un certain nombre de conditions et de règles incontournables : la définition d'une population de référence, l'identification de variables valides, l'appréciation de la précision et de la fiabilité de la méthode.

Comment estimer l'âge d'un maximum d'individus sans multiplier les méthodes et les approximations ? Nous souhaitions une méthode répondant aux critères suivants :

- Une adaptabilité à la conservation différentielle des vestiges. Par conséquent une méthode qui prenne en compte d'autres parties anatomiques que les os longs et éventuellement des mensurations peu courantes.
- Une méthode n'ayant pas recours à la multiplication des populations de référence afin de ne pas ajouter de facteurs de biais.
- Des résultats clairs, facilement interprétables et reproductibles.
- Une méthode permettant les comparaisons inter-populations *a posteriori* sans poser le problème de l'homogénéité des méthodes d'identification biologique employées.

Ces critères, pas aisément réalisables, ont pourtant été le fil conducteur de la mise en place de cette nouvelle approche. Le corpus de mesures obtenues sur le squelette crânien et infra-crânien permet de répondre au premier critère car il balaye toutes les parties squelettiques, ce qui permet de prendre en compte la conservation différentielle. Le second critère est celui qui a posé le plus de problèmes. Quelle(s) collection(s) de référence choisir ? Réponse : aucune. Ou plutôt, chaque population archéologique est sa propre population de référence. Ce point est discuté dans les fondements statistiques. Le troisième critère est sans appel : l'absolue nécessité de résultats statistiquement fiables accompagnés systématiquement d'une précision et de fiabilité est la réponse au problème. De ce fait, les interprétations inter-individuelles ne pourront pas être influencées. Enfin, la réponse au dernier critère découle de toutes les autres. Un âge estimé de façon homogène pour diverses populations autorise les comparaisons.

3. FONDEMENTS STATISTIQUES

Cette approche que nous nommerons désormais « estimation secondaire de l'âge au décès » (ou ESA) suit un schéma de construction simple. Contrairement à l'estimation du sexe pour laquelle les réponses sont catégorielles et fixes (homme/femme/indéterminé), l'estimation de l'âge se place sur une échelle quantitative continue. Le terme de secondaire apparaît puisqu'il y a d'abord une estimation primaire de l'âge dentaire. L'ESA reprend donc le concept d'estimation secondaire déjà proposé par la diagnose sexuelle secondaire (Murail *et al.* 1999). L'estimation finale est donc réalisée en deux temps :

- Le premier est d'estimer un âge dentaire pour les individus qui ont leurs dents préservées.
- Le second est de comparer la variabilité intra-population des ces individus afin d'estimer une classe d'âge à partir des vestiges squelettiques des sujets pour lesquels la première étape était impossible.

Cette démarche a été réalisée à plusieurs reprises (Alduc-Le Bagousse 1988 ; Bocquentin 2003 ; Castex 1994), sans pour autant proposer de développement statistique précis et reproductible. C'est ce que nous faisons dans le cadre de ce travail. Les fondements statistiques sont ici développés selon plusieurs étapes :

a. Étape 1 : estimation de l'âge dentaire (appelé par la suite « âge primaire »)

Comme nous l'avons déjà mentionné, l'estimation de l'âge dentaire est celle qui offre la plus grande précision et la meilleure fiabilité et le moins de variabilité intra- et inter-populations. Le choix de la méthode appliquée dépend de l'échantillon mais également du point de vue de l'analyste. La seule nécessité est qu'une seule méthode soit appliquée pour toutes les populations étudiées afin d'obtenir un âge primaire homogène.

Pour notre part (cf. les raisons évoquées dans la première partie de ce chapitre), nous avons choisi la méthode de (Moorrees *et al.* 1963a, b) et l'avons scrupuleusement appliquée à l'ensemble de nos populations. Nous avons obtenu les résultats précédemment exposés, démontrant qu'un grand nombre de sujet ne pourraient pas bénéficier de ces estimations.

b. Étape 2 : variabilité intra-population et hypothèses *a priori*

Afin de ne pas multiplier le recours à d'autres populations de référence que celles nécessairement utilisées dans l'estimation de l'âge primaire, nous avons choisi de travailler au niveau intra-populationnel, c'est-à-dire que la référence utilisée dans l'estimation de l'âge secondaire repose sur les individus d'une même population.

Toutefois cette décision amène à formuler des hypothèses *a priori* lourdes de conséquences si elles ne sont pas respectées :

- La première est la nécessaire **homogénéité** de la population, c'est-à-dire que la variabilité inter-individuelle au niveau du format osseux est limitée pour un même âge (classe d'âge) dentaire. Hormis les individus pathologiques, démontrant des écarts anormaux entre développement osseux et dentaire, les autres sujets respectent très largement cette condition (Cardoso 2007b ; Lampl & Johnston 1996 ; Lewis 1991 ; Lewis & Garn 1960 ; Sahin Saglam & Gazilerli 2002 ; Sierra 1987 ; Uysal *et al.* 2006).
- La seconde hypothèse est également impérative. Nous ne voulons en aucun cas assimiler l'âge dentaire à l'âge squelettique car, nous avons pu voir que les divergences sont nettes. Mais pour estimer un intervalle d'âge à partir des mensurations squelettiques avec seulement un âge dentaire connu, alors il faut considérer que l'**écart** qui existe entre les deux types de développement est **stable** d'un individu à l'autre.

Consciente que ces hypothèses ne seront jamais totalement respectées (cf . p. 101-102), la mise en place mathématique de l'approche a tenu compte de cette homogénéité et de ces écarts.

c. Étape 3 : estimation de l'âge secondaire (ESA)

Il est illusoire de vouloir estimer un âge précis *via* cette approche. Nous avons donc préféré travailler sur la fiabilité et la reproductibilité des résultats en nous fondant sur l'estimation de classes d'âge.

Relation entre âge dentaire et mensurations squelettiques

Les mesures étant des variables quantitatives continues, on ne peut pas les catégoriser ou du moins avec une part de subjectivité importante (Garcin *et al.* [soumis]-c). Il a donc fallu évaluer la relation entre l'âge dentaire précédemment estimé et chaque mensuration. Afin d'éviter tout ajout de variables approximatives (du type âge de la puberté, vitesse de croissance, etc.) qui, de

toute façon, sont inconnues ou très biaisées, nous avons opté pour un modèle simple et adapté à la plupart des mesures squelettiques.

Le modèle retenu (V. Honkimaki, communications personnelles) est un modèle de croissance très utilisé : une fonction exponentielle simple exprimée selon la relation suivante :

$$y = b\ (x + B)^m \quad (*)$$

Où *y* est la mesure osseuse, *b* et *m* des constantes relatives à l'os considéré, *x* l'âge dentaire et *B* le biais introduit par divers facteurs (erreurs de mesures, décalage entre le développement dentaire et le développement squelettique, etc.).

Cette équation exponentielle est linéarisée selon une double échelle logarithmique :

$$(*) \Leftrightarrow \ln(y) = \ln[b(x + B)^m] = \ln(b) + \ln[(x + B)^m] = \ln(b) + m\ln(x + b) \quad (**)$$

$$(**) \Leftrightarrow Y = c + mX$$

Avec Y = ln(y) ; c = ln(b) une constante ; et X = ln(x+B).

Le biais B représente aussi les limites de l'équation, à savoir : avoir un début à l'équation (ln (0) = - infini, ce qui est impossible dans notre domaine, il ne peut exister des âges inférieurs à zéro) ; éviter aussi que la croissance continue indéfiniment alors qu'en biologie elle se termine. Le biais simulé oscille entre 0,2 et 0,6 ans, c'est-à dire qu'on fixe une limite aux alentours de 4 mois pour ce biais et que l'on commence à estimer l'âge à partir de 5 mois *in utero* (second trimestre de grossesse). Mais l'estimation qui suit n'est que peu influencée par le biais fixé (tests de comparaison non significatifs). On utilise avant tout cette limite afin d'éviter les calculs d'âges négatifs.

Sans autre analyse, cela revient alors à estimer un âge par régression, ce qui est évidemment très limité dans nos domaines (Braga *et al.* 2005 ; Huxley 1924 ; Neter *et al.* 1990 ; Nicoletti 1970 ; Smith 1994). De plus, on assimilerait alors un âge dentaire à un âge squelettique, ce qui est faux.

Cette relation est par conséquent utilisée pour estimer la variabilité intra-population pour un âge donné et les classes d'âge souhaitées. La modélisation est réalisée pour chaque mensuration, l'erreur de mesure et de régression calculée pour chaque individu. On obtient ainsi une matrice de variabilité pour diverses classes d'âge (annuelles, quinquennales, utilisées en démographie, etc.).

Estimations des classes d'âges, erreurs et aberrations

Le passage entre la matrice de variabilité et l'estimation de l'âge individuel se fait par l'intermédiaire de probabilités gaussiennes. Elles estiment la probabilité pour un individu d'appartenir aux diverses classes d'âge, étant donné la mesure obtenue pour celui-ci et sa place dans la matrice de variabilité précédemment établie. Elles ont l'avantage vis-à-vis des probabilités bayésiennes d'utiliser toutes les informations disponibles et de ne pas nécessiter de probabilité *a priori* uniformes voire constantes (Buck *et al.* 1996). Elles sont donc plus informatives, même si elles confèrent des probabilités plus faibles du fait de la prise en compte des divers paramètres *a priori* (Buck *et al.* 1996).

On estime donc pour chaque individu les probabilités d'appartenir aux classes d'âge choisies. Un programme en langage Visual Basic® a été développé par V. Honkimaki afin d'automatiser ces étapes à partir d'une base de données classique sous Microsoft® Excel, mentionnant les individus, ceux pour lesquels un âge primaire a pu être estimé et les mensurations obtenues pour tous les individus de l'échantillon. Ce programme a l'énorme avantage de ne pas tenir compte des données manquantes et de déceler toute aberration dans la base de données (erreur de frappe, âge dentaire erroné par rapport aux mensurations osseuses, etc.). Les étapes d'utilisation du programme sont détaillées et illustrées en annexes (ANNEXE A 11, p. 356).

Adaptation des classes estimées, une mesure* vs. *toutes les mesures

Le programme a été construit afin de s'adapter à tous les critères énoncés au début de cette partie. Les classes d'âge sont par défaut les classes d'âge démographiques, mais on peut simplement changer celles-ci dans les premières lignes du programme. En effet, développé sur Visual Basic®, le programme est robuste car non influencé par la base de données en elle-même. Il ne correspond pas non plus à un enchainement de formules très labiles du moment où elles dépendent du tableur en lui-même.

Nous avons donc décidé de nous risquer à tester cette approche sur des classes d'âges plus biologiques :

- Des classes correspondant plus au développement dentaire surtout au niveau de la mise en place des différentes dentitions (Scheuer & Black 2000a, b) : [0] ; [1-3] ; [4-5] ; [6-8] ; [9-12] ; et [13+] ans. Ces stades correspondent à la mise en place des dents déciduales, puis à la dentition mixte et enfin à la denture permanente selon les deux premières molaires définitives.
- Des classes correspondant aux différentes phases de croissance de Bogin (Bogin 1999), relatives aux vitesses de croissance des os longs : [0-2] ; [3-5] ; [6-8] ; [9-12] et [13+] ans. Elles complètent ainsi la vision synthétique de l'estimation de l'âge des individus immatures. La seule différence est donc que les individus de moins de cinq ans sont répartis soit en deux, soit en trois classes.

L'adaptabilité du programme se trouve à plusieurs échelles. En effet, il permet d'estimer un âge à partir d'une seule mesure et de comparer les âges estimés en fonction des parties anatomiques préservées. Mais une seconde fonction permet d'estimer l'âge à partir de toutes les mensurations présentes pour un individu.

Il est évident que toutes les mensurations ne sont pas des indicateurs d'âge d'égale fiabilité (Garcin 2006 ; Garcin *et al.* [soumis]-b). Ainsi, pour chaque mesure, l'estimation est **pondérée** en fonction de la qualité de la modélisation (corrélation à l'âge dentaire, amplitude des résidus, etc.) et des erreurs produites. Ce poids (W) est calculé pour chaque mesure i par la relation suivante :

$$W_i = \frac{1}{Err_i^2}$$

Où *Err* est l'erreur standard de l'estimation calculée dans la modélisation.

Par exemple, l'estimation obtenue à partir de la longueur d'un fémur aura plus de « poids » dans la probabilité finale qu'une estimation selon le diamètre antéro-postérieur en milieu de diaphyse

du radius. La Figure 18 illustre le « poids » des différentes mesures dans l'estimation de l'âge des individus de Spitalfields selon les classes d'âges démographiques.

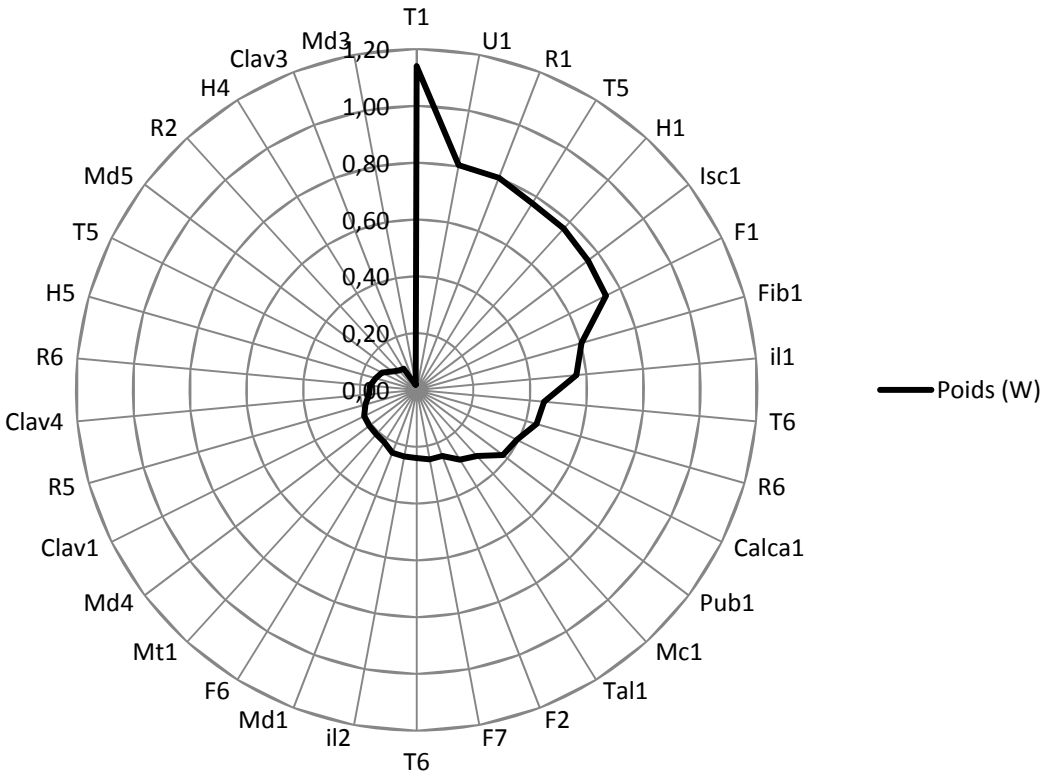


Figure 18 : Poids des différentes mesures dans l'estimation de l'âge selon les classes démographiques des individus de Spitalfields (W> 1%). (Définition des mesures A3 p. 330 en annexe).

Comme il était aisément prévisible, les mesures obtenant toujours le plus de poids sont les longueurs des os longs (par exemple, les longueurs du tibia (T1), de l'ulna (U1) ou du radius (R1) dans la Figure 18). Les largeurs de métaphyses sont également informatives (comme les extrémités distales du radius (R6) et du tibia (T6)), mais dans une seconde vague et enfin, les diamètres et périmètres en milieu de diaphyse apportent le plus d'erreur relative donc ont un poids plus faible dans l'estimation finale des probabilités (comme le périmètre R2 du radius). Il est toutefois intéressant de noter que certains os peu usités en tant qu'estimateurs de l'âge sont mis en avant pour la qualité des estimations qu'ils prodiguent. C'est le cas des longueurs des talus (Tal1), calcanéus (Calca1) ou encore de la mandibule (Md1), ce qui confirme des postulats précédemment établis (Garcin *et al.* [soumis]-b). Faudrait-il alors choisir les meilleures mesures pour l'estimation finale et laisser de côté les autres ? On ne peut pas se permettre de faire des choix pour plusieurs raisons. Premièrement, certains individus moins bien préservés seraient écartés de l'estimation car ils ne possèderaient pas les « bonnes » mesures. De plus, l'ensemble des mesures pour un individu reflète sa place dans la variabilité de la population. Par exemple, si l'on met de côté certaines mesures ayant un poids moindre mais définissant l'individu comme petit, alors l'âge estimé subira l'attraction à la moyenne de la variabilité globale. Il en va de même pour les mesures tirant vers la variabilité supérieure. Enfin, le système de poids met réellement en valeur les mesures très corrélées à l'âge, sans se départir des mesures secondaires.

La probabilité finale calculée par classe d'âge tient compte de cette pondération et de l'ensemble des mesures. Le résultat de l'estimation secondaire se présente de la manière suivante (Tableau VI) :

Classes d'âge	[0]	[1-4]	[5-9]	[10-14]	[15-19]
Mk1915	13,77%	86,23%	0,00%	0,00%	0,00%

Tableau VI : Exemple de résultat pour l'estimation de l'âge secondaire de l'individu n°1915 de Mikulčice.

Par exemple, cet individu a une probabilité de 86,23% d'appartenir à la classe [1-4] ans. Ce résultat est concordant avec l'âge dentaire moyen obtenu qui est de 1,82 an.

La probabilité minimale retenue pour l'attribution définitive d'une classe d'âge est de 80%. En deçà de ce seuil, alors les classes d'âges sont combinées pour atteindre au moins celui-ci. On perd encore en précision au niveau de l'estimation, mais la fiabilité reste haute. La population de référence étant fixe et ne distinguant pas d'échantillon d'apprentissage ni d'échantillon test, nul besoin de ré-échantillonner (« randomisation ») pour reproduire les résultats, ils sont définitifs. Cette méthode est appliquée en premier lieu à l'échantillon de Spitalfields afin de contrôler les âges obtenus avec les âges réels et de discuter de la pertinence de la méthode. Dans un second temps les résultats obtenus pour les collections du haut Moyen Âge sont décrits dans le but d'obtenir une classe d'âge pour un maximum d'individus.

4. RÉSULTATS SUR LA COLLECTION DE RÉFÉRENCE DE SPITALFIELDS

Un âge dentaire (primaire, s'il on reprend la terminologie établie précédemment) a pu être estimé (selon des données de P. Sellier et de A.-M. Tillier) pour 72 individus sur 87 (82,75% de l'échantillon). La préservation et les conditions de conservation exceptionnelles à Spitalfields contribuent fortement à cet effectif élevé (cf. §I).

Ensuite, étant donné qu'il s'agit de notre population test, nous avons estimé l'âge secondaire à partir de différentes données d'entrée et de sortie :

- Deux combinaisons possibles au niveau des données d'entrée pour l'âge primaire : (1) l'âge réel, pour lequel une comparaison directe avec l'âge estimé peut être apportée. (2) l'âge dentaire pour effectuer les estimations dans les conditions réelles de toute population archéologique.
- Différentes estimations selon le mode choisi : (1) les âges secondaires sont estimés pour chaque mesure. (2) les âges secondaires sont estimés pour l'ensemble des mesures disponibles par individu.
- Trois classes d'âges différentes pour les probabilités *a posteriori* : (1) les classes d'âges démographiques, les plus usitées. (2) les classes correspondant au développement dentaire. (3) les classes correspondant plutôt au développement squelettique.

Toutes ces combinaisons (12 au total) ont été évaluées. Le Tableau VII répertorie les résultats pour chaque combinaison en termes de précision (fréquence d'individus pour lesquels l'âge est correctement estimé par rapport à l'âge réel, avec une probabilité supérieure à 80%) et de fiabilité (probabilités minimales et maximales associées aux estimations).

Combinaison	Précision		Fiabilité		Remarques
	min	max	min	max	
Age réel/Classes démo./Mes. sép.	87% (Mc1)	100%	24%	100%	Epiphyse proximale du radius et diamètre de la tête fémorale à écarter
Age réel/Classes démo./Mes. tot.	91,67%	**94,32%**	51%	100%	Précision max. en combinant les classes
Age réel/Classes dt./Mes. tép.	88% (F2)	100%	26%	100%	Très peu d'erreurs, limite les mauvais classements des individus en bord d'intervalle
Age réel/Classes dt./Mes. tot.	93,75%	**97,70%**	56%	100%	Probabilités réparties deux classes au maximum
Age réel/Classes sq./Mes. sép.	75% (F2)	100%	29%	100%	Un âge secondaire juste est estimé pour moins d'individus que dans les combinaisons précédentes
Age réel/Classes sq./Mes. tot.	89,74%	**93,10%**	51%	100%	En accord avec la remarque ci-dessus
Age dtr./Classes démo./Mes. sép.	81% (Mc1)	100%	23%	100%	Effectifs insuffisants pour estimer des âges à partir de R5 et R6
Age dtr./Classes démo./Mes. tot.	78,67%	**87,35%**	51%	100%	La combinaison de deux classes augmente fortement la précision des estimations
Age dtr./Classes dt./Mes. sép.	75% (T3)	100%	30%	100%	Résultats proches de ceux obtenus avec l'âge réel. Globalement un moins grand nombre d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé
Age dtr./Classes dt./Mes. tot.	82,05%	**94,25%**	53%	100%	Toujours meilleurs résultats par rapport à ceux obtenus *via* les classes d'âge démographiques.
Age dtr./Classes sq./Mes. sép.	80% (Mc1)	100%	34%	100%	Effectifs insuffisants pour estimer des âges à partir de R5 et R6
Age dtr./Classes sq./Mes. tot.	80,56%	**89,65%**	51%	100%	Résultats en accord avec ceux obtenus à partir des âges réels

Tableau VII : Principaux résultats en termes de précision et de fiabilité des estimations obtenues selon les 12 combinaisons testées (en gras, les précisions retenues pour discussion).

Les résultats obtenus en fonction d'une seule mesure sont difficilement interprétables individuellement puisque tous les individus ne possèdent pas le même corpus de mensurations. Il toutefois mentionner la très forte précision des estimations (100% d'âge estimés correspondant aux âges réels avec des probabilités > 80%) obtenue avec la plupart des mensurations notamment avec celles des os longs et du pied (Garcin *et al.* [soumis]-b). Les fiabilités sont également excellentes car très majoritairement > 80%.

Les résultats qui nous intéressent en premier lieu sont ceux grisés dans le tableau ci-dessus. En effet, ils correspondent aux estimations toutes mesures confondues, c'est-à-dire celles utilisées dans l'étude d'une population archéologique. La précision est excellente et se situe entre 87,35% et 97,70%. Il est également intéressant de noter que les individus mal classés (ce sont toujours les mêmes qui reviennent, quelle que soit la combinaison évaluée), ont tous été mentionnés comme ayant un problème dans leur fiche de conservation (rachitisme, petit pour son développement dentaire ou inversement, pathologique, etc.). Il est important aussi de mentionner que la précision minimale est élevée pour ce type d'approche probabiliste. Si l'on ajoute l'erreur au niveau de l'âge dentaire (cf. §I.4.), alors les résultats obtenus sont non seulement bons en termes de précision mais également très fiables. Les différences âge

dentaire/âge réel ressortent dans les résultats de la méthode et les individus démontrant déjà un écart entre âge dentaire et âge réel ressortent des estimations de l'ESA. Il est aussi notable que les classes d'âges démographiques ne sont pas les plus adaptées car les limites de classes ne correspondent pas à des phases de développement biologique. Ce constat est renforcé par les résultats obtenus avec les classes d'âge dentaire qui offrent une précision maximale (97,70% avec l'âge réel comme référence et 94,25% avec l'âge dentaire comme référence).

Ce qui nous permet également de discuter des différences obtenues selon la référence utilisée (âge réel ou âge dentaire). Les résultats en termes de précision sont légèrement inférieurs quand on utilise l'âge dentaire. Deux explications principales peuvent être apportées : (1) l'âge réel est connu pour l'ensemble des individus, le programme possède donc un maximum d'informations pour établir les probabilités *a posteriori*. Les individus mal classés ont donc réellement un problème de développement pour leur âge ou bien l'âge ne correspond pas au squelette analysé (mais ici nous n'avons aucun moyen de vérification). (2) les individus possédant un âge dentaire ne possèdent pas nécessairement l'intégralité du corpus de mesures, l'échantillon référent est donc plus limité et les probabilités *a posteriori* y sont sensibles.

Ces résultats semblent très satisfaisants mais apportent-ils de meilleures estimations que les méthodes classiquement utilisées ? Afin de discuter de leur pertinence, nous avons comparé les résultats obtenus *via* l'ESA et les âges estimés dans le paragraphe I.2 (p. 98).

Le Tableau VIII répertorie les précisions obtenues avec les différentes méthodes.

Age estimé (classes démographiques) selon	Précision (% d'estimation juste / âge réel)	Nombre d'individus pour lesquels un âge a été estimé (/87)
Gindhart (1973)	58,44%	77
Black & Scheuer (1996)	81,13%	53
Maresh (1970)	62,96%	81
Anderson (1976)	48,65%	74
ESA (réf. âge dentaire)	**87,35%**	**87**

Tableau VIII : Comparaisons entre les différentes méthodes d'estimation de l'âge sur l'échantillon de Spitalfields.

Ce tableau confirme les résultats obtenus précédemment, conférant à l'ESA les meilleurs résultats et classant les méthodes de manière similaire aux comparaisons du paragraphe I.4. (p. 100, un grand nombre d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé selon Maresh, mais une plus grande précision des estimations selon Black & Scheuer). Bien que de précision variable selon les données d'entrée et de sortie choisies, l'ESA apporte des précisions bien meilleures que celles obtenues avec les méthodes usuellement utilisées.

D'une manière descriptive, il est évident que les estimations sont plus fiables pour les plus petits puisque la variabilité du format est moindre. Mais l'ESA permet aussi d'estimer un âge fiable chez les plus grands. L'importance de l'échantillon de référence (échantillon d'individus ayant un âge primaire) est prépondérante : plus l'effectif sera faible, moins la variabilité sera définie et par conséquent plus les probabilités calculées seront faibles.

Pour conclure, ces résultats plus qu'encourageants sur la collection de Spitalfields nous autorisent d'appliquer l'ESA sur les collections du haut Moyen Âge. Ceux-ci seront, encore une

fois, comparés aux âges estimés selon les autres approches, même si nous ne possédons aucun moyen de vérification.

5. RÉSULTATS SUR LES COLLECTIONS DU HAUT MOYEN ÂGE

L'ESA a été appliquée sur les 4 collections du haut Moyen Âge avec pour données d'entrée, les individus pour lesquels un âge primaire a pu être estimé et les données de sortie, les classes d'âge démographiques puisque ce sont elles qui seront utilisées dans les comparaisons ultérieures. N'ayant aucun moyen de vérification, nous ne nous risquons pas à envisager des classes d'âges plus biologiques. Les estimations ont été établies sur l'ensemble des mesures disponibles.

Les résultats sont présentés de la manière suivante : pour chaque collection, le nombre d'individus ayant un âge primaire, le nombre d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé et la concordance avec les estimations obtenues avec les méthodes usuelles (Tableau IX).

Site	*n* total	N âge primaire	N' âge secondaire	Méthode usuelle	
				N''	Concordance
Mk	235	131	162	74	91,89%
Pk	173	109	147	59	91,52%
Che	111	73	104	84	86,76%
Nlv	94	66	90	46	82,65%

Tableau IX : Résultats de l'estimation de l'âge secondaire dans les 4 populations du haut Moyen Âge.

Le résultat le plus frappant est l'effectif accru d'individus pour lesquels un âge secondaire (de ce fait un âge tout court) a pu être estimé. En effet, la prise en compte d'un maximum de mesures permet d'obtenir un âge pour les individus les moins bien préservés, ce qui contraste nettement avec les méthodes usuelles (qui ne prennent en compte que les os longs et la clavicule). En outre, il est intéressant de noter la forte concordance des classes d'âges estimées par l'ESA et les méthodes usuelles (> 80% pour les individus estimés par les deux méthodes quel que soit le site considéré). Les individus discordants correspondent pour la plupart à des individus situés entre deux classes d'âge. En effet, l'ESA catégorise les individus à plus de 80% de probabilité sur deux classes d'âge maximum alors qu'il est parfois difficile d'attribuer une classe d'âge particulière par les méthodes usuelles. De même que l'ESA permet la plupart du temps de prendre une décision statistique sur la classe à retenir pour un individu en limite de classe. Pour l'étude du recrutement de la population par les outils paléodémographiques, cette décision permet de limiter les manipulations de minimalisation des anomalies (Sellier 1994).

Etant donné cette forte concordance, nous avons opté pour conserver, dans les comparaisons et les analyses ultérieures, les classes d'âge estimées *via* l'ESA. Ces classes sont présentées dans les données individuelles (ANNEXE A8, p. 338). Pour l'étude du recrutement (cf. chapitre 8, p. 253), nous avons écarté les individus vraiment trop peu conservés et dont l'ESA donnait des probabilités inférieures à 80%. En revanche, pour les individus non mesurables mais clairement identifiables dans une classe, nous les avons retenus (par exemple, un maxillaire droit non soudé appartenant à un individu classé dans l'intervalle [0] an).

6. PRÉCISION ET FIABILITÉ : TOUT DÉPEND DES OBJECTIFS DÉSIRÉS

Bien que de précision variable (entre 87% et 94% pour l'échantillon de Spitalfields avec comme référence de base l'âge dentaire), l'ESA donne des résultats de précision bien meilleure que celle obtenue avec les méthodes usuelles (entre 49% et 81%).

La variabilité intra-population offre donc un outil intéressant pour l'estimation de l'âge au décès et une méthode prometteuse. La précision au niveau des classes les plus jeunes ([0] et [1-4] ans) est naturellement plus grande du fait d'une variabilité du format squelettique plus faible à ces âges. Malgré tout, l'ESA permet des estimations fiables pour les individus plus âgés y compris chez les adolescents.

On s'affranchit donc du choix d'une population de référence adaptée (hormis pour l'âge dentaire, mais nous n'avons pas le choix). Les enfants atteints d'un problème de développement (retard ou avance) passeront inaperçus sauf problème flagrant déjà observé à l'étude, mais nous n'avons ici aucun moyen de vérification. L'estimation rigoureuse de l'âge dentaire est donc très importante car celui-ci se répercute sur la suite des analyses. Nous sommes consciente que la méthode de Moorrees *et al.* (1963) est loin d'être parfaite, mais avons-nous réellement le choix pour des études de population ?

Comme l'ESA confère des précisions et fiabilités importantes dans les estimations au niveau de l'échantillon de Spitalfields, nous avons retenu les classes correspondant à des probabilités > 80%. Il est à notre avis difficile d'obtenir des meilleurs résultats avec l'ostéométrie. Si l'on veut obtenir une fiabilité supérieure à 95% il faut alors regrouper les classes. Le regroupement concerne uniquement deux classes et ce quelle que soit la combinaison considérée. A nous de choisir. Dans tous les cas, la reproductibilité des résultats est maximale puisque la méthode d'estimation est invariable. Le second énorme avantage de l'ESA est l'effectif d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé (Garcin *et al.* 2009). Du fait de son adaptabilité aux mesures en présence, un maximum d'individus est pris en considération. A nous de retenir les estimations les plus fiables (par exemple, un individu ne possédant que l'extrémité distale du fémur mesurable verra son attribution aux classes d'âges très limitée comme 46% en [5-9] et 54% en [10-14] ans). Dans ce cas, il est plus prudent de regrouper les classes. La Figure 19 montre cette augmentation des effectifs.

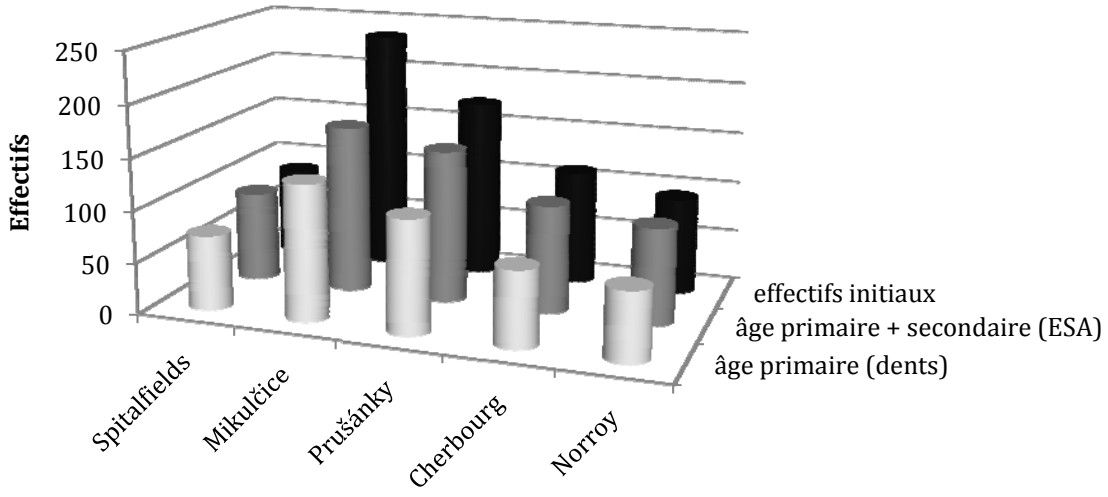


Figure 19 : Effectifs d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé : âge dentaire primaire et âge selon l'ESA, par rapport aux effectifs initiaux.

L'ESA permet aussi d'obtenir des estimations avec une validation statistique de fiabilité ainsi qu'une adaptabilité aisée à n'importe quelle collection étudiée. Il faudrait cependant la valider en la testant sur d'autres populations de référence (comme celle de Coimbra, de Belleville ou encore de Lisbonne). Bien que la démarche ne soit pas en cause, ce sont surtout les postulats *a priori* qui doivent être vérifiés de manière approfondie (cf. p. 101 : variabilité intra-population homogène, écarts entre développement dentaire et développement squelettique interindividuel similaire). Cette méthode, issue de conceptions anciennes (Alduc-Le Bagousse 1988 ; Bocquentin 2003 ; Castex 1994), est, pour la première fois, associée à une décision statistique et testée de manière approfondie. Sa possible utilisation quasi-universelle en font une perspective d'étude non négligeable même si nous sommes consciente de ses limites (estimation de l'âge selon Moorrees *et al.* ; hypothèses *a priori* ; manque de tests sur d'autres populations identifiées, etc.).

Les âges retenus des individus immatures dans le cadre de cette étude sont les suivants (cf. ANNEXE A8 p. 338) :

- Les âges dentaires moyens pour les analyses nécessitant une variable continue (ex. profils de croissance squelettique).
- Les classes d'âges démographiques retenues après estimation de l'âge dentaire et par l'ESA pour les comparaisons inter-populations.
- Les classes d'âges déterminées à partir des vestiges osseux épars (tels qu'un os temporal aux parties non soudées pour les tout-petits) pour les analyses de recrutement et les autres relations aux pratiques funéraires.

L'estimation de l'âge renouvelée des individus immatures pourrait faire à elle seule un sujet de thèse. Dans le cadre de cette étude, nous n'irons pas plus loin dans ce domaine. Reprenons simplement les modalités d'identification biologique des individus dans ce travail.

V. SYNTHÈSE

L'identification des individus immatures en anthropologie biologique réside en l'estimation de l'âge en premier lieu, puis l'estimation du sexe, de la stature et de l'affinité populationnelle.

Pour des questions de fiabilité de l'étude, nous avons écarté l'estimation du sexe (aucune méthode valide à ce jour, si ce n'est par une analyse ADN) et celle de l'origine ethnique. De même que l'estimation de la stature ne nous a pas semblé judicieuse, car elle ajoute encore une approximation et des recours à d'autres populations références. La variabilité du format squelettique, et par extension la conformation des individus, sont étudiées de manière approfondie dans le chapitre suivant.

En ce qui concerne l'âge au décès, nous avons appliqué des méthodes usuelles d'estimation de l'âge dentaire (Liversidge & Molleson 2004 ; Moorrees *et al.* 1963a, b) et de l'âge squelettique (Anderson *et al.* 1964 ; Black & Scheuer 1996a ; Gindhard 1973 ; Maresh & Beal 1970). Une attention toute particulière a été portée sur les individus de moins de 1 an (Adalian *et al.* 2002 ; Fazekas & Kosa 1978 ; Olivier & Pineau 1958 ; Scheuer *et al.* 1980 ; Sellier 1993) afin de tenter de distinguer la mortalité périnatale des décès ultérieurs au premier mois de vie. Si les résultats pour cette classe d'âge sont réellement précis et proches, les comparaisons entre les autres estimations pour les plus grands sont plus aléatoires. Bien que comparables, les classes obtenues sont trop variables et insatisfaisantes.

C'est pourquoi nous avons mis en place une nouvelle méthode, nommée ESA (pour Estimation Secondaire de l'Âge au décès) reprenant les concepts déjà avancés mais non validés jusqu'ici (Alduc-Le Bagousse 1988 ; Bocquentin 2003 ; Castex 1994). Cette méthode repose sur une estimation de l'âge en deux temps. Le premier permet d'établir un âge dentaire pour les individus ayant des dents. Dans un second temps une classe d'âge est estimée à partir de la variabilité intra-population du format squelettique *via* des modélisations des mensurations en fonction de l'âge dentaire puis de probabilités gaussiennes. Les résultats — obtenus sur la collection de référence de Spitalfields — en termes de précision (> 85% quelle que soit la combinaison considérée, 12 au total) et de fiabilité (>80% pour toutes les estimations réalisées) confèrent à cette méthode un net avantage vis-à-vis des méthodes usuelles. De plus, bien que comportant des limites et hypothèses *a priori* lourdes, l'ESA permet d'estimer un âge pour un maximum d'individus y compris ceux les plus pauvrement préservés. Nous avons donc retenu l'ESA pour estimer l'âge des individus ne comportant pas de dent dans nos populations du haut Moyen Âge.

L'identification biologique de nos individus étant traitée, nous pouvons désormais entrer dans le vif de la problématique et aborder la caractérisation des squelettes immatures ainsi que les comparaisons inter-populations.

CHAPITRE 5

MENSURATIONS ET CONFORMATION, CARACTÉRISATION DES VARIABILITÉS INDIVIDUELLES ET INTER-POPULATIONS

"From its inception physical anthropology has been preoccupied with human variation" (Hrdlička 1927). "Since growth is the process that produces variation, it is therefore not surprising to find that biological anthropologists have a long history of studying human variation and growth in numerous populations and within many temporal frameworks" (Hoppa & Fitzgerald 1999a).

Pour reprendre les termes de ces auteurs, ce chapitre s'intéresse à la variabilité du format squelettique au sein des collections étudiées, surtout en tant que caractérisation des différentes populations selon leur milieu de vie. La variabilité traduit à la fois une notion de diversité (chaque individu possède des caractéristiques squelettiques différentes) et une notion d'homogénéité (un groupe d'individu pour un âge donné possède une variabilité des mensurations limitée). Nous jouerons donc sur ces deux points afin de définir les populations sur lesquelles nous travaillons et de mettre en relief des caractères qui les distinguent.

I. VARIABILITÉ INTRA- ET INTER-POPULATIONNELLE

1. INTÉRÊT DES COEFFICIENTS DE VARIATION

Pour pouvoir comparer l'étendue et la variation de diverses mesures ou de divers éléments d'un même individu, il faut disposer d'un indice de dispersion relative (Lamotte 1971). Le coefficient de variation exprime cette dispersion comme étant le rapport de l'écart-type à la moyenne. Souvent abrégé en CV, il s'exprime en pourcentage :

$$CV = \frac{\sigma x}{\bar{x}} \times 100$$

Le coefficient de variation est un nombre pur indépendant des unités employées pour mesurer les variations puisque la variance et l'écart-type ont des grandeurs qui sont dépendantes de celle des données considérées (Zar 1996). Le CV est obligatoirement compris entre 0% et 100%. Plus il se rapproche de 0, moins la mesure considérée est variable et inversement lorsqu'il se rapproche de 1.

Les coefficients de variation ont été calculés pour chacune des 53 mesures squelettiques enregistrées et pour les 4 sites du haut Moyen Âge, d'abord pour l'ensemble de la population immature puis par classe d'âge car les différences d'effectif entre ces classes peuvent faire varier les coefficients calculés. Ce chapitre répondant à la caractérisation des mensurations et des conformations squelettiques des populations étudiées, le recours à une collection de référence n'est pas nécessaire. La collection de Spitalfields n'interviendra donc pas ici.

a. Au sein des populations

L'intérêt du calcul des coefficients de variation pour l'étude de la variabilité intra-population est de définir parmi les mensurations squelettiques, lesquelles sont les moins et les plus variables. Ces résultats permettront, par la suite dans les comparaisons inter-populations, d'apporter un argument supplémentaire dans la distinction des populations par rapport à leur milieu de vie.

Le Tableau X ci-dessous répertorie les mesures les moins et les plus variables pour chaque collection étudiée, d'abord dans sa globalité puis par classe d'âge.

	Pop. entière		[0]		[1-4]		[5-9]		[10-14]		[15-19]	
	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Mk	Md5 14,4%	R1 41,1%	Md2 0,8%	T5 43,7%	Md5 5,2%	Tal2 32,5%	Clav1 6,0%	Clav3 22,1%	Fib1 3,8%	Clav3 20,6%	H3 0,6%	T3 39,0%
Pk	Md4 13,8%	F1 45,8%	Md2 4,3%	H4 27,3%	Md5 8,8%	Fib3 49,4%	Md4 6,8%	Isc1 17,5%	T1 2,3%	Fib3 28,3%	/	/
Che	Md4 10,6%	F1 40,3%	Mt1 7,1%	Isc1 29,5%	Md4 5,9%	F1 22,1%	Md4 5,3%	Clav3 14,5%	Md2 3,3%	R5 30,6%	/	/
Nlv	Mc2 1,1%	Fib2 84,6%	H4 15,0%	F6 57,4%	H5 1,0%	T5 28,5%	Md5 2,4%	U5 20,2%	U1 3,1%	Fib2 61,5%	Md5 3,8%	Fib2 87,9%

Tableau X : Variabilité des mensurations pour les 4 collections du haut Moyen Âge. Les CV sont indiqués entre parenthèses (définition des mesures : annexes A3 et A4, p. 330).

Les mesures prises au niveau de la mandibule sont dans l'ensemble les moins variables. Spécialement, la largeur bigoniaque (Md5) semble être vraiment stable quelle que soit la population considérée. On retrouve aussi la très forte variabilité de la fibula (Fib1 à Fib3) notamment au niveau des diamètres (Fib2) et périmètres (Fib3) en milieu de diaphyse. En effet, la morphologie de cet os est reconnue, en anatomie et, en ostéométrie, comme étant très variable (Baker *et al.* 2005 ; Bräuer 1988 ; Scheuer & Black 2000b). Les largeurs semblent aussi être plus aléatoires que les longueurs (par exemple : extrémité acromiale de la clavicule (Clav3), largeur des métaphyses du radius (R5 et R6) et de l'ulna (U4 et U5), etc.). Les données sur les populations entières ne sont pas forcément significatives au vu des différences d'effectif selon les âges. Celles-ci font varier les CV et la variance totale n'est pas explicative.

b. Entre les populations

La variabilité décrite précédemment est-elle différente entre les populations ? Les coefficients de variation sont donc utilisés dans ce second paragraphe à des fins comparatives. Seulement, les tests permettant de comparer les coefficients de variation — très utilisés dans les tests cliniques — dépendent à la fois de la distribution des variables (Feltz & Miller 1996) et des effectifs des échantillons (Reed *et al.* 2002). D'autres coefficients de dispersion tels que le coefficient de dissymétrie ou le coefficient de Gini, peuvent être comparés (Bendel *et al.* 1989) mais pour une simplicité d'application mathématique nous avons conservé le coefficient de variation. La distribution de nos variables étant considérée comme normale (cf. chapitre 3), nous avons donc utilisé le test décrit par Nairy & Rao (2003). De même que pour les coefficients intra-population, le test a été effectué d'abord pour la population entière puis par classe d'âge.

Les comparaisons globales ne sont pas significatives du fait des écarts d'effectif et de la composition de l'échantillon. Par exemple, les individus des classes [10-14] et [15-19] ans de Norroy , donc les plus grands, étant en effectif supérieur (cf. Tableau XI) à ceux de Cherbourg qui

comporte en revanche beaucoup de [0] et [1-4] ans, les coefficients de variations seront inévitablement plus élevés à Norroy.

Classes / Site	[0]	[1-4]	[5-9]	[10-14]	[15-19	Indéterminés	Total
Mikulčice	34	86	61	24	16	14	235
Prušánky	48	65	32	10	2	16	173
Cherbourg	24	50	16	6	0	15	111
Norroy	9	29	27	14	8	7	94

Tableau XI : Répartition des individus par classe d'âge et par site.

Toutefois lorsqu'on raisonne en termes de classes d'âge alors les comparaisons prennent un sens, même si des problèmes d'effectif subsistent. Les résultats ci-dessous montrent les différences significatives ($\alpha \leq 0,05$) de variation de mensuration par classe d'âge et par site.

	[0]	[1-4]	[5-9]	[10-14]	[15-19]
Mikulčice	25 mesures	/	/	/	/
Prušánky	/	H1, R1, U1	H1, R1, U1	/	/
Cherbourg	/	H5, R5, U2, U3	/	/	/
Norroy	/	Md1, Clav1	Md1, Clav1, F1, T1	/	/

Tableau XII : Mensurations ayant un coefficient de variation significativement plus grand par site et par classe d'âge (/ pour pas de différence significative, définition des mesures annexes p. 330).

Le tableau ci-dessus montre plusieurs tendances. Pour la classe [0], 25 mesures concernant l'ensemble du squelette infra-crânien et la mandibule sont statistiquement plus variables à Mikulčice. Les enfants de moins de 1 an montrent donc une plus grande variabilité de format que ceux des autres sites. Dans un second temps, cette variabilité s'étend et dépend du site. Si les longueurs de la mandibule (Md1) et de la clavicule (Clav1) semblent être plus variables à Norroy, on raisonne plus en termes de largeur pour Cherbourg et au niveau du membre supérieur pour Prušánky. Cette tendance reste globalement la même pour les [5-9] ans. En revanche, aucune différence significative n'est relevée pour les deux dernières classes. Rappelons que les faibles effectifs pour les plus grands peuvent en partie expliquer cette absence de différence. Toutefois, il est remarquable de noter que, si la variabilité augmente avec l'âge (notamment à l'adolescence), elle ne diffère pas réellement d'un site à l'autre. Ce résultat permet de valider les comparaisons des caractéristiques métriques qui vont suivre puisqu'il n'y aura pas ou peu d'influence de la variabilité des mesures sur les analyses. La variabilité inter-sites s'exprime donc plus chez les tout-petits et les individus juvéniles que par la suite. Serait-ce la marque d'une croissance différentielle à ces âges ? Le chapitre 6 apportera des éléments de réponse à cette délicate question.

2. VARIABILITÉ DU FORMAT : LES CARACTÉRISTIQUES MÉTRIQUES

On a coutume de discerner en anthropométrie la forme du format. La conformation et le format (« size » en anglais) constituent ensemble la forme (« shape » en anglais) (Slice 2005). Sans une étude approfondie (par la géométrie morphométrique par exemple) et les outils adaptés, la forme des ensembles squelettiques ne peut être évaluée de manière précise. Possédant des variables de taille, donc de format, par les mesures établies sur nos différents squelettes, nous pouvons donc accéder aux caractéristiques métriques de nos populations et ainsi les définir.

a. Quatre populations à définir

Comment décrire une population immature alors que le développement différencie chaque individu en fonction du stade de croissance et de maturation qu'il aura atteint ? Une description globale de la population ne peut donc pas être envisagée comme celle que l'on peut trouver pour les adultes. La description morphologique suivante se fonde alors sur la comparaison avec des études de collection de période équivalente. S'il existe des différences dans les méthodes d'estimation de l'âge et les mensurations prises en considération, la comparaison reste descriptive et définit nos quatre collections par rapport au cadre chronologique et géographique. La définition de nos populations est donc globale pour ce premier point et plus approfondie dans les comparaisons du second point.

Un ensemble de graphique a tout d'abord été élaboré afin de visualiser l'ensemble des mensurations pour les quatre populations. Chaque figure correspond à une partie anatomique ou à un os particulier. A titre d'exemple, la

Figure 20 représente la variabilité des cinq mesures concernant la mandibule. Les autres parties anatomiques sont renvoyées en annexes (ANNEXE A12, a à i, p. 358-362).

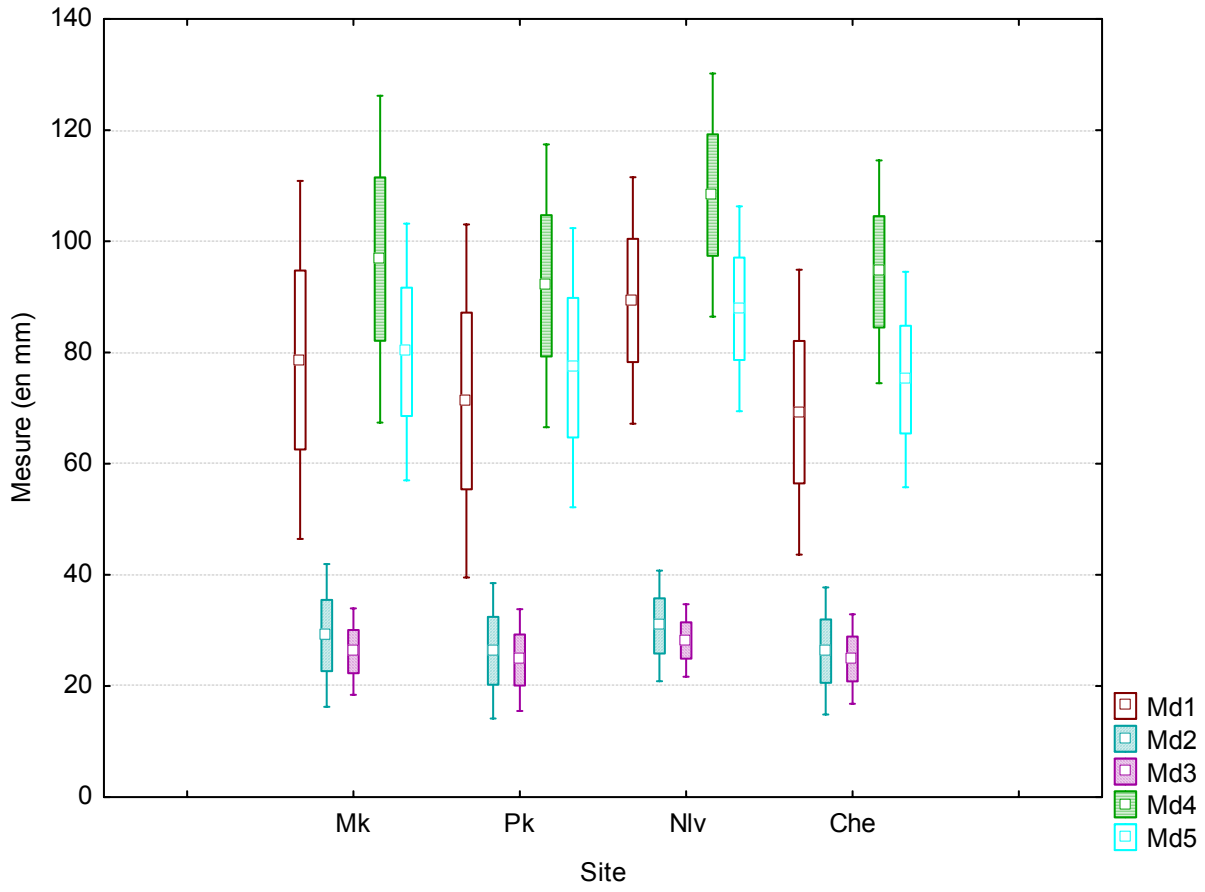


Figure 20 : Variabilité des 5 mesures mandibulaires pour les 4 sites (point central = moyenne ; boîte = ± 1 écart-type ; moustaches = ± 2 écart-types ; définition des mesures annexes : p. 330 sqq.).

Une certaine homogénéité globale entre les diverses mesures se dégage des différentes boîtes à moustaches, quelques soient les os et/ou parties anatomiques considérées. Cette homogénéité est relevée aussi bien pour l'ensemble de la population que pour chaque classe d'âge prise séparément. Les comparaisons inter-populations apporteront des informations plus précises.

Au niveau des données comparatives publiées, les plus proches sont sans doute celles de Stloukal et Hanakova (1978) pour la population globale de Mikulčice, sans distinction des différentes parties de la nécropole, et celles de Juricic *et al.* (1994) concernant les crânes de Dučove (autre vaste nécropole de Grande Moravie datée du 9e au 15e siècle), même si la seconde est répartie sur une période chronologique plus large (Juricic *et al.* 1994 ; Stloukal & Hanakova 1978). Les données de Stloukal et Hanakova concernent uniquement la longueur des os longs. Si l'on compare avec nos intervalles de données (moyenne ± 2SD) par classe d'âge pour l'ensemble de nos sites, on entre intégralement dans la même variabilité. Cependant pour les os du membre supérieur, les longueurs tendent à être plus faibles à partir de [5-9] ans pour les données de Stloukal et Hánáková (cf. figure ci-dessous).

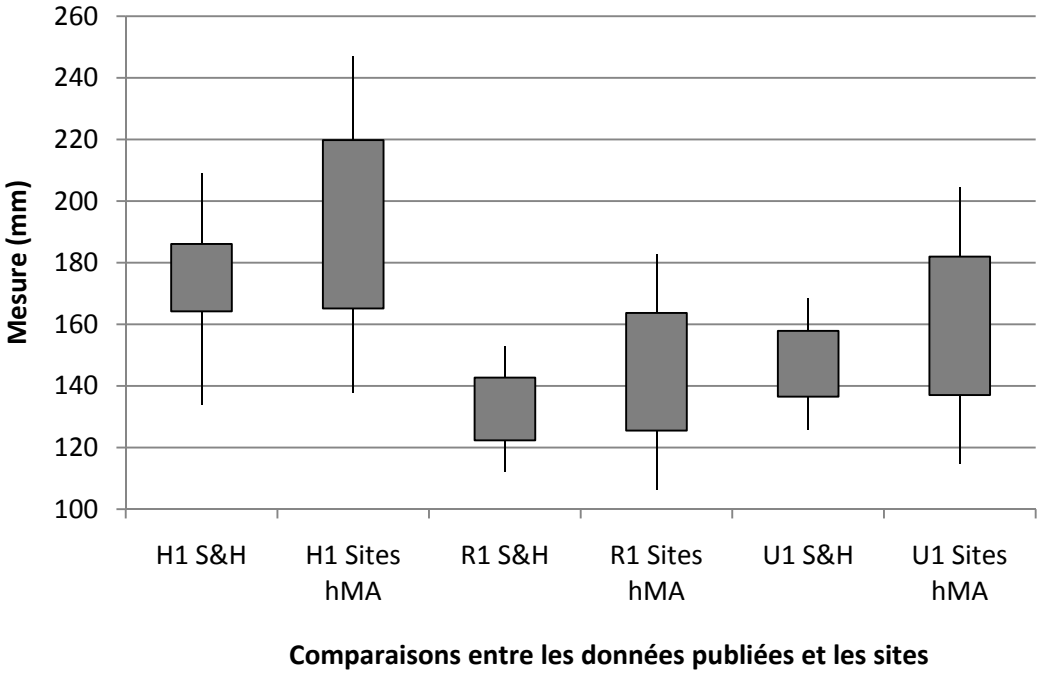


Figure 21 : Comparaison entre les données publiées par Stloukal & Hanakova (S&H) et les données obtenues pour l'ensemble des sites étudiés (Sites hMA, exemple des longueurs de l'humérus (H1) du radius (R1) et de l'ulna (U1), classe [5-9] ans, boite = moyenne ±1SD, moustaches = moyenne ±2SD).

Cette homogénéité est également démontrée pour les largeurs bicondyliennes et bigoniaques car les données publiées par Juricic *et al.* sont extrêmement proches des nôtres (moyennes et écart-types quelles que soient les classes d'âge considérées).

Restant dans le contexte européen, si on s'intéresse maintenant aux données du site rural de Raunds en Grande Bretagne (850-1100 après J.-C.) (Hoppa 1992), nos quatre populations rentrent dans une variabilité légèrement inférieure au site anglais au niveau des longueurs humérales (H1) et fémorales (F1). Cette remarque est également valable lorsque la longueur du fémur est comparée aux données d'autres sites anglo-saxons tels que St. Helen-on-the-Walls et Wharram Percy bien que ceux-ci aient une extension chronologique plus grande (950-1550 après J.-C.) et nettement décalée vers le plein Moyen Âge.

D'autres études entrant globalement dans la période chronologique ont été menées (Hummert & Van Gerven 1983 ; Lovejoy *et al.* 1990 ; Mensforth 1985 ; Steyn & Henneberg 1996) mais leurs contextes géographiques (continent américain ou africain) et culturels ne permettent pas des comparaisons interprétables. Remarquons également que toutes les mensurations n'ont pas pu être comparées car certaines (telles que les mesures au niveau du pied) ne sont pas usitées et par conséquent pas publiées sinon pour des collections ne correspondant pas à nos critères de comparaison.

Retenons donc, pour cette première partie, l'homogénéité certaine au niveau du format entre les populations européennes du haut Moyen Âge et une difficulté descriptive au cas par cas. Les proportions squelettiques apportées par les indices et l'allométrie du squelette définiront de manière plus précise nos quatre populations.

b. Comparaisons inter-populations

Notre étude tient compte des 53 mesures représentant l'ensemble du squelette infra-crânien ainsi que la mandibule (liste en ANNEXE A3, p. 330 *sqq.*). Nous nous focalisons, dans un premier temps, sur les dimensions absolues décrivant le format des os. Les variables de forme et de robustesse seront décrites par des indices dans la seconde partie de ce chapitre. L'intégralité des caractéristiques des variables est reportée en annexe (ANNEXES A13 à A18, p. 362 à 370 : effectif par site, moyenne, écart-type, test de normalité de Shapiro-Wilk). Cependant des caractéristiques moyennes n'ont pas de signification biologique dans notre cas, du fait des différents stades de développement atteints par les individus étudiés. L'objectif de cette partie est de comparer ces variables afin de mettre en évidence les éventuelles différences de caractéristiques métriques inter-sites et de les rapporter au mode de vie voire au statut socio-économique.

D'un point de vue statistique, les comparaisons ont été menées en deux temps. Le premier traite l'ensemble de la population pour mettre en avant les mesures qui tendent à différencier les sites. Or l'influence de l'âge sur les variables est prépondérante, la variance globale n'a donc que peu de significativité quand l'ensemble de la population est prise en compte. Le second temps d'analyse traite les variables par classe d'âge. Nous utilisons toujours les classes d'âge de la paléodémographie car, même si leur signification biologique est limitée, elles ont l'avantage d'être utilisées également dans l'approche archéo-anthropologique, ce qui rend l'ensemble de l'étude homogène. Les analyses statistiques restent à ce stade univariées car on évalue les caractéristiques de chaque mesure entre les sites. Les tests utilisés dépendent de l'orientation des comparaisons. Lorsque les 4 sites sont comparés à la fois, nous avons eu recours à une analyse des variances (ANOVA, cf. chapitre 3). En revanche, lorsque les groupes ont été comparés deux à deux (par exemple les ruraux *vs.* les « urbains »), le test *t* de Student (avec séparation ou non des variances) et son homologue non-paramétrique le U de Mann-Whitney (lorsque les effectifs étaient trop faibles) ont été appliqués.

Comparaisons inter-sites globales

Les comparaisons de l'ensemble des populations, sans distinction d'âge, montrent toujours les mêmes tendances quelles que soient les mesures considérées. Les individus de Norroy possèderaient en moyenne des mensurations plus grandes que ceux des autres sites et les individus de Cherbourg seraient toujours les plus petits. En revanche, les sites moraves restent toujours très proche l'un de l'autre. Toutefois ces tendances restent au conditionnel car il est évident que les effectifs par classe d'âge jouent un rôle primordial dans le calcul des moyennes. En effet, les individus de [10-14] ans et au-delà sont prépondérants dans la composition de l'échantillon de Norroy et, inversement, Cherbourg se caractérise par un grand nombre de tout-petits. Il n'est donc pas étonnant que les moyennes tendent du côté où ces effectifs sont les plus grands. En ce qui concerne les sites moraves, les effectifs sont équilibrés et la moyenne est alors moins influencée. Les comparaisons globales n'ont donc pas lieu d'être lorsque l'on s'intéresse aux sujets immatures d'une population. L'âge au décès a une action prépondérante sur les analyses.

Comparaisons inter-sites par classe d'âge

Le regroupement d'individus par classe d'âge limite la variance intra-groupe et les différences mises en évidence sont alors beaucoup plus significatives. Le principal désavantage de ce procédé est qu'il diminue les effectifs par classe et que, par conséquent, certaines mensurations n'ont pas pu être comparées, notamment pour les tout-petits. Remarquons également que les comparaisons pour la classe [15-19] ans sont restreintes du fait de faibles effectifs à Prušánky et à Cherbourg. Pour plus de lisibilité, la présentation des résultats est réalisée classe par classe. Seules les différences statistiquement significatives ($p < 0,05$ quel que soit le test considéré) sont reportées ci-dessous (pour les statistiques élémentaires par site et par classe d'âge, cf. ANNEXES A14 à A18, p. 364 à 371).

[0] : Très peu de différences ont pu être relevées. Seules des tendances sont mises en avant. Les individus de Cherbourg sont très proches par leur format osseux des deux sites moraves. Norroy ne comporte pas assez de petits suffisamment préservés pour intervenir dans les comparaisons de manière fiable. Les longueurs de l'humérus et du radius ainsi que la métaphyse proximale du radius sont réduites chez les individus de Prušánky par rapport à leurs homologues « urbains ». Les différences ne sont cependant pas assez importantes pour pouvoir prétendre à une quelconque différence de taille à la naissance et dans les premiers mois de vie.

[1-4] : Une très grande variabilité se dégage de cette classe d'âge. Les individus de Prušánky tendent à rester dans la variabilité inférieure des quatre sites. Les enfants de ces âges possèdent une clavicule et des os longs dans l'ensemble plus courts, ainsi que des métaphyses plus étroites. En revanche, les sites français — et surtout Cherbourg — auraient des métaphyses plus larges (tests statistiquement significatifs pour les métaphyses proximales de l'ulna, du tibia et du fémur, ainsi que pour les métaphyses distales du tibia et du fémur). Au niveau des modes de vie, les ruraux tendent à être plus petits que les « urbains » mais cette remarque varie selon la mesure considérée. Cette classe d'âge est plus marquée par des différences géographiques que par un mode de vie contrasté. La très grande variabilité observée pour cette classe serait-elle le reflet d'une période où la croissance est rapide ? Des classes d'âges plus biologiques permettraient certainement de répondre à cette question.

[5-9] : on retrouve pour cette classe une certaine homogénéité entre les sites. Peu de différences significatives sont à signaler. Remarquons un inversement de tendance entre les sites : pour cette classe, les longueurs des os longs du membre inférieur sont statistiquement plus courtes pour les sites français. Cette tendance serait-elle la conséquence de la relative robustesse observée précédemment pour ces mêmes os ? On entre ici dans des interprétations de modalités de croissance qui sont trop extrapolées à ce stade de la discussion. Les individus de Norroy passent dans la variabilité supérieure du format par rapport aux autres sites et Cherbourg dans celle inférieure. On retrouve donc, pour cette classe intermédiaire, les tendances énoncées pour les comparaisons globales.

[10-14] : L'homogénéité précédemment énoncée se retrouve renforcée pour cette classe d'âge. Très peu de différences sont à noter. On retrouve un équilibre entre les sites au niveau des os longs. Les individus de Cherbourg conservent leur petitesse par rapport aux moraves, et particulièrement par rapport aux individus de Mikulčice (différences significatives sur la majorité des mesures de la jambe et du pied). Encore une fois, le mode de vie ne semble pas influer sur le format des os.

[15-19] : Faute d'effectif, les comparaisons concernent uniquement les individus de Mikulčice et de Norroy. Seules deux mesures diffèrent significativement entre les deux populations : le diamètre antéro-postérieur du tibia est plus grand à Norroy alors que la largeur du calcanéus est plus petite pour ce même site. Ces mesures ne permettent cependant pas de conclure à une quelconque différence morphologique entre les deux populations.

La comparaison inter-sites par classe d'âge a pu mettre en évidence un certain nombre de différences au niveau du format osseux. On peut par conséquent interpréter la plus ou moins grande variabilité par partie anatomique. Le Tableau XIII montre les mesures qui diffèrent le plus souvent d'un site à l'autre pour l'ensemble des comparaisons effectuées.

Partie anatomique	Os concerné	Mesures concernées	*n* différences	N par partie anatomique
Mandibule	Mandibule	Md2, Md3, Md5	6	6
Ceinture mb. sup.	Clavicule	Clav1, Clav3, Clav4	4	4
Membre supérieur	Humérus	H1, H4, H5	10	23
	Radius	R1, R2, R4, R5	5	
	Ulna	U1, U4, U5	4	
	Métacarpien I	Mc1, Mc2	2	
Ceinture mb. inf.	Ilium	Il1	2	5
	Pubis	Pub1	3	
Membre inférieur	Fémur	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7	22	53
	Tibia	T1, T2, T3, T4, T5, T6	25	
	Fibula	Fib1, Fib2, Fib3	6	
Pied	Talus	Tal1, Tal2	6	27
	Calcanéus	Calca1, Calca2	7	
	Métatarsien I	Mt1, Mt2	14	

Tableau XIII : Mesures conduisant à des différences significatives dans l'ensemble des comparaisons (ANOVA, comparaisons des sites deux à deux, définitions des mesures en annexe, p. 330 sqq.).

Les mesures du membre inférieur semblent être plus variables entre les sites que celles du haut du corps. Cependant, le nombre de mesures par os diffère de l'un à l'autre. Le diagramme (Figure 22) représente la part des différences significatives par partie anatomique, donc en tenant compte du nombre de mesures par os.

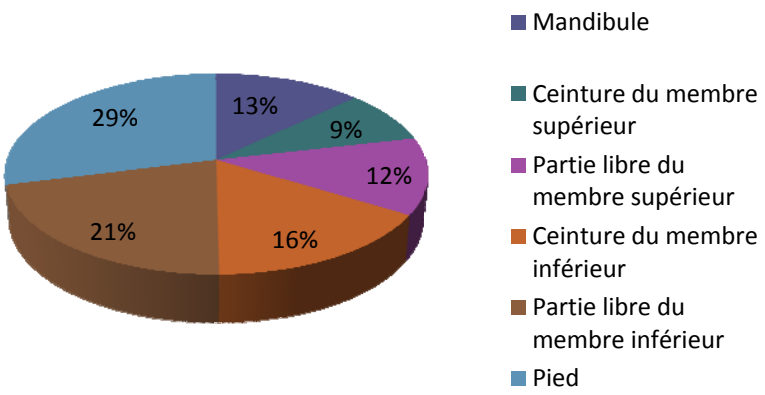


Figure 22 : Proportion des mesures les plus concernées par les différences inter-sites.

Ce diagramme confirme que le membre inférieur et le pied sont les plus concernés par les différences intersites. Les proportions squelettiques devraient, par conséquent, refléter les mêmes tendances et confirmer les différences entre nos 4 populations. Ces comparaisons ont permis d'affiner la description des populations les unes par rapport aux autres. Le protocole étant rigoureusement le même pour l'étude des 4 sites, les différences observées sont donc bien plus exploitables que celles données par les publications.

3. SYNTHÈSE SUR LA VARIABILITÉ

Les résultats précédemment énoncés mettent en évidence deux grandes conclusions au niveau de la variabilité de nos populations :

✓ Les quatre populations étudiées présentent une forte **homogénéité** en termes de format osseux. Ce constat est renforcé par la nécessaire comparaison des individus par classe d'âge, du fait de la contrainte du développement. Définir un morphotype immature pour une population archéologique relève de la gageure.

✓ Les résultats sont en accord avec des publications récentes (Scheuer *et al.* 2004), démontrant que la variabilité générale **augmente** avec l'âge. Cependant, les quelques différences significatives intersites relevées dégagent des tendances dans l'interprétation du développement plutôt intéressantes. La très forte proximité des tout-petits pour les quatre sites confirme la faible variation de taille à la naissance et le faible impact de l'environnement extérieur à ces âges (Kemkes-Grottenthaler 2005 ; Sherwood *et al.* 2000). Les divergences observées reflètent plutôt des **différences géographiques** (ou génétiques) que des différences liées au mode de vie. Ces différences se traduisent particulièrement au niveau des os longs du membre inférieur et au niveau du pied.

Décrire des grandes catégories de différences morphologiques en fonction du mode de vie ou du contexte géographique est limité pour cette première partie. Le format osseux de nos individus immature s'inscrit dans une variabilité générale européenne sans distinction particulière d'une population par rapport aux autres. Cette première partie illustre une absence de différence des caractères métriques chez les individus immatures des collections étudiées. Toutefois, ces similitudes sont-elles généralisables ?

II. LES INDICES ANTHROPOMÉTRIQUES : UN AUTRE POINT DE VUE

1. INDICES UTILISÉS ET INTÉRÊT

Les indices anthropométriques représentent des dimensions relatives. Ils traduisent les rapports entre deux parties du corps et/ou d'un os et expriment des proportions c'est-à-dire dans une certaine mesure la forme, tandis que les mensurations donnent les dimensions absolues ou encore le format. Ce second point complètera donc parfaitement l'analyse des données brutes précédemment présentée. Sans prétendre pouvoir définir un morphotype des enfants et adolescents pour nos quatre populations du haut Moyen Âge, les proportions corporelles sont un outil supplémentaire de comparaison.

35 indices ont été calculés à partir des 53 mensurations (cf. liste en ANNEXE A19, p. 371-372). Chaque partie anatomique est considérée et tant des indices de forme (tel que l'indice mandibulaire) que de robustesse (comme les indices de robustesse des 6 os longs : Morel 1962) ou encore de proportion corporelle (par exemple les indices brachiaux et cruraux) ont été appréhendés. Ils s'inspirent principalement des indices calculés pour les adultes (Martin & Saller 1959 ; Olivier 1960) mais ont été adaptés aux spécificités du squelette immature. Les comparaisons tiennent compte des stades de maturation des os, c'est-à dire qu'elles ont été effectuées séparément pour les épiphyses non fusionnées, en cours de fusion et totalement soudées. En effet, les indices sont dépendants de ce facteur. Cet ensemble permet à la fois une comparaison inter-populations précise mais également une évaluation de la conformation squelettique de nos individus.

2. ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique pour cette partie a été menée en 4 temps :

- Dans un premier temps l'homogénéité des variances a été testée pour les 35 indices par le test de Levene. Dans le cas de variances non homogènes, les résultats aux principaux tests de comparaisons pourront être affectés en termes de fiabilité. C'est donc une hypothèse *a priori* à retenir au même titre que celles énoncée dans le chapitre 3, mais ici le test est réitéré pour les indices. Cependant, dans le cas de plans non équilibrés (c'est-à-dire des effectifs différents par groupe, ce qui est notre cas), le test de Levene n'est lui-même pas très robuste, comme l'ont montré Glass & Hopkins (1996). Par conséquent, un test de Levene significatif ne remet pas nécessairement en cause la validité des résultats de l'ANOVA. La statistique du F (dans l'ANOVA) constitue néanmoins un test robuste des différences entre les moyennes tant que (1) le N par groupe est supérieur à 10 (en particulier, lorsque les N sont égaux) et (2) les moyennes des groupes ne sont pas corrélées avec les écarts-types correspondants. Le test de Brown-Forsythe (d'homogénéité des variances) a été intégré en complément du test de Levene. Pour ces mêmes raisons d'effectif, nous avons considéré d'abord l'ensemble des populations puis ensuite les différentes classes d'âge.
- Dans un second temps, la relation des indices par rapport à l'âge estimé a été évaluée. Seuls les âges dentaires ont été retenus pour l'homogénéité de l'analyse. Les graphiques

représentant les indices en fonction de l'âge et la corrélation entre les deux variables montrent l'évolution de ces indices au cours du développement.

- Puis les quatre populations ont été comparées par les mêmes moyens que précédemment (Test *t*, test de Mann-Whitney et ANOVA), afin de mettre en évidence les éventuelles différences squelettiques qui reflèteraient les différents modes de vie et/ou contextes géographiques et évolutions diachroniques. Les comparaisons tiennent compte à la fois des classes d'âge mais également des stades de maturation.
- Enfin une attention particulière a été portée à l'indice brachial et à l'indice crural ainsi qu'aux indices inter-membraux car ils mettent en évidence des variations de proportions anatomiques au cours du développement (Coussens *et al.* 2002 ; Holliday 1999).

Les trois dernières analyses apportent chacune un type d'information différent qui complète à la fois la description des individus par site au cours du développement mais donne aussi du poids aux comparaisons inter-populations.

3. RÉSULTATS

Les résultats présentés dans cette troisième partie suivent la démarche méthodologique annoncée auparavant.

Homogénéité des variances

Seize indices parmi les 35 étudiés ne possèdent pas des variances homogènes lorsque les quatre sites sont comparés par le test de Levene. Le complément, par le test de Brown-Forsythe (plus robuste), ne relève que 5 indices pour lesquels les variances ne sont statistiquement pas homogènes. L'intégralité des résultats de ces deux tests est consigné en annexe (ANNEXE A20, p. 373). Au vu de ces résultats, deux options d'interprétation doivent être prises en compte : (1) les différences éventuelles pour l'indice de robustesse du radius, du premier métacarpien et de la fibula, celles concernant l'indice de largeur de l'ilium et l'indice de robusticité du fémur selon Morel doivent être interprétées avec précaution pour les tests univariés *t* et de Mann-Whitney ; (2) l'influence de l'âge estimé sur ces indices peut également expliquer cette absence d'homogénéité puisque les tests considèrent l'ensemble des populations et non chaque classe d'âge prise séparément comme dans les analyses précédentes. L'influence de l'âge sur les indices apportera donc un complément d'information.

Influence de l'âge au décès

L'âge au décès[12] possède une action différente selon l'indice. Ainsi 16 indices ne semblent pas dépendants de l'âge estimé (pas de corrélation statistiquement significative, $p > 0{,}05$). En revanche, certains le sont de manière prépondérante. Les deux graphiques ci-dessous illustrent les deux cas.

[12] L'âge au décès intégré dans l'analyse est toujours l'âge dentaire moyen.

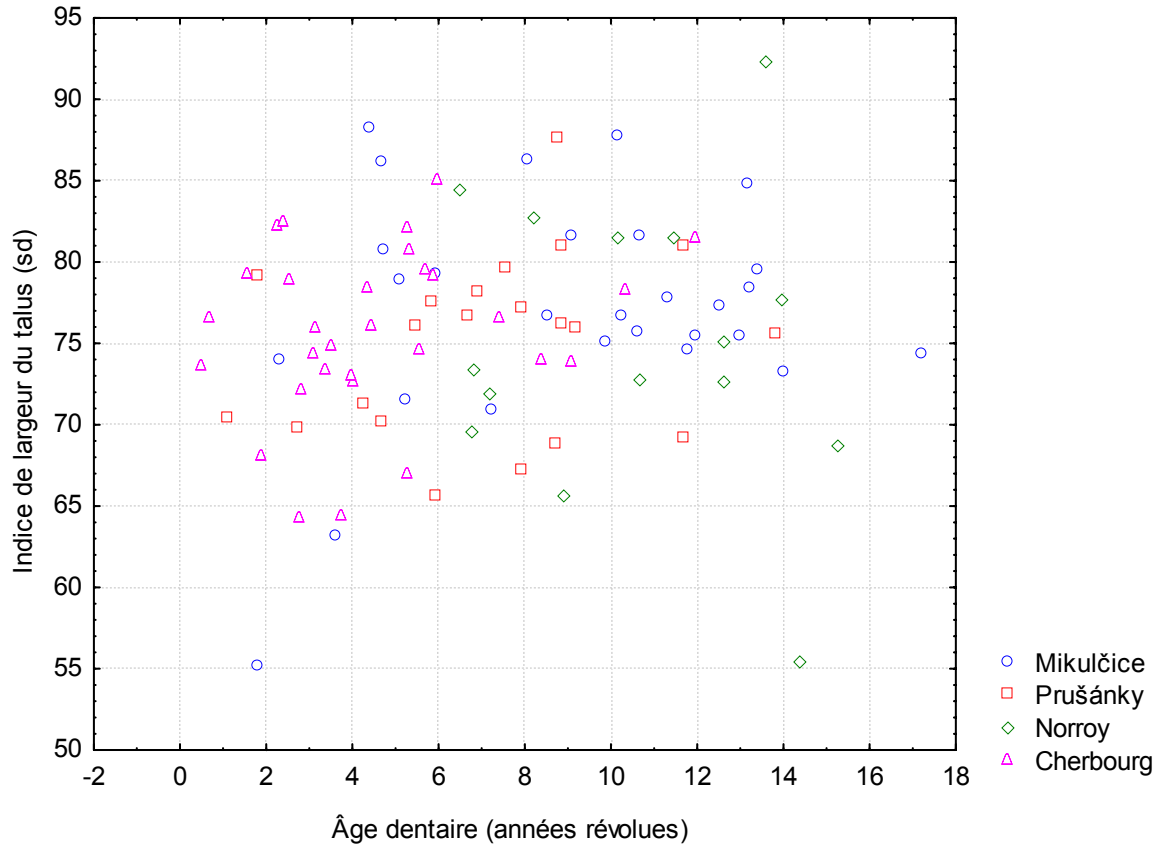


Figure 23 : Indice de largeur du talus (ITal1) en fonction de l'âge dentaire estimé pour chaque population. Cas de non-corrélation (sd : sans dimension).

Site	r^2	r	*p* value	Equation linéaire
Mikulčice	0,045	0,214	0,273	y = 73,7392 + 0,3749*x
Prušánky	0,055	0,234	0,305	y = 72,0919 + 0,3993*x
Cherbourg	0,050	0,223	0,234	y = 73,8143 + 0,4252*x
Norroy	0,015	-0,124	0,657	y = 78,8367 - 0,3617*x

Tableau XIV : Coefficients de détermination (r^2), de corrélation (r),* p *value du test de corrélation et équation avec ajustement linéaire de la Figure 23.

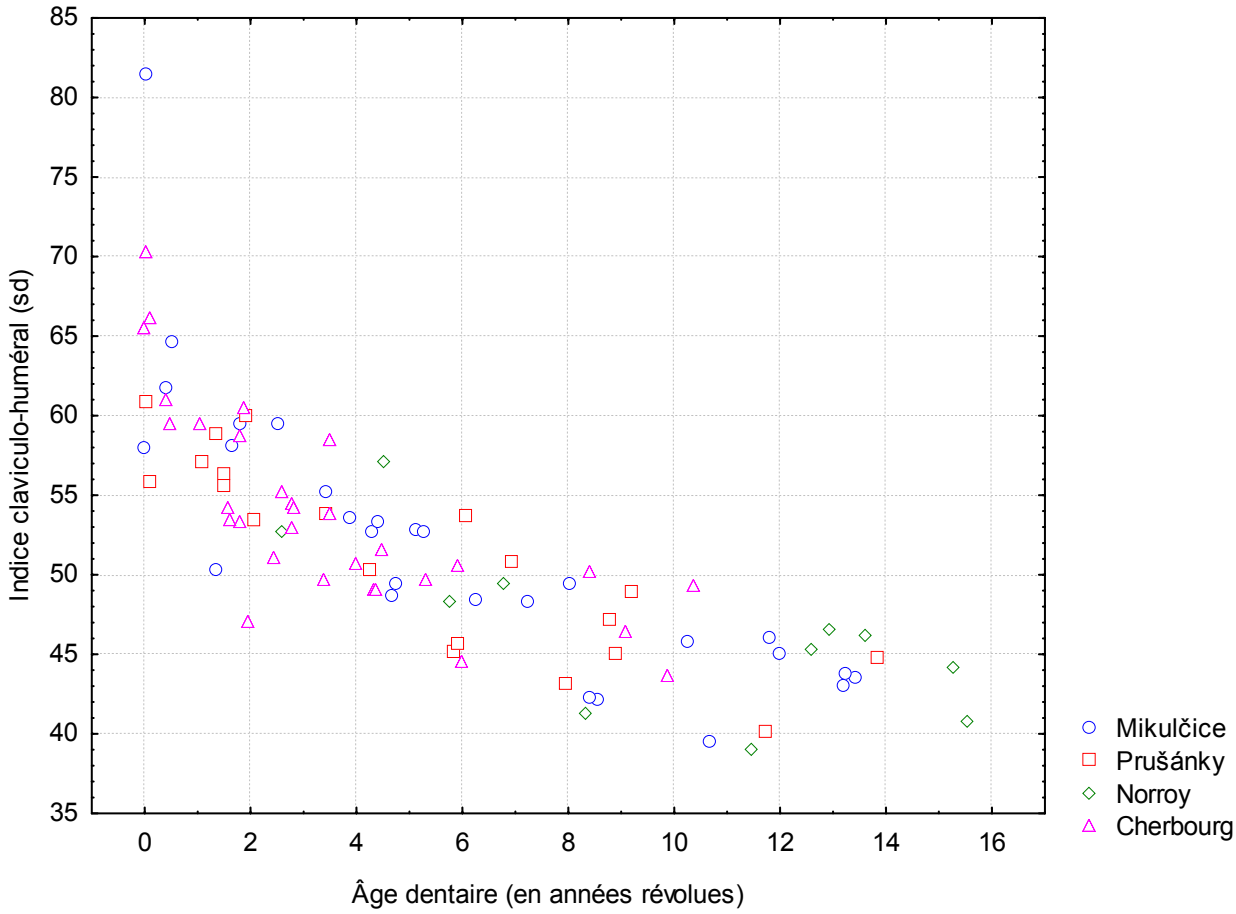


Figure 24 : Indice claviculo-huméral (IC2) en fonction de l'âge dentaire estimé pour chaque population. Cas de corrélation significative (sd : sans dimension).

Site	r^2	r	*p* value	Equation linéaire
Mikulčice	0,648	-0,805	< 0,0001	y = 61,4226 - 1,6198*x
Prušánky	0,753	-0,867	< 0,0001	y = 58,0589 - 1,3122*x
Cherbourg	0,557	-0,746	< 0,0001	y = 59,814 - 1,6633*x
Norroy	0,502	-0,708	0,0146	y = 54,7751 - 0,8373*x

Tableau XV : Coefficients de détermination (r^2), de corrélation (r), p value du test de corrélation et équation avec ajustement linéaire de la Figure 24.

Pour les indices corrélés à l'âge au décès, deux tendances sont observées : la première est une corrélation négative, c'est-à-dire que la valeur de l'indice décroît avec l'âge. C'est le cas pour la majorité des indices corrélés à l'âge (17 sur 19). Ces indices sont majoritairement calculés à partir des os longs et de la mandibule. Les deux indices positivement corrélés à l'âge sont l'indice de largeur de l'ilium et l'indice ischio-pubien. Ce résultat reflète des changements de proportions différents selon les parties anatomiques. Le bassin s'élargit au niveau de l'ilium et s'allonge au niveau du pubis, résultat jusqu'ici prévisible et confirmant les données de T. Majo et A.-M. Tillier (Majo & Tillier 2003). Les indices de robustesse qui diminuent avec l'âge traduisent l'allongement des diaphyses retrouvé aussi bien dans les études longitudinales que transversales (Miles & Bulman 1994 ; Miles & Bulman 1995 ; Smith & Buschang 2004, 2005). Cependant les

études transversales ne traduisent que rarement les variations de proportion et se focalisent majoritairement sur les profils de croissance squelettique pour les 6 os longs des membres. Reste maintenant à évaluer si ces proportions évoluent de manière différente d'une population à l'autre.

Comparaisons inter-populations

Ces comparaisons s'effectueront en fonction des résultats énoncés précédemment, d'abord pour les indices ne souffrant pas d'une influence de l'âge puis pour les autres. Seront traités dans cette partie uniquement les indices concernant les mensurations d'un seul os, donc complétant les données sur le format. Les résultats des comparaisons deux à deux (tests *t* et de Mann-Whitney) et les comparaisons globales par les ANOVA sont similaires. L'intégralité des résultats, population globale sans distinction d'âge (F de l'ANOVA, *p value*, tests de Scheffé et de Tukey), sont reportés en annexe (ANNEXE A21, p. 374-378). Encore une fois, les comparaisons globales restent limitées par les différences d'effectif par classe d'âge. Les différences explicitées concernent donc tous les tests confondus.

Pour les indices indépendants de l'âge, les différences significatives concernent la proportion de trois parties anatomiques. Tout d'abord, la mandibule présente des proportions différentes d'une population à l'autre. Ces différences semblent liées au mode de vie : nos deux populations rurales présentent une mandibule plus large pour une longueur comparable. Si on se réfère à la nomenclature (Martin & Saller 1959), les mandibules de ces enfants seraient plutôt brachygnathes, c'est-à-dire courtes et larges. Mais attention, ces définitions sont fondées sur des dimensions adultes, les interprétations doivent rester prudentes. Il est toutefois intéressant de noter que, non seulement cet indice est indépendant de l'âge, mais aussi que sa variation entre dans les intervalles adultes. Les autres indices pour lesquels une différence significative est relevée dénotent tous une différence significative pour le site de Cherbourg. Il faut donc se méfier de l'influence des effectifs et se reporter aux différences par classe d'âge.

Si l'on examine désormais les indices dépendants de l'âge, il faut effectuer les comparaisons par classe d'âge pour minimiser les différences d'effectif et limiter la variabilité (cf. début de chapitre). Pour des questions de clarté, seuls les résultats statistiquement significatifs sont reportés entre parenthèses dans le texte. Les autres comparaisons ont toutes mené à des *p values* supérieures à 0,05.

Pour la classe des enfants, un seul indice différencie les sites : les individus de Mikulčice possèdent un indice diaphysaire au milieu du tibia, significativement plus grand que les 3 autres populations ($F= 5,52$; $p= 0,0049$). Cet indice traduit un diamètre transversal au milieu du tibia fort par rapport au diamètre antéro-postérieur. Mais, encore une fois, nos populations sont plus identiques que divergentes. Les individus de Cherbourg se distinguent une fois de plus dans les comparaisons deux à deux, par leur gracilité (notamment au niveau des indices de robustesse), sans toutefois rendre les comparaisons significatives.

Pour les enfants du groupe juvénile (classe [5-9]), une plus grande variabilité s'affirme selon les sites. Ce résultat va dans le sens de ceux obtenus pour la variabilité du format. Le tableau ci-dessous résume les différences observées pour les comparaisons des sites deux à deux.

Comparaisons	Indices significativement différents
Norroy / Cherbourg	IH5, IMc1, IT5.
Mikulčice / Cherbourg	IF2, IMc1, IT5.
Prušánky / Norroy	IP1.

Tableau XVI : Indices différant de manière significative pour les individus juvéniles (définition des indices, annexe A19 p. 371-372).

Ce sont plus particulièrement les indices de largeur distale de l'humérus et du tibia. Proportionnellement, les métaphyses distales sont plus larges pour les individus issus d'un mode de vie « urbain ». Ce caractère conforte les données sur le format et permet de définir plus finement les populations, sans toutefois encore une fois les distinguer clairement.

Enfin, pour le groupe des pré-adolescents et adolescents, aucune différence significative n'est à relever. Toutefois, notamment pour les [15-19] ans, les indices avoisinent les valeurs adultes. On peut donc qualifier un peu mieux les populations même si aucune ne se distingue véritablement. Ainsi, la mandibule reste plutôt mésognathe avec des branches montantes nettement divergentes. Au niveau du membre supérieur, les clavicules sont robustes avec des extrémités larges alors que les trois os longs entrent dans la variabilité moyenne. Rappelons que les indices ont été adaptés aux spécificités du squelette immature, tous ne sont donc pas interprétables. Sur le membre inférieur, la diaphyse du fémur possède un pilastre faible ; cette caractéristique est retrouvée chez les individus adultes de Mikulčice (Velemínský *et al.* 2005), notre échantillonnage d'adulte étant trop faible pour prétendre à une description de la population dans sa globalité. Les indices concernant le tibia, la fibula et les os du pied ne s'écartent pas de la variabilité annoncée par Martin & Saller (1959).

Comparaisons des indices inter-membraux et autres proportions anatomiques

Cette quatrième et dernière partie évalue les indices impliquant plusieurs os, donc décrivant des relations de proportion du squelette. Cinq indices ont été évalués dans cette partie : l'indice claviculo-huméral, l'indice huméro-fémoral, l'indice brachial, l'indice crural et l'indice intermembral.

Notons tout d'abord que les indices brachial, crural et intermembral ne semblent pas corrélés à l'âge, ou du moins pas pour cette étude, ce qui permet de faire des comparaisons tenant compte ou non des classes d'âges estimées. En ce qui concerne les deux autres, aucune différence significative n'a été relevée quelle que soit la classe d'âge considérée ; ils n'entrent donc pas en ligne de compte. Cependant, l'indice huméro-fémoral est significativement différent lorsqu'on compare les individus de Cherbourg, Norroy et Prušánky dénotant un humérus plus petit pour les individus juvéniles de Norroy. Les comparaisons concernant les indices brachial, crural et intermembral, mettent en évidence une tendance nouvelle. Il existe une différence géographique significative pour deux de ces indices (IH3 et IT3 significativement différents pour les classes [1-4] et [5-9] ans par les tests de Student, Mann-Whitney et ANOVA). En effet, les enfants moraves possèderaient un segment distal des membres supérieurs (indice brachial) et inférieurs (indice crural) proportionnellement plus court que celui des français. En revanche, ces différences s'équilibrent logiquement quand on se réfère à l'indice intermembral qui ne présente pas de différence statistiquement significative.

4. SYNTHÈSE SUR LES INDICES

Parmi les indices étudiés, deux principaux types ressortent de l'analyse : les indices influencés par l'âge estimé et ceux qui semblent évoluer indépendamment de celui-ci. Les indices corrélés à l'âge décrivent l'évolution des proportions des os au cours du développement : allongement des os longs par rapport à leur circonférence et élargissement de l'os coxal au niveau de l'ilium. Sans toutefois pouvoir affirmer une distinction réelle des différentes phases de croissance, des tendances se dégagent et seront confirmées par la troisième partie de ce chapitre. En ce qui concerne les comparaisons inter-populations, l'homogénéité est prépondérante par rapport aux différences. Deux divergences significatives au niveau de la caractérisation des populations sont cependant relevées : les enfants issus d'un milieu urbain ou en cours d'urbanisation possèderaient des mandibules proportionnellement plus longues et plus étroites que ceux issus d'un milieu strictement rural. Le second point à mentionner est une différence géographique. En effet, la part non-adulte des populations moraves présente, au niveau des indices brachial et crural, un segment distal du membre plus court par rapport à ceux des sites français. Les autres différences restent anecdotiques, même si elles contribuent à la définition du format squelettique. Notons également la concordance entre tous les tests statistiques, en particulier celle pour les deux tests *a posteriori* des ANOVA. Les tests de Scheffé et de Tukey sont, à plus de 99%, en accord avec les différences inter-sites relevées. Si les résultats ne concordent pas, alors le test non-significatif à 0,05 reste très proche de la significativité. Cette remarque est un argument complémentaire quant à la robustesse des résultats.

L'analyse des indices est donc une étape supplémentaire dans la description et la caractérisation des populations non-adultes, même si leur interprétation doit être encore une fois prise avec précaution du fait de l'influence de l'âge, et par conséquent du développement, sur les données. Ces proportions révèlent toutefois des différences qui n'apparaissaient pas lors des comparaisons standards. Cet apport est dû à l'analyse simultanée de plusieurs mesures pour un même individu. La caractérisation est donc plus précise même si les effectifs analysés s'en trouvent réduits (nécessité pour un individu de posséder au minimum deux mesures pour un même os, pour le calcul de l'indice correspondant). Les proportions squelettiques sont donc un moyen d'aller au-delà des simples comparaisons de format. Les relations d'allométrie représentent encore un autre point de vue du format corporel. Avec cette dernière partie, la caractérisation de la conformation générale des squelettes immatures étudiés sera complète.

III. RELATIONS D'ALLOMÉTRIE DU SQUELETTE : UN RÉEL AFFRANCHISSEMENT DE L'ÂGE ESTIMÉ ?

La notion d'allométrie est relativement ancienne. Elle fut introduite par Huxley (1924) puis a été reprise, avec des définitions variables selon les auteurs, pour une même appellation (Sprent 1972). Sa définition la plus simple décrit la relation d'allométrie comme la croissance relative entre deux composantes d'un organisme (Teissier 1948). Elle traite donc de variation de proportions et exprime la corrélation entre celles-ci (Blackith 1960). Cette troisième partie complètera donc la précédente en apportant des informations supplémentaires sur les proportions squelettiques de nos quatre populations. En biologie, les relations d'allométrie concernent pour la plupart la relation entre la taille d'un organisme et une fonction physiologique (Martin *et al.* 2005). Cependant, elles ont été adaptées pour de nombreuses applications dans divers domaines de l'anthropologie, notamment en évolution à des fins

comparatives (Bareggi *et al.* 1996 ; Bogin *et al.* 2002 ; Holliday & Ruff 2001 ; Rosas & Bastir 2004). La plupart du temps, une relation allométrique est représentée graphiquement par l'évolution d'une mensuration par rapport à une autre et mathématiquement par des notions de régression. Ce concept permet donc de comparer des caractéristiques squelettiques sans toutefois avoir recours à l'âge estimé.

Trois types d'allométrie sont à distinguer (Frelat 2007 ; Jungers & German 1981) :

- L'allométrie de taille (« static allometry » en anglais) est la variation de taille (mensuration) entre deux composantes d'un organisme qui s'observe pour un groupe d'individu homogène (par exemple pour un âge donné ; elle est en général étudiée chez les adultes).
- L'allométrie de croissance (« ontogenetic allometry » en anglais) qui se réfère à la variation concomitante entre la conformation et la taille des individus au cours de leur développement.
- L'allométrie évolutive qui marque les changements de morphologie des différentes phylogénies.

Les deux premiers types d'allométrie vont particulièrement nous intéresser, et la relation à l'âge au cours de la croissance se doit d'être évaluée.

1. MÉTHODES ET APPROCHES STATISTIQUES

Les indices de format corporel ont révélé un certain nombre de similitudes et de divergences entre les populations étudiées. Cette caractérisation peut inclure désormais des notions de forme, ou tout au moins de conformation, grâce aux relations d'allométrie. Il est donc naturel de fonder la suite de ces analyses sur des données inspirées des indices anthropométriques. Trente-sept relations ont été analysées (cf. liste en ANNEXE A22, p. 378), recoupant à la fois les données précédentes et mettant en évidence de nouveaux rapprochements entre les différentes mensurations. Trois types d'approche ont été nécessaires, à la fois pour évaluer l'allométrie de croissance et pour permettre les comparaisons de populations :

- Dans un premier temps les différentes relations ont été caractérisées graphiquement en recherchant l'ajustement le mieux approprié par régression (ajustement linéaire, polynomial, logarithmique, exponentiel, etc.). L'explication de la variance des échantillons doit être la plus forte possible (Lobry 2007).
- Dans un second temps, l'allométrie de croissance a été évaluée par l'application d'analyses en composantes principales (ACP, cf. chapitre 3), à chaque jeu de données obtenues par os. Les résultats des ACP expriment la relation entre les différentes variables pour chaque groupe d'âge.
- En dernier lieu, les comparaisons inter-populations sont menées par deux analyses : un test d'homogénéité des pentes (obtenu par un modèle général de régression, mais qui reste limité) et une analyse multivariée des variances ou MANCOVA (Rosas & Bastir 2004), permettant à la fois une comparaison des quatre populations et la caractérisation de l'influence de divers facteurs. Ces comparaisons nécessitent une analyse approfondie des résidus des régressions obtenues dans le premier point. Les résultats de cette analyse seront explicités dans le troisième paragraphe « Vers des classes d'âges plus biologiques ? ».

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé via les modules intitulés « analyse en composantes principales » et « modèles généraux de régressions » du logiciel Statsoft® Statistica version 7.1.

2. RÉSULTATS

a. Identification des relations

Les relations étudiées suivent principalement deux types de fonction. La majorité s'accorde avec un ajustement linéaire (ce qui facilite grandement la suite des analyses : homogénéité des pentes et analyses multivariées). La seconde relation est exponentielle, fonction que l'on retrouve souvent en biométrie et plus particulièrement en biométrie humaine (Huxley 1924 ; Moss 1954 ; Olivier & Pineau 1960 ; Sprent 1972). Dans ce cas, la relation (1) a été linéarisée par transformation logarithmique (2) :

$$y = bx^k \quad (1)$$

$$\ln y = \ln b + k \ln x \quad (2)$$

Un troisième ajustement a été relevé mais uniquement pour deux relations allométriques : les relations entre la largeur de la métaphyse proximale (H4) et la longueur de la diaphyse humérale (H1) ainsi que celle entre la métaphyse proximale (T5) et la longueur du tibia (T1) possèdent un ajustement logarithmique.

Le graphique suivant montre un exemple de relation linéaire. L'ensemble des populations est pris en compte afin d'équilibrer les effectifs.

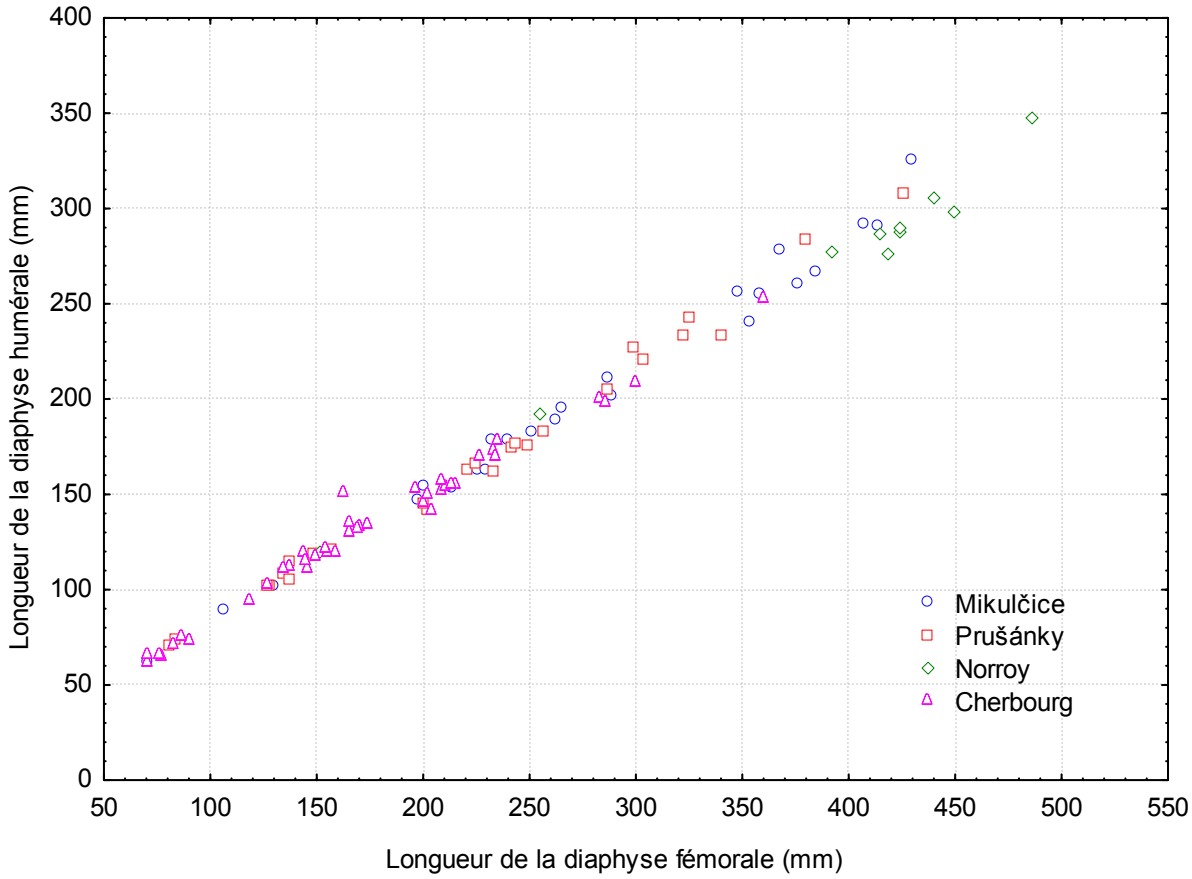


Figure 25 : Relation allométrique avec ajustement linéaire. Exemple de la longueur de l'humérus en fonction de la longueur du fémur.

La caractérisation des relations se définit selon trois grandes tendances (Teissier 1948) :

- L'allométrie positive (ou majorante) : la mensuration en Y croît moins vite que celle en X (pente >1).
- L'allométrie négative : la mensuration en Y croît plus rapidement que celle en X (pente <1).
- L'isométrie : sa définition est parfois vague et mal employée (Corruccini 1983). Nous retiendrons, pour cette étude, une proportionnalité exacte entre les deux mensurations, c'est-à-dire un ajustement linéaire avec une pente égale à 1.

Sur les 37 relations envisagées, 31 suivent une relation d'allométrie négative (cf. ANNEXE A23, p. 379). Même s'il est évident que les largeurs des métaphyses croissent plus lentement que l'allongement des diaphyses, les relations d'allométrie positive sont importantes à remarquer. En effet, il s'agit principalement des rapports de largeur. Ainsi les diamètres antéro-postérieurs des membres inférieurs se développent de manière prépondérante par rapport aux diamètres transversaux en milieu de diaphyse. Cette remarque concerne également les largeurs des métaphyses par rapport aux périmètres en milieu de diaphyse (membres supérieur et inférieur). La conformation des os longs évolue d'une forme plutôt cylindrique à une forme en « sablier »

ou, mathématiquement parlant, en hyperboloïde [13] (Swokowski 2000). La géométrie morphométrique pourrait confirmer cette caractéristique de forme, ici seule une hypothèse est avancée.

Enfin, quatre relations sont proches de l'isométrie. Les diamètres antéro-postérieurs et transversaux du tibia et du fémur (pentes respectivement égales à 1,1 et à 1,03) mais aussi la relation entre les longueurs des deux os des segments distaux des membres (radius-ulna et tibia-fibula, 0,96 ≤ pente ≤ 0,98) se rapprochent de l'isométrie, ce qui paraît logique vis-à-vis de l'anatomie de ces os. Remarquons que ces conformations se retrouvent quelle que soit la population considérée. Pour toutes les relations évaluées, l'explication de la variance est très forte (r^2 entre 0,75 et 0,99, majoritairement > 0,90). Ce facteur est un argument supplémentaire pour la robustesse des analyses qui vont suivre (homogénéité des pentes et MANCOVA).

Les relations allométriques (venant du grec « allos » = autre) c'est-à-dire « autres que métriques », permettent donc de caractériser, d'une certaine manière, les changements de conformation des os. Mais le facteur taille intervient encore. Comment s'en affranchir ou du moins le minimiser ?

b. Allométrie de croissance ou influence de la taille et de l'âge ?

Ce second paragraphe répond à la dernière question. Sans un outil de géométrie-morphométrie, il est très difficile de séparer le facteur taille de celui de la conformation et de n'étudier que ce dernier. Or la croissance est avant tout une question d'évolution de la taille.

Nous proposons, dans cette seconde partie des résultats, de minimiser le facteur taille en utilisant la méthode de transformation des données de Mosimann et James (1970) repris par la suite par Darroch et Mosiman en 1985 (Darroch & Mosimann 1985 ; Mosimann & James 1970). Cette méthode est plus connue sous le nom de « log-shape ratios » et a été souvent utilisée dans des problématiques d'évolution (par exemple Corruccini 1987 ; Holliday 1997). Cette méthode consiste à homogénéiser les mensurations pour les rendre plus proches de variables de conformation que de variables de taille. Cette homogénéisation se déroule en deux étapes et pour chaque individu pris indépendamment :

- La première calcule pour chaque os, une variable de taille correspondant à la moyenne géométrique des différentes mensurations prises pour cet os. La moyenne géométrique représente mieux la taille générale car elle n'est pas influencée par les échelles de mesure (Darroch & Mosimann 1985). Ainsi, les mensurations manquantes n'influeront que peu sur la suite des analyses.
- La seconde étape est le calcul du logarithme (de base 10) du rapport entre chaque mensuration de l'os et la variable de taille calculée auparavant. On obtient ainsi une série de variables par individu plus proches de la conformation réelle de l'os.

[13] Un hyperboloïde est une surface du second degré de l'espace euclidien. Il fait donc partie des quadriques, avec pour caractéristique principale de posséder un centre de symétrie et de s'étendre à l'infini. Il se représente comme un cylindre étranglé en son milieu.

Exemple : Individu de Mikulčice, sépulture n° 1712
5 mesures au niveau de la mandibule :
Md1 = 58,0 ; Md2 = 18,4 ; Md3 = 20,5 ; Md4 = 75,6 ; Md5 = 60,8. Etapes du calcul (reporté comme dans un fichier Excel) :

- ✓ Moyenne géometrique (Md1 :Md5) = 39,87 = TMd. Cette valeur correspond à la variable de taille pour la mandibule.
- ✓ Calcul des variables de conformation : $Md1_c$ = Log(Md1/TMd) = 0,16. Ce calcul est réitéré pour chaque mesure de la mandibule (Md2 à Md5).

Cette transformation a été réalisée pour les 53 mensurations de l'étude, os par os[14]. Les données ainsi transformées sont analysées par le biais d'ACP afin d'évaluer, en premier lieu, la relation entre les variables obtenues pour un même os et aussi l'éventuelle allométrie de croissance qui se dégage de ces relations.

Neuf ACP ont été effectuées correspondant respectivement aux jeux de données obtenues pour la mandibule, la clavicule, l'humérus, le radius, l'ulna, le fémur, le tibia, la fibula et les os du pied. Trop peu de variables étaient disponibles pour les trois parties de l'os coxal et pour les métacarpiens. Pour reprendre la réflexion de Jolicoeur (1963), les deux premières composantes de l'ACP estimées à partir de matrices de covariance de mesures log-transformées, correspondent à la généralisation multivariée de l'allométrie de croissance (Jolicoeur 1963). Les résultats explicités ci-dessous représentent par conséquent l'analyse des deux premiers axes.

L'explication générale de la variance cumulée sur les deux premiers axes s'échelonne entre 65% et 74%. Ces valeurs relativement faibles (<80-85%), peuvent s'expliquer par l'hétérogénéité des mesures chez les différents individus, ce qui limite grandement les effectifs. Les relations mises en avant devront par conséquent être interprétées avec prudence bien qu'il soit déjà exceptionnel d'obtenir des variances expliquées à plus de 80% dès le troisième axe dans ce type d'analyse (Van Vark & Howells 1984 ; Van Vark & Schaafsma 1992).

[14] Tous les calculs et analyses sont réalisés sur des mesures sans épiphyses.

		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Mandibule	Valeur propre	1,94	1,49	1,00	0,57	/	/
	% de variance cumulé	38,76	68,64	88,60	100,00	/	/
Clavicule	Valeur propre	1,44	1,36	1,20	/	/	/
	% de variance cumulé	35,92	69,93	100,00	/	/	/
Humérus	Valeur propre	2,44	1,27	1,06	0,24	/	/
	% de variance cumulé	48,72	74,07	95,27	100,00	/	/
Radius	Valeur propre	2,57	1,54	0,95	0,65	0,29	/
	% de variance cumulé	42,82	68,49	84,33	95,12	100,00	/
Ulna	Valeur propre	1,82	1,43	1,09	0,66	/	/
	% de variance cumulé	36,38	65,03	86,89	100,00	/	/
Fémur	Valeur propre	3,32	1,43	0,79	0,77	0,58	0,10
	% de variance cumulé	47,49	67,99	79,24	90,27	98,58	100,00
Tibia	Valeur propre	2,31	1,80	0,97	0,75	0,16	/
	% de variance cumulé	38,53	68,59	84,84	97,39	100,00	/
Fibula	Valeur propre	1,80	1,20	/	/	/	/
	% de variance cumulé	60,04	100,00	/	/	/	/
Pied	Valeur propre	1,55	1,27	1,18	/	/	/
	% de variance cumulé	38,66	70,51	100,00	/	/	/

Tableau XVII : Représentation des valeurs propres et des pourcentages cumulés de variance par les différentes composantes (CP) des ACP (/ = pas de données).

Dans un second temps, la corrélation des différentes mensurations aux deux premiers axes montrent les variables les plus liées à la conformation. Le tableau répertoriant toutes les coordonnées factorielles selon les deux premiers axes par mensuration est reporté en annexe (ANNEXE A24, p. 379). Ce tableau démontre que les variables de conformation principalement corrélées à la variance ne sont pas forcément les variables de longueur des diaphyses. Au contraire, ce sont des diamètres et des largeurs de métaphyse qui entrent le plus en ligne de compte. Ce résultat confirme ceux énoncés dans le paragraphe (a), en affirmant un changement de conformation prépondérant au cours de la croissance des sections transversales des diaphyses et des métaphyses par rapport au simple allongement des diaphyses. C'est ce qu'on appelle l'allométrie de croissance. Cependant, ces changements de conformation ne sont que peu visibles en fonction des différentes classes d'âge envisagées. La projection des individus selon les deux premières composantes ne les sépare pas de manière significative. La Figure 26 ci-dessous illustre la distinction des groupes d'âge que l'on peut obtenir.

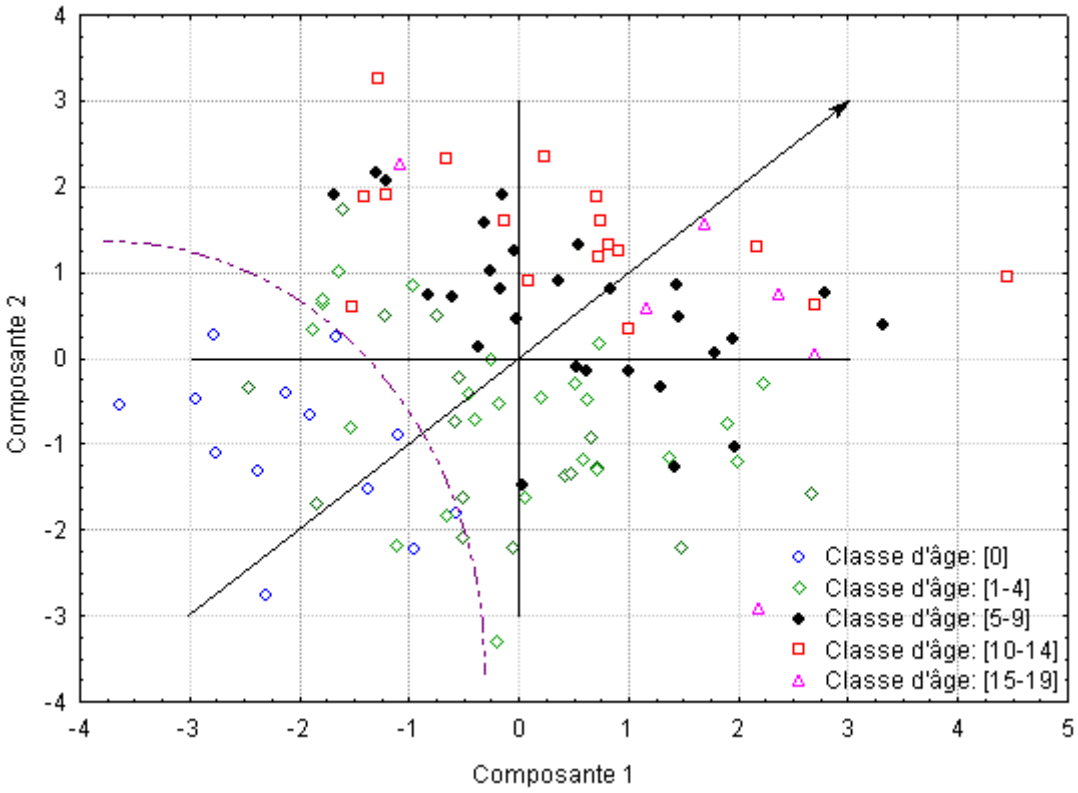


Figure 26 : Représentation graphique de la projection des individus (tous sites confondus) selon les deux premiers axes de l'ACP sur les variables de conformation du tibia.

Sans pouvoir réellement discriminer les différentes classes d'âge, on observe un gradient depuis les individus les plus jeunes jusqu'aux individus les plus âgés. Le premier axe traduit dans l'ensemble un changement de conformation au niveau des diamètres et/ou périmètres en milieu de diaphyse et le second un changement au niveau des métaphyses. Cette tendance s'observe pour tous les os longs. Les nuages de points correspondant à la mandibule et à la clavicule sont plus uniformes et aucune relation aux classes d'âge ne peut être envisagée. Ce résultat est en accord avec celui obtenu pour les indices anthropométriques, tels que ceux de la mandibule et de la clavicule qui semblaient indépendants de l'âge estimé.

Remarquons que ces modalités de croissance ont été décrites, dans différentes études, sur des populations modernes (Humphrey 1998) voire de référence (Frelat 2007) et des études longitudinales (Smith & Buschang 2004, 2005). Elles sont également en accord avec les ouvrages de référence sur l'anatomie et la croissance du squelette (Scheuer & Black 2000b ; Scheuer *et al.* 2004 ; Thompson *et al.* 2003 ; Ulijaszek *et al.* 1998). Ce résultat *a priori* anodin révèle qu'une étude sur un échantillon transversal de populations du passé (avec tous les biais qu'il comporte) peut être, elle aussi, informative. Les interprétations se doivent en revanche de rester mesurées.

Une certaine allométrie de croissance a donc pu être décrite pour nos populations. Cependant, même si l'influence de la taille a été limitée dans cette analyse, la relation aux classes d'âge est toujours présente. Serait-il alors possible de déterminer des classes d'âge plus biologiques par les relations d'allométrie ? Mais avant d'aborder ce problème plus complexe, examinons les différences inter-populations.

c. Comparaisons inter-populations

Ce troisième paragraphe expose les différences entre populations observées, grâce aux tests d'homogénéité des pentes et à l'analyse multivariée des variances (MANCOVA). Au préalable, notons que le test d'homogénéité des pentes est sensible aux effectifs puisqu'ils influent directement sur l'ajustement des régressions. Il faut aussi prendre en compte l'influence des divers covariants de la MANCOVA. Ces deux limites statistiques font partie intégrante des analyses de régressions (Van Vark & Howells 1984). Il faut en avoir conscience avant de juger de la robustesse des résultats. En ce qui concerne la MANCOVA, les différences sont considérées comme significative lorsque les deux modèles de paramétrisation (sigma-restreint et sur-paramétrisation) donnent des résultats significatifs (seul le plus significatif est reporté dans le tableau ci-après).

Sept relations allométriques révèlent des différences inter-sites et/ou une influence prépondérante du site dans la MANCOVA (significativité toujours à $p < 0,05$). Le Tableau XVIII résume les divergences mises en évidence.

Relation	Mesures	Différence dans l'analyse	F	*p*
A3	Md4/Md5	MANCOVA + pente	3,79	0,014
A4	Clav2/Clav1	Pente	2,91	0,037
A20	U5/U1	MANCOVA + pente	3,95	0,011
A21	Mc2/Mc1	MANCOVA + pente	3,24	0,028
A23	Pub1/Isc1	MANCOVA + pente	5,88	0,001
A36	Tal2/Tal1	Pente	3,30	0,023
A37	Calca2/Calca1	Pente	4,13	0,008

Tableau XVIII : Différences significatives des relations allométriques analysées selon le test d'homogénéité des pentes et l'analyse multivariée des variances (définitions des relations allométriques p. 378).

Dans l'ensemble, la croissance en longueur des os longs est égale pour les quatre populations étudiées. Les variations de proportion se situent plus au niveau des largeurs (diamètres en milieu de diaphyse). Remarquons également que les relations incluant des largeurs de métaphyses sont au seuil de la significativité ou significatives mais pour un seul modèle de paramétrisation de la MANCOVA, ce qui explique leur absence dans le tableau ci-dessus.

D'un point de vue « populationnel », les différences se répartissent comme suit :

- Les populations rurales possèdent globalement des mandibules plus courtes que les individus issus d'un milieu plus urbanisé. Ce résultat conforte celui des indices anthropométriques. Les différences de milieu de vie s'expriment essentiellement au niveau des métaphyses du membre supérieur. Les métaphyses proximales sont proportionnellement plus larges (toujours pour une longueur donnée) chez les ruraux alors que cette tendance s'inverse pour les métaphyses distales. Rappelons que cette remarque doit rester un constat au vu de la robustesse limitée des analyses statistiques.
- La comparaison au niveau géographique est plus parlante puisqu'elle concerne la majorité des relations énumérées dans le Tableau XVIII précédent. Les moraves présentent une robustesse générale accrue par rapport aux français. Ainsi le périmètre en milieu de diaphyse de leur clavicule est proportionnellement plus large, la largeur de l'ilium et la conformation des os du pied (talus, calcanéus et premier métatarsien) également. Les différences sont marquées

majoritairement pour le membre inférieur. Ainsi, les individus moraves ont des membres inférieurs proportionnellement plus forts (diamètres et périmètres en milieu de diaphyse par rapport aux longueurs), particulièrement au niveau du tibia et du fémur. Ce constat est enfin valable pour les largeurs métaphysaires de l'extrémité distale du fémur et de l'extrémité proximale du tibia. En résumé, pour une même longueur diaphysaire, les enfants moraves ont des diaphyses plus larges (moins cintrées) et des genoux plus forts.

Toute précaution gardée, ce dernier résultat de comparaison inter-populations va encore une fois dans le sens d'une divergence géographique (ou génétique ou populationnelle ?) plus marquée qu'une éventuelle différence de mode de vie. Reste maintenant à étudier la possible influence de l'âge puisque dans les analyses précédentes il n'a pas été engagé comme covariant.

3. VERS DES CLASSES D'ÂGE PLUS BIOLOGIQUES ?

L'âge estimé a été mentionné à plusieurs reprises depuis le début de ce chapitre. La variabilité des mensurations ainsi qu'un certain nombre d'indices anthropométriques sont largement influencés par l'âge. Le recours aux classes d'âge apporte précision et fiabilité dans les analyses. Toutefois, ces classes ordinairement utilisées dans les études démographiques n'ont pas de réelle signification biologique. De plus, l'âge est normalement écarté des relations d'allométrie, même s'il peut apparaître en tant que covariant. Nous avons donc réévalué l'influence de celui-ci en reprenant les relations d'allométrie correspondant aux indices influencés ou non par l'âge. Une analyse approfondie des résidus des régressions (linéaires et exponentielles linéarisées) a été menée en deux temps. Le premier évalue la dispersion des résidus en fonction de la mesure puis de l'âge dentaire estimé (module « modèle linéaire général », onglet analyse des résidus, sous Statsoft® Statistica v. 7.1). Les statistiques élémentaires (moyennes, écart-types, intervalles de confiance, intervalles de prévision, etc.) des résidus ainsi que leurs représentations graphiques (par exemple : valeurs prévues *vs.* résidus, valeurs observées *vs.* résidus, etc.) sont générées. Dans un second temps, une analyse multivariée des variances (MANCOVA) est réalisée sur lesdits résidus en introduisant l'âge estimé en tant que covariant. Les résultats sont exprimés graphiquement par une surface en trois dimensions représentant les résidus de la régression en fonction de l'âge estimé/ou de la seconde mesure de la relation allométrique (selon le résultat désiré) et dans la troisième dimension, le poids statistique (représenté par une probabilité) de l'âge estimé sur l'analyse. Par souci de clarté, seuls deux exemples sont présentés ici, le premier traitant d'une relation *a priori* non influencée par l'âge (largeur bicondylienne en fonction de la longueur de la mandibule), le second reprenant un indice reconnu comme influencé par l'âge estimé (largeur de l'ilium en fonction de sa hauteur).

Les graphiques représentant les résidus en fonction de l'âge estimé pour ces deux exemples sont reportés en annexe (ANNEXE A25, p. 380). Les deux graphiques ci-dessous sont les résultats des représentations en trois dimensions.

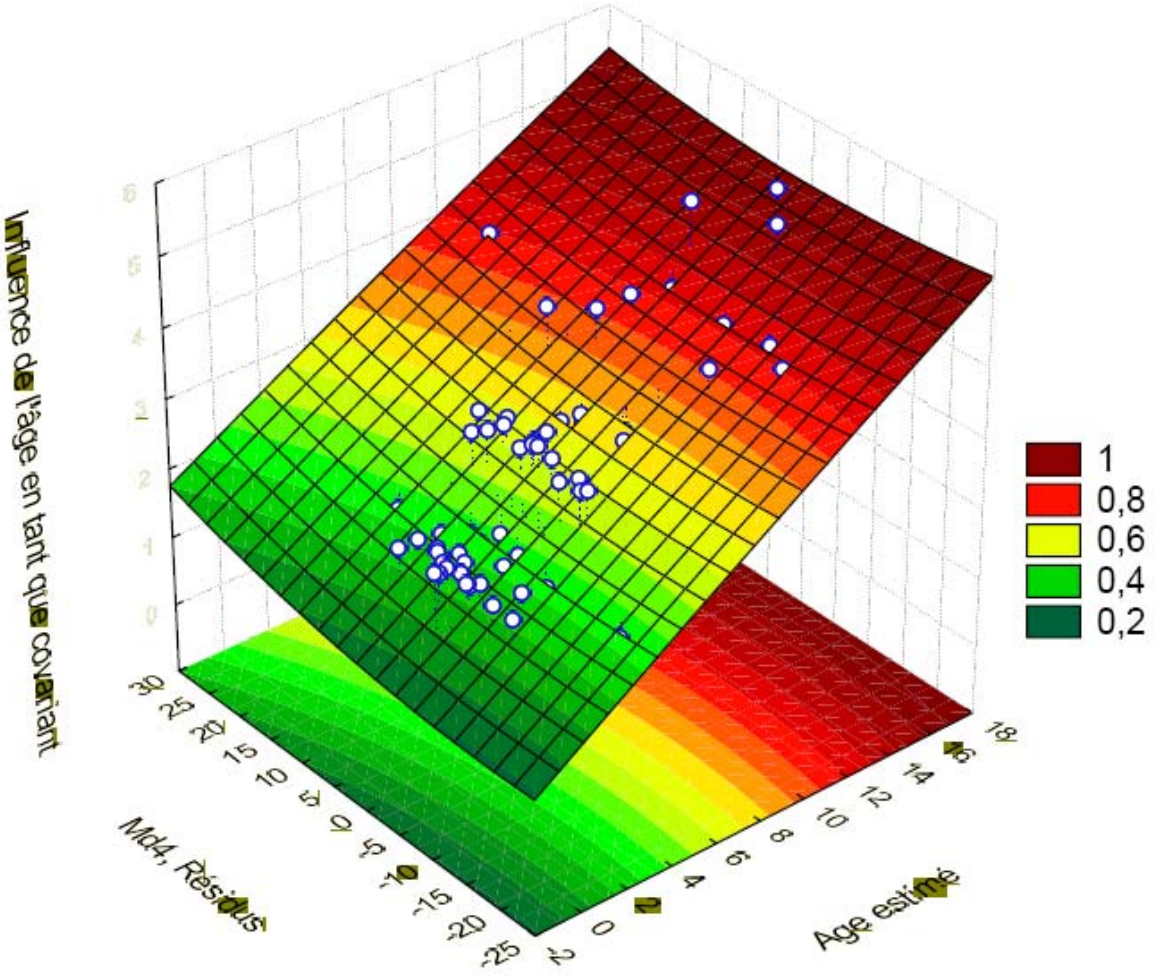


Figure 27 : Graphique en 3D représentant l'influence de l'âge estimé en tant que covariant. Exemple de la relation largeur bicondylienne (Md4)/ longueur de la mandibule (Md1).

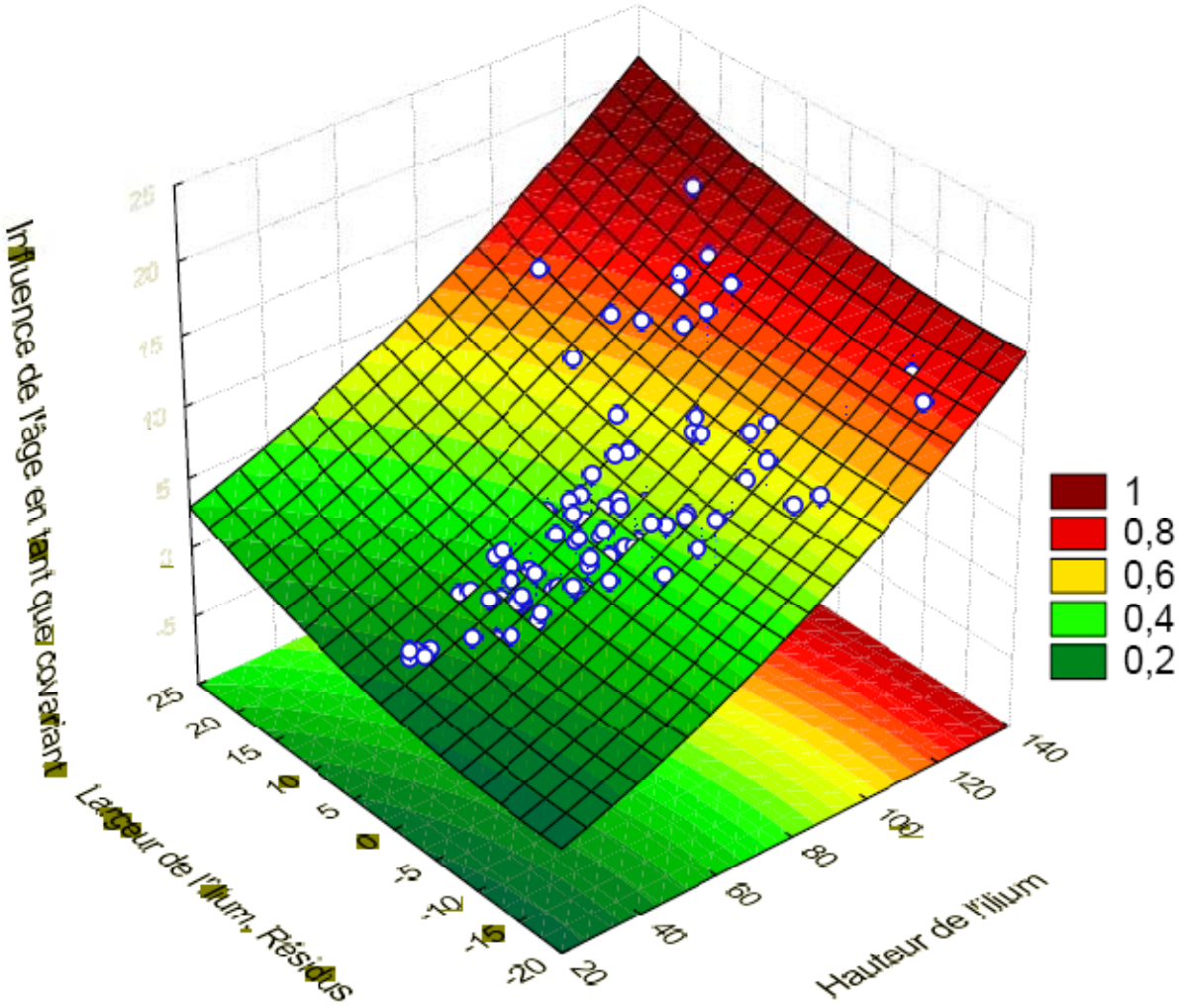


Figure 28 : Graphique en 3D représentant l'influence de l'âge estimé en tant que covariant. Exemple de la relation largeur de l'ilium (il2) / hauteur de l'ilium (il1).

Deux résultats majeurs ressortent de ces analyses et sont valables non seulement sur les exemples décrit mais sur toutes les relations envisagées :

✓ Les résidus des relations montrent une augmentation de leur variabilité quand l'âge estimé augmente (cf. ANNEXE A25 p. 380). Cela traduit l'augmentation de variabilité des mensurations avec l'âge et plus particulièrement après 8-10 ans. Il est naturel d'observer une variabilité plus grande aux alentours de la puberté et après (Humphrey 1998 ; Scheuer & Black 2000b ; Scheuer *et al.* 2004), mais ce résultat est mis en évidence sur des populations archéologiques (et tous les biais qu'elles comportent), rehaussant leur pouvoir informatif.

✓ Le second résultat est plus important puisqu'il traduit une influence prépondérante de l'âge sur les analyses allométriques. En effet, son influence augmente en même tant que l'âge en lui-même s'accroît (du vert au rouge foncé sur les figures ci-dessus). Les relations allométriques qui auraient dû *a priori* s'affranchir d'une certaine manière de l'âge estimé, se trouvent réduites également à subir son influence. Il n'est donc pas si judicieux de les utiliser pour comparer des variations de conformation chez des individus en pleine croissance. Ce constat ne réduit pas les interprétations précédentes à néant, il faut simplement rester prudent en les énonçant.

Ces résultats, encore une fois pessimistes quant à la description et à la caractérisation des individus immatures des populations du passé, soulignent néanmoins un facteur important. Les variations des résidus se comportent de la même façon quelles que soient les relations envisagées. Il se dégage une classification plus « biologique » des individus par âge. Trois classes se distinguent nettement :

✓ Entre 0 et 4 ans : elle se définit par une grande homogénéité des mensurations. Les résidus sont faibles et l'influence de l'âge au décès est mineure (probabilité d'influence < 0,2).

✓ Entre 4 et 8-10 ans : la variabilité augmente progressivement. L'influence de l'âge aussi (0,2 < probabilité < 0,4-0,7, selon les relations envisagées). Les limites de cette large classe ne peuvent être affinées sans un avis subjectif de l'observateur. Par souci d'objectivité, l'interprétation en restera donc là.

✓ Enfin au-delà de 10 ans : les mensurations sont très variables quelles que soient les relations considérées. L'influence de l'âge est prépondérante (probabilité > 0,7-0,8). Il est par conséquent très difficile de conclure quoi que ce soit pour ces âges.

Ces classes correspondent clairement aux trois grandes phases de croissance décrites par Bogin (Bogin 1999), à savoir :

- Première enfance (croissance infantile) : phase de croissance comprise entre la naissance et 4 ans environ, elle correspond à une croissance très rapide de toutes les parties anatomiques.
- Seconde enfance (croissance juvénile) : comprise entre 4 ans et la puberté (difficile à définir chez les populations du passé : Björk & Helm 1967 ; Özer *et al.* 2006 ; Sidlauskas *et al.* 2005). Cette phase est discontinue et plutôt lente. Un regain de vitesse est décrit à la pré-puberté mais impossible à mettre en évidence pour nous.
- L'adolescence (croissance pubertaire) : phase de croissance rapide (avec le pic pubertaire (Baroncelli *et al.* 2006 ; Özer *et al.* 2006), relativement courte. Fin de la maturation osseuse des os longs.

Bien que larges, ces classes reflètent des facteurs biologiques et afin de les relier à certains critères culturels, il serait plus approprié de réitérer toutes les comparaisons avec ces trois nouvelles classes. Reste le problème de l'estimation de l'âge qui devra encore une fois être pris en compte pour définir ces classes. La limite à 4 ans reste relativement simple puisqu'elle correspond à notre classe [1-4]. L'autre limite, qui pour nous serait à 8-10 ans, est plus difficile à définir puisqu'on devrait alors raisonner avec l'âge moyen pour dispatcher les individus avant et après cet âge. La distinction est plus arbitraire. Cependant, un test a été fait avec l'estimation secondaire de l'âge au décès et est reporté au chapitre 9.

Les relations d'allométrie du squelette sont donc très puissantes pour comprendre le fondement des études comparatives. Non seulement elles permettent, dans une certaine mesure, de discerner des populations du point de vue de leur conformation mais elles mettent aussi en évidence deux facteurs très importants : le facteur âge qui reste intimement lié aux relations et le facteur variabilité qui est omniprésent depuis le début de ce chapitre.

4. SYNTHÈSE SUR LES MESURES ET LA CONFORMATION

Si ce chapitre n'a pu traiter directement de forme, les notions de **taille** et de **conformation** ont été envisagées et évaluées au-delà de la simple étude anthropo-biologique classique. En termes de format, deux différences principales inter-sites ont été mises en évidence. Le mode de vie semble n'avoir que peu d'influence sur la variabilité puisque seule la **mandibule** montre des divergences. Les enfants ruraux possèderaient une mandibule plus courte et plus large (brachygnathe) que leurs homologues « urbains ». En revanche la **différence géographique** est plus nette. Les os du **membre inférieur** et du **pied** se distinguent entre les individus d'Europe centrale et ceux d'Europe de l'ouest. Avec des segments distaux des membres plus courts et une robustesse générale accrue (notamment au niveau du genou), les enfants moraves peuvent être discernés des français. Toutefois, il faut noter une **homogénéité** inter-sites **prépondérante** par rapport aux divergences. Si la distinction des populations par leur mode de vie et/ou leur origine géographique reste faible voire inexistante selon les analyses envisagées, la mise en évidence de **facteurs biologiques** est à souligner. Non seulement l'augmentation de la variabilité avec l'âge est confirmée (cf. coefficients de variation, indice et dispersion des résidus des relations allométriques), mais l'action prépondérante du facteur âge est mise en évidence. Ainsi, les relations allométriques sensées être affranchies de l'âge se retrouvent face aux mêmes limitations que les simples comparaisons de variables, à savoir devoir comparer des regroupements d'individus homogènes. L'âge estimé est donc resté en filigrane tout au long des analyses, que ce soit pour les indices (même si le facteur âge avait été mis partiellement en évidence) ou pour les relations allométriques. Les **trois grandes phases de croissance** décrites par Bogin (1999) sont mises en relief dans nos collections par les relations allométriques. Ainsi les individus de la classe **infantile** (0-4 ans) sont très semblables et la variabilité d'un point de vue format **et** conformation reste limitée. Une certaine variabilité se met en place chez les **juvéniles** (jusqu'à 8-10 ans, correspondant à la période pré-pubertaire). En dernier lieu, l'influence de l'âge estimé et la très forte variabilité des individus **adolescents** ne permet pas de conclure quant aux comparaisons entre populations. Par conséquent la variabilité augmente avec l'âge sans toutefois introduire de différence majeure (hormis celles mentionnées plus haut) entre nos populations, tant d'un point de vue format que conformation. Il est enfin remarquable qu'à partir de **populations archéologiques**, des **modalités biologiques** (changements de conformation osseuse au cours du développement, phases de croissance) puissent être mises en évidence, conférant à celles-ci une crédibilité qui jusqu'ici était mitigée.

Partant des comparaisons les plus simples (mensurations), les relations allométriques sont intermédiaires entre la variabilité de conformation et les modalités propres de la croissance qui sont l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE 6

CROISSANCE ET POPULATION DU PASSÉ : ÉTAT DE LA QUESTION, DÉSILLUSIONS ET PERSPECTIVES

La croissance des populations du passé est une problématique qui intéresse particulièrement les anthropologues et ce, depuis plus de 30 ans maintenant (Garcin *et al.* [*in press*]-a). Toutefois, la difficulté d'adaptation des méthodes utilisées sur les populations actuelles aux populations du passé a alimenté les débats et controverses sur la faisabilité de ces analyses. Des synthèses régulières jalonnent l'histoire de la paléoauxologie[15] (Hoppa 2000b ; Humphrey 2000 ; Olivier & Pineau 1960 ; Saunders 1992, 2000 ; Tillier 2000 ; Wolanski 1973).

Ce chapitre vise à suivre l'évolution des conceptions et des analyses en reprenant, dans un premier temps, les courbes classiquement proposées sur nos collections, puis, tout en cernant les principales limites, à montrer qu'il existe des perspectives de comparaisons inter-populations moins biaisées.

I. LES COURBES CLASSIQUES

Les analyses de la « croissance » en tant qu'augmentation de la taille d'un os en fonction de l'âge estimé et les comparaisons entre plusieurs populations et/ou à divers standards (Maresh 1955 ; Maresh & Deming 1939 ; Smith & Buschang 2004, 2005), sont les études les plus anciennes et les plus répandues malgré leurs limites (Hoppa 1992 ; Jantz & Owsley 1984 ; Johnston 1962 ; Okazaki 2004 ; Piontek *et al.* 2001b ; Saunders *et al.* 1993b ; Steyn & Henneberg 1996 ; Y'Edynak 1976). De plus, elles concernent majoritairement la longueur des os longs et peu introduisent d'autres mensurations (Miles & Bulman 1994 ; Miles & Bulman 1995). Il nous a donc paru évident de commencer par ce type d'analyses et de confronter les résultats obtenus à ceux publiés.

1. MÉTHODES ET AJUSTEMENTS CHOISIS

Consciente que le terme de croissance est inapproprié dans l'étude d'un échantillon transversal (Lampl & Thompson 2007), nous emploierons le terme de **profil de croissance squelettique** au sens d'étude de l'évolution d'une mensuration en fonction de l'âge estimé.

Cette première analyse s'est déroulée en deux temps :

- Le premier consiste à établir les profils de croissance squelettique pour les 53 mesures de l'étude en fonction de l'âge dentaire moyen estimé. Pour chaque courbe, le meilleur ajustement est choisi parmi les suivants : linéaire, polynomial, exponentiel,

[15] Le terme de paléoauxologie ou l'étude de la croissance des populations du passé a été utilisé pour la première fois par A. –M. Tillier en 1995 puis repris et utilisé par de nombreux auteurs par la suite (Tillier 1995).

logarithmique et moindres carrés. Dans le cadre d'un ajustement exponentiel, les données ont été log-transformées afin de linéariser la fonction.

- Dans un second temps, les différences sont testées grâce aux régressions multiples proposées par Mays *et al.* (2008). Une ANCOVA (analyse de covariance) est produite pour chaque relation et l'influence du site est évaluée. Cette comparaison est utilisée par d'autres auteurs (Pinhasi *et al.* 2005).

En complément aux profils de croissance squelettique, la comparaison à deux populations archéologiques de référence a été effectuée. Pour ce, nous avons utilisé l'approche de Cardoso & Garcia (2009) qui consiste à calculer un score (appelé **Z-score**) pour chaque individu par rapport à une référence. Les Z-scores sont calculés pour les longueurs maximales des diaphyses des fémurs, tibias et fibulas (épiphyses non soudées), pour chaque individu selon la formule suivante :

$$Z\text{-}score = \frac{x - m_{réf}}{SD_{réf}}$$

Où x est la mesure individuelle ; $m_{réf}$ et $SD_{réf}$ respectivement la moyenne et l'écart-type de la population de référence à l'âge considéré.

Les âges utilisés sont les âges dentaires moyens et les classes d'âge annuelles. Les populations de références utilisées sont celles de St. Thomas Church à Belleville (Saunders *et al.* 1993b) et la collection de Spitalfields. Ce choix permet de comparer les Z-scores obtenus pour nos individus à deux populations aux conditions de vie contrastées : les enfants de Spitalfields étant plutôt défavorisés, ceux de Belleville ont au contraire des conditions de vie plutôt favorables. Bien que les âges réels soient disponibles pour les deux collections de référence, les âges moyens dentaires estimés ont été utilisés dans les deux cas afin d'homogénéiser les comparaisons (les âges retenus sont ceux estimés selon Moorrees *et al.* 1963a, b). Si ce score est négatif, alors on avance l'hypothèse d'un déficit de croissance par rapport au standard, dans le cas contraire, une précocité de croissance. Cette dernière analyse permettra, dans une certaine mesure, de resituer la croissance de nos populations selon leurs conditions de vie.

2. RÉSULTATS

Les relations établies entre les mensurations squelettiques et l'âge dentaire correspondent à trois types d'ajustement majeurs : linéaire, polynomial (quand la linéarité n'est pas respectée pour les plus jeunes) et exponentiel. Dans le dernier cas, les données ont été log-transformées (logarithme népérien) afin de rétablir une linéarité pour les analyses statistiques complémentaires. Le tableau (ANNEXE A26, p. 381-382) rend compte des ajustements choisis pour chaque relation ainsi que des résultats obtenus pour les régressions multiples (F et *p*) et les tests d'homogénéité des pentes (F et *p*).

En termes comparatifs, on a une influence du site pour 11 mesures (résultats grisés dans le tableau A26, p. 381-382) bien que les pentes puissent être homogènes (13 mesures n'ayant pas de pente homogène entre les sites, mais ce résultat est moins significatif). A titre d'exemple, la Figure 29 montre la représentation graphique pour l'ajustement polynomial de la relation entre la longueur de la diaphyse humérale (épiphyses non soudées) et l'âge dentaire.

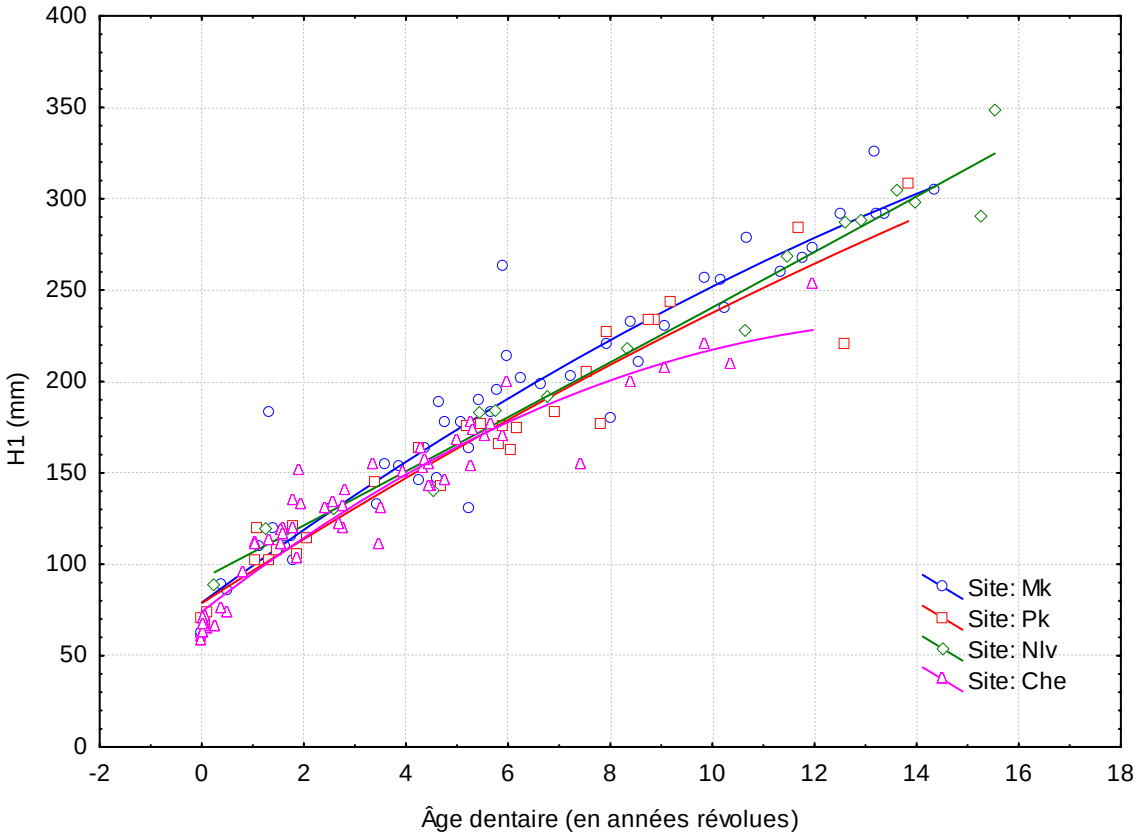


Figure 29 : Relation entre la longueur maximale de la diaphyse humérale et l'âge dentaire (ajustement polynomial).

Il est intéressant de noter que la longueur des os longs ne différencie pas nécessairement les sites entre eux (hormis H1 et Fib1). En revanche, les différences significatives entre les largeurs d'extrémités de diaphyses semblent plus marquées (par exemple F7 et T5, caractérisant encore une fois le genou), ce qui confirme les résultats obtenus dans le chapitre précédent. Les diamètres et périmètres en milieu de diaphyse expriment également une robustesse variable entre les sites (Md2, F3 et F4 dans une moindre mesure). La Figure 30 montre la représentation graphique avec ajustement linéaire pour le fémur et ne signale pas de différence significative entre les sites.

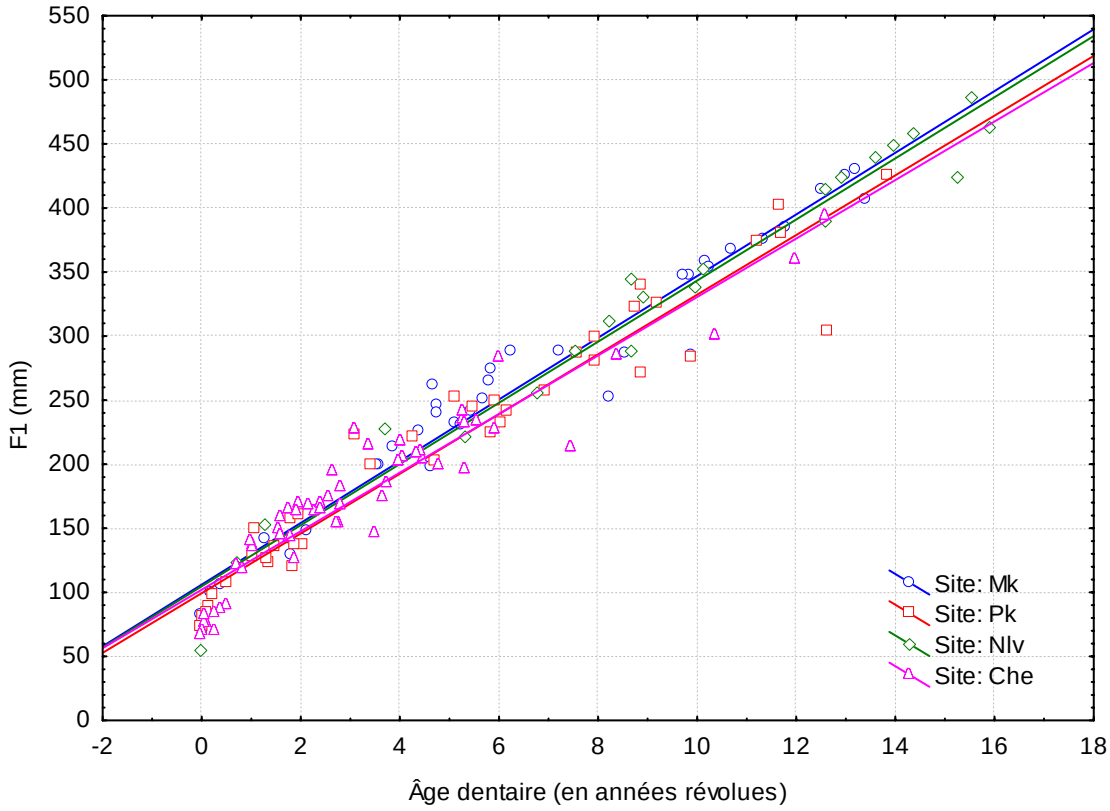


Figure 30 : Relation entre la longueur maximale de la diaphyse fémorale et l'âge dentaire (ajustement linéaire).

Si l'on reprend les comparaisons, partie anatomique par partie anatomique, on trouve alors :

- Une différence significative des mensurations de la mandibule entre les individus urbains et les individus ruraux. On retrouve une mandibule statistiquement plus étroite chez les individus urbains (résultat déjà démontré dans le chapitre 5).
- La clavicule possède une grande variabilité mais aucune tendance ne se dégage, tant du côté du mode de vie que de celui d'une régionalisation.
- Les os longs présentent tous les mêmes caractéristiques : pour les longueurs (hormis pour celle du fémur), les sujets de Mikulčice sont toujours les plus grands pour un âge donné et ceux de Cherbourg les plus petits. En revanche, si les individus de Cherbourg ne se distinguent pas par leur petitesse ou gracilité, alors on observe nettement un regroupement entre les sites urbains d'un côté et les sites ruraux de l'autre. La Figure 31 illustre ce schéma. Les sites ruraux (Prušánky et Norroy) restent dans l'ensemble très proches.

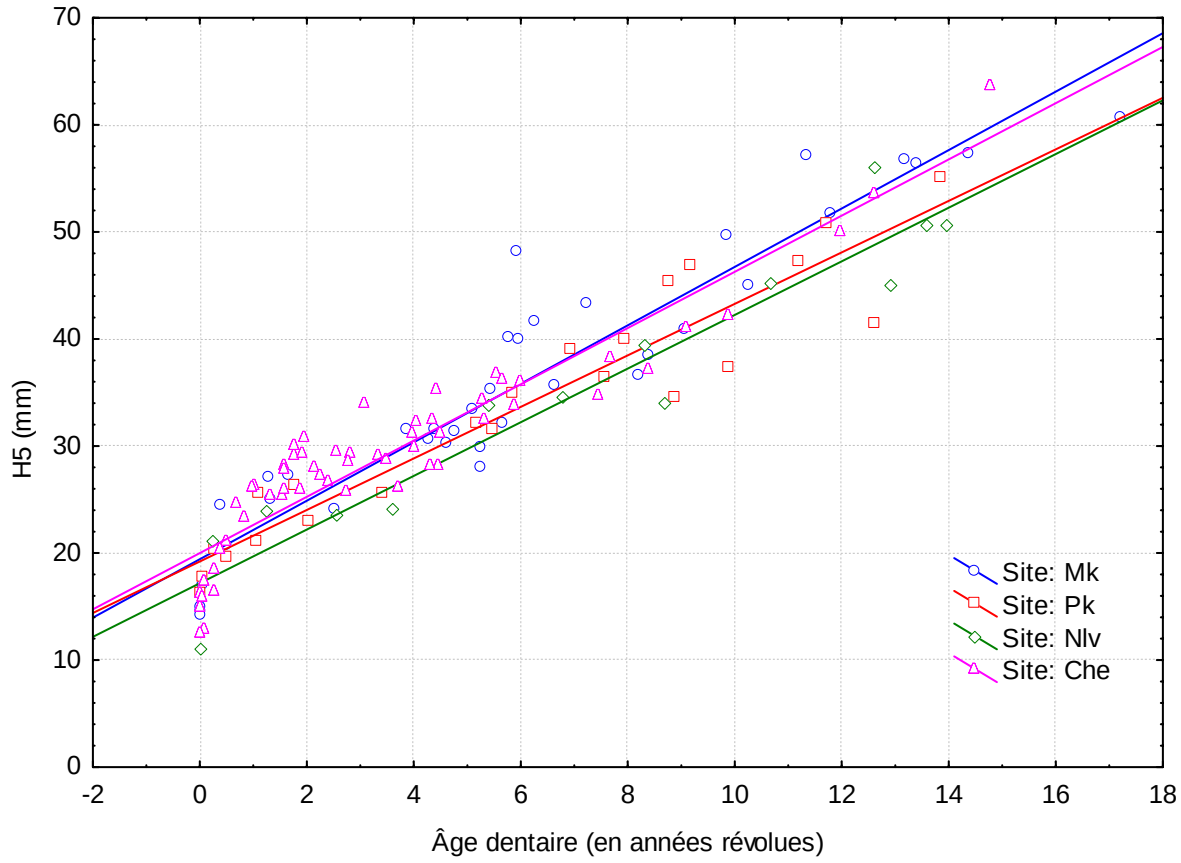


Figure 31 : Relation entre l'extrémité distale de la diaphyse humérale et l'âge dentaire (ajustement linéaire pour mieux illustrer les regroupements).

- En revanche, certaines mensurations illustrent plus un regroupement géographique, c'est-à-dire la réunion entre individus moraves d'une part et les individus francs d'autre part. C'est le cas, par exemple, des mensurations du calcanéus ou de celles concernant le genou (extrémité distale du fémur et proximale du tibia. Ce dernier graphique (Figure 32) montre cette tendance.

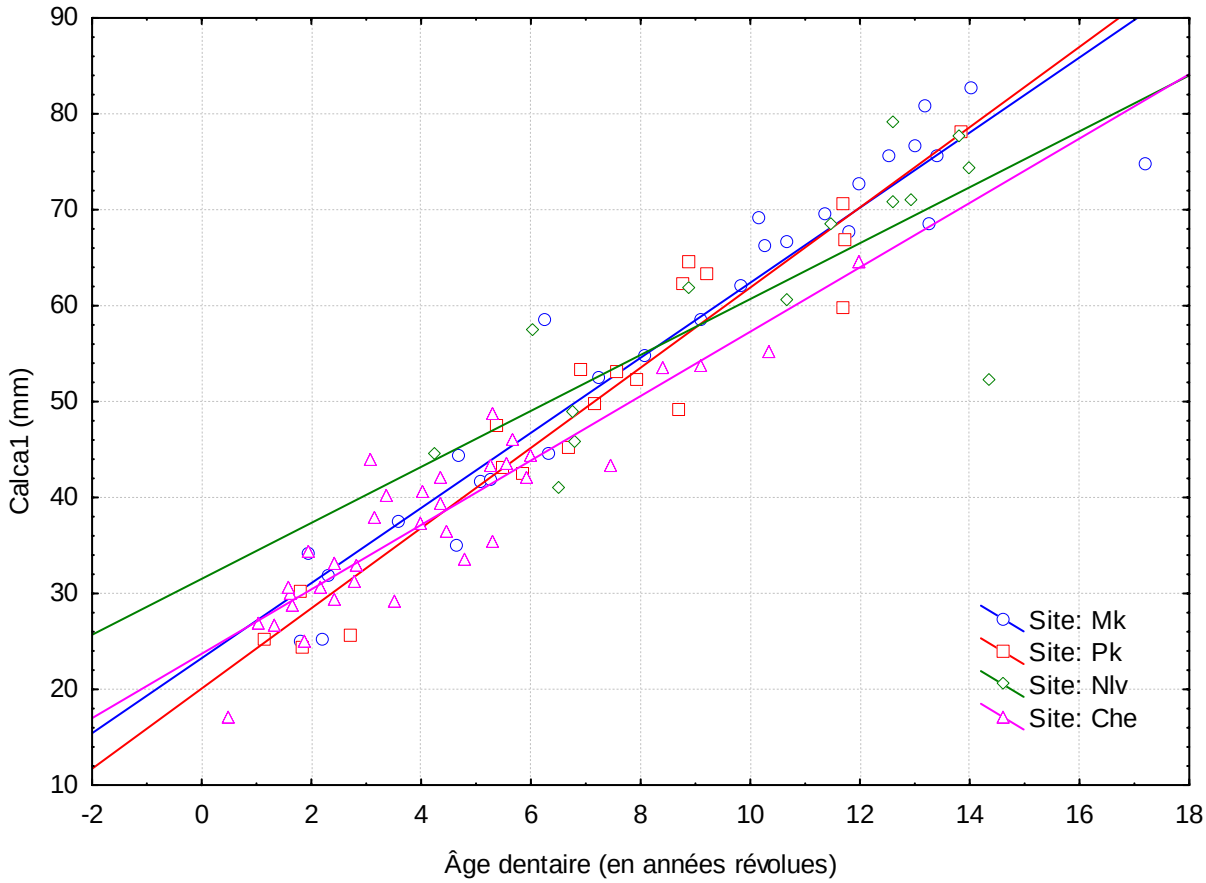


Figure 32 : Relation entre la longueur du calcanéus et l'âge dentaire (ajustement linéaire est choisi pour mieux illustrer les regroupements).

- Enfin, un problème certain d'effectif, notamment pour les os de la main et l'os coxal, pour le site de Norroy fausse les comparaisons. Aucune interprétation ne peut donc être avancée.

Les profils de croissance squelettique de notre étude montrent des tendances proches de celles publiées dans d'autres contextes chrono-culturels. Par exemple, on obtient des résultats analogues à ceux de Pinhasi *et al.* (2005) démontrant une homogénéité globale concernant la longueur des os longs mais une disparité sur des largeurs métaphysaires.

Les Z-scores apportent un autre point de vue et des résultats également très intéressants. Le Tableau XIX reporte les Z-scores moyens par site, en fonction de la collection de référence de comparaison.

		Dimension fémorale par rapport à		Dimension du tibia par rapport à		Dimension de la fibula par rapport à	
		Belleville	Spitalfields	Belleville	Spitalfields	Belleville	Spitalfields
Mk	Z-score moyen	-0,56	1,96	-0,60	1,81	-2,51	1,87
	SD	1,60	2,18	1,41	1,75	4,07	1,23
	N > 0	16	15	8	14	3	5
	N < 0	23	3	23	1	12	0
Pk	Z-score moyen	-1,17	1,19	-0,84	1,4	-0,79	2,15
	SD	1,33	1,82	1,18	1,59	3,44	1,94
	N > 0	8	17	7	17	4	6
	N < 0	33	7	27	4	10	1
Che	Z-score moyen	-1,22	1,1	-1,28	0,94	-3,49	1,45
	SD	1,54	1,21	1,41	1,29	4,84	1,09
	N > 0	12	37	10	29	8	17
	N < 0	45	9	41	11	26	3
Nlv	Z-score moyen	-0,57	1,84	0,09	2,24	-1,25	/
	SD	1,57	2,49	1,57	3,09	2,35	/
	N > 0	7	4	8	2	1	0
	N < 0	9	1	5	1	2	0

Tableau XIX : Z-scores moyens en fonction des collections de référence et exprimés par site (SD : écart-type ; N : nombre d'individus).

Les résultats exprimés par ce tableau sont sans équivoque pour les 4 sites. Le Z-score moyen quel que soit l'os considéré, est négatif quant on compare nos mesures aux données de Belleville et toujours positif lorsqu'on les compare à celles de Spitlafields. Si la plupart des individus présentent un déficit de croissance par rapport à ceux de Belleville, ils sont au contraire plus en avance par rapport à ceux de Spitalfields. Afin de ne pas faire de raccourci abusif, ces résultats vont dans le sens de ceux obtenus précédemment et de ceux décrits dans le prochain chapitre. Les conditions de vie au haut Moyen Âge européen, et plus précisément pour nos quatre sites, ne semblent pas défavorables. Les mensurations du membre inférieur montrent un déficit de croissance par rapport à des individus du 19e siècle ayant grandi dans de bonnes conditions (c'est-à-dire les individus de Belleville). Cependant peut-on réellement parler de déficit de croissance et conclure à des conditions de vie différentes ?

3. LIMITES ET INFLUENCE DE L'ÉCHANTILLON

Si la variabilité biologique peut se lire dans les courbes de croissance individuelle (Pineau 1997), peut-elle l'être sur des profils de croissance squelettique ?

Alors que représentent des courbes moyennes de croissance sur des échantillons transversaux ? Très tôt, les auteurs on relevé les limites méthodologiques de la paléoauxologie (Pineau 1960). Pour ce dernier, on peut « déterminer une équation de courbe de croissance moyenne qui ne

serait qu'une simple traduction analytique des données et qui serait dépourvue de valeur biométrique ». Les profils de croissance squelettique n'ont donc pas de signification biologique ou alors plus que limitée. Ce même auteur ne note pas de différence de croissance entre les différents niveaux socio-économiques lors d'une étude d'une population homogène française (Olivier & Pineau 1960 ; Pineau 1960). Il est vrai que les relations statistiques utilisées dans les analyses de régression sont entachées de limites.

La première, et non des moindre, est celle liée aux effectifs. On ne peut pas comparer décemment une courbe obtenue à partir de plusieurs dizaines d'individus à une droite passant par deux points. De même, la répartition par âge est également importante. Par exemple, le site de Norroy comprend de nombreux individus juvéniles et adolescents et le profil sera donc ajusté majoritairement à partir de grandes mensurations. A l'inverse, le site de Cherbourg et ses tout-petits verra ses courbes décalées vers des valeurs basses. Les comparaisons et analyses qui en découlent sont donc limitées.

En ce qui concerne les Z-scores, il faut prendre en compte un autre type de biais. Comment comparer des populations géographiquement, culturellement et chronologiquement éloignées ? Si l'on s'en tient aux limites chronologiques, comment évaluer l'impact des variations séculaires sur la croissance de ces enfants par rapport à celui du milieu de vie ? Les variations séculaires sont largement reconnues (Bodzar *et al.* 2006 ; Cole 2003 ; Susanne 1985 ; Susanne *et al.* 2001) et influencent l'évolution de la stature au cours du temps. Les mensurations squelettiques sont donc également touchées. L'impact de l'environnement sur la croissance par rapport à celui de la génétique est également difficile à appréhender (Cameron 2007 ; Marshall & Tanner 1968). Il est donc délicat de conclure quant à un mode de vie défavorisé ou non pour nos populations. Toutes ces analyses donnent des indices qui convergent (ou non) dans un même sens, qui, ensemble, permettront une interprétation. Basée sur des analyses isolées, toute interprétation de la sorte serait abusive.

Enfin, puisqu'il est question de format, le dernier problème des profils de croissance squelettique est l'absence de paramètres pour modéliser les courbes. En effet, quel que soit le modèle choisi, la croissance n'est pas infinie. Or, sur les courbes classiques, les mensurations adultes de la population ne sont pas reportées. De même que nous sommes face à de nombreuses inconnues : pic de croissance pubertaire, limite des différentes phases de croissance, etc. Les modélisations sont donc pauvres. Pour conclure, nous ne reviendrons pas sur l'influence de l'âge estimé, puisque dans ce cas les estimations ont été réalisées de manière homogène. Le principal inconvénient est qu'il limite ici le nombre d'individus étudiés.

Les tendances mises en avant dans cette partie confirment ce qui a été démontré auparavant. Toutefois, l'absence de fiabilité des ces analyses (pas de signification biologique, effectifs restreints, limites méthodologiques) nous invitent à poursuivre notre raisonnement en ajoutant dans un premier temps un paramètre connu (ou du moins en partie) : les mensurations adultes.

II. LES ADULTES MIS EN JEU

1. DONNÉES BRUTES

a. Mise en œuvre

Une fraction des squelettes adultes (de préférence jeunes — moins de 30 ans —, d'effectifs égaux pour chaque sexe et non pathologiques) a été mesurée pour chaque collection du haut Moyen Âge (cf. chapitre 3 pour la description complète). Les mesures (moyennes par sexe) ont été introduites dans les profils de croissance squelettique, en donnant un âge moyen aux individus adultes de 25 ans. Il est évident que l'on ajoute ici une approximation, mais ces données sont surtout utilisées pour limiter la croissance dans le temps et créer une limite asymptotique. Les comparaisons inter-populations ont été réalisées de manière analogue à celles du paragraphe précédent : régressions multiples avec analyse des covariances sur l'homogénéité des pentes.

b. Résultats

Il est clair que les bornes imposées (dans le temps et dans les mensurations) au profil de croissance squelettique affine les résultats au niveau de l'ajustement des régressions. Ainsi, on retrouve les courbes à équation logarithmique : croissance rapide dans la première année de vie, puis continue jusqu'au plateau de croissance après la puberté (Hoppa 1992 ; Huxley 1924 ; Miles & Bulman 1994 ; Miles & Bulman 1995 ; Okazaki 2004). La Figure 33 illustre ce propos pour le périmètre en milieu de diaphyse du tibia.

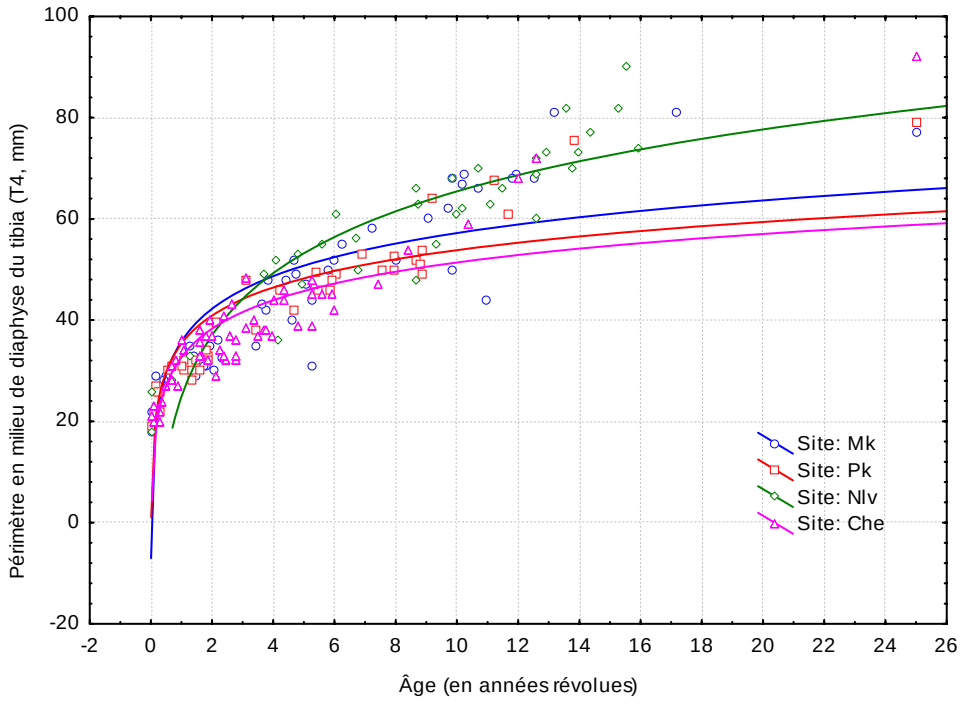


Figure 33 : Profil de croissance squelettique illustrant l'évolution du périmètre en milieu de diaphyse du tibia en fonction de l'âge, données adultes incluses, ajustement logarithmique.

L'ensemble des profils présente cette tendance. En ce qui concerne les comparaisons inter-populations, une influence du site a été enregistrée pour 13 mesures (cellules grisées dans le tableau ci-dessous).

Mesure	F	*p*	Mesure	F	*p*	Mesure	F	*P*
Md1	2,30	0,131	R5	0,61	0,433	F6	0,01	0,931
Md2	0,02	0,882	R6	0,05	0,823	F7	2,26	0,135
Md3	0,38	0,537	U1	6,67	0,011	T1	4,65	0,032
Md4	1,05	0,308	U2	0,35	0,551	T2	0,10	0,744
Md5	0,43	0,513	U3	0,14	0,699	T3	0,08	0,769
Clav1	1,91	0,169	U4	0,01	0,906	T4	0,01	0,936
Clav2	0,42	0,520	U5	1,47	0,227	T5	2,45	0,119
Clav3	0,99	0,319	Mc1	22,22	< 0,0001	T6	0,56	0,454
Clav4	0,81	0,367	Mc2	0,14	0,700	Fib1	7,20	0,009
H1	10,12	0,002	Isc1	0,12	0,727	Fib2	0,09	0,755
H2	0,04	0,827	Pub1	0,82	0,367	Fib3	3,34	0,071
H3	0,08	0,777	il1	1,95	0,165	Tal1	7,25	0,008
H4	0,28	0,594	il2	2,01	0,158	Tal2	6,48	0,012
H5	0,29	0,587	F1	3,94	0,063	Calca1	6,42	0,011
R1	4,85	0,029	F2	15,01	< 0,0001	Calca2	12,20	0,001
R2	1,16	0,281	F3	1,44	0,231	Mt1	19,55	< 0,0001
R3	1,35	0,246	F4	0,01	0,980	Mt2	8,85	0,003
R4	1,87	0,173	F5	0,49	0,483			

Tableau XX : Résultats des comparaisons inter-populations : F des analyses de covariance dans les régressions multiples et significativité associée (définition des mesures : p. 330 sqq.).

Il est remarquable que les différences enregistrées concernent majoritairement la longueur des os longs (H1, R1, U1, Mc1, T1 et Fib1) et les os du pied (Tal1 à Mt2). Toutefois il faut prendre ces résultats avec précaution puisqu'il est difficile d'avoir des analogies exactes entre les mensurations adultes et immatures, surtout dans le cas où les épiphyses ne sont pas soudées. Des problèmes d'effectif sont également à noter pour les mesures adultes suivantes : longueur de la mandibule (Md1), largeur de l'incisure mandibulaire (Md2), largeur de l'épiphyse distale du radius (R5), longueur maximale de l'ischium (Isc1), longueur maximale du pubis (Pub1) et largeur du premier métatarsien en milieu de diaphyse (Mt2). Ces résultats sont par conséquent à prendre avec précaution bien qu'ils semblent confirmer en partie ceux obtenus dans le chapitre 5 (différences localisées au niveau du membre inférieur). Les limites des analyses (influence des effectifs, covariances variables, etc.) sont prépondérantes vis-à-vis de la signification biologique des résultats. Encore une fois, nous ne pouvons départager réellement les populations par les profils de croissance squelettique.

2. POURCENTAGE D'ATTEINTE DU FORMAT

Afin de comparer des données uniformes, certains auteurs (Humphrey 2003 ; Mays *et al.* 2008) ont proposé d'utiliser les pourcentage d'atteinte du format adulte. Chaque mesure individuelle représente alors une donnée par rapport à l'ensemble de la population. Les résultats devraient par conséquent être moins biaisés.

a. Calcul des fréquences et comparaisons

Le pourcentage d'atteinte du format adulte a été calculé pour chaque mesure individuellement selon la relation suivante :

$$Fréquence\ (\%) = \frac{mesure_x}{moyenne_{adulte}} \times 100$$

où la moyenne des adultes est calculée sexes confondus. Les comparaisons ont été menées selon le schéma précédent, c'est-à-dire par l'analyse des covariances des sites dans les régressions multiples.

b. Résultats

Les profils de croissance squelettique obtenus sont proches des profils classiques répondant à un ajustement optimal polynomial, ce qui se retrouve dans de nombreuses études (Cardoso & Garcia 2009 ; Hummert & Van Gerven 1983 ; Jantz & Owsley 1984 ; Johnston 1962 ; Mensforth 1985 ; Saunders *et al.* 1993b ; Steyn & Henneberg 1996). À titre d'exemple, le profil de croissance squelettique, exprimé en termes de pourcentage d'atteinte du format adulte pour le périmètre en milieu de diaphyses de l'humérus est donné par la Figure 34.

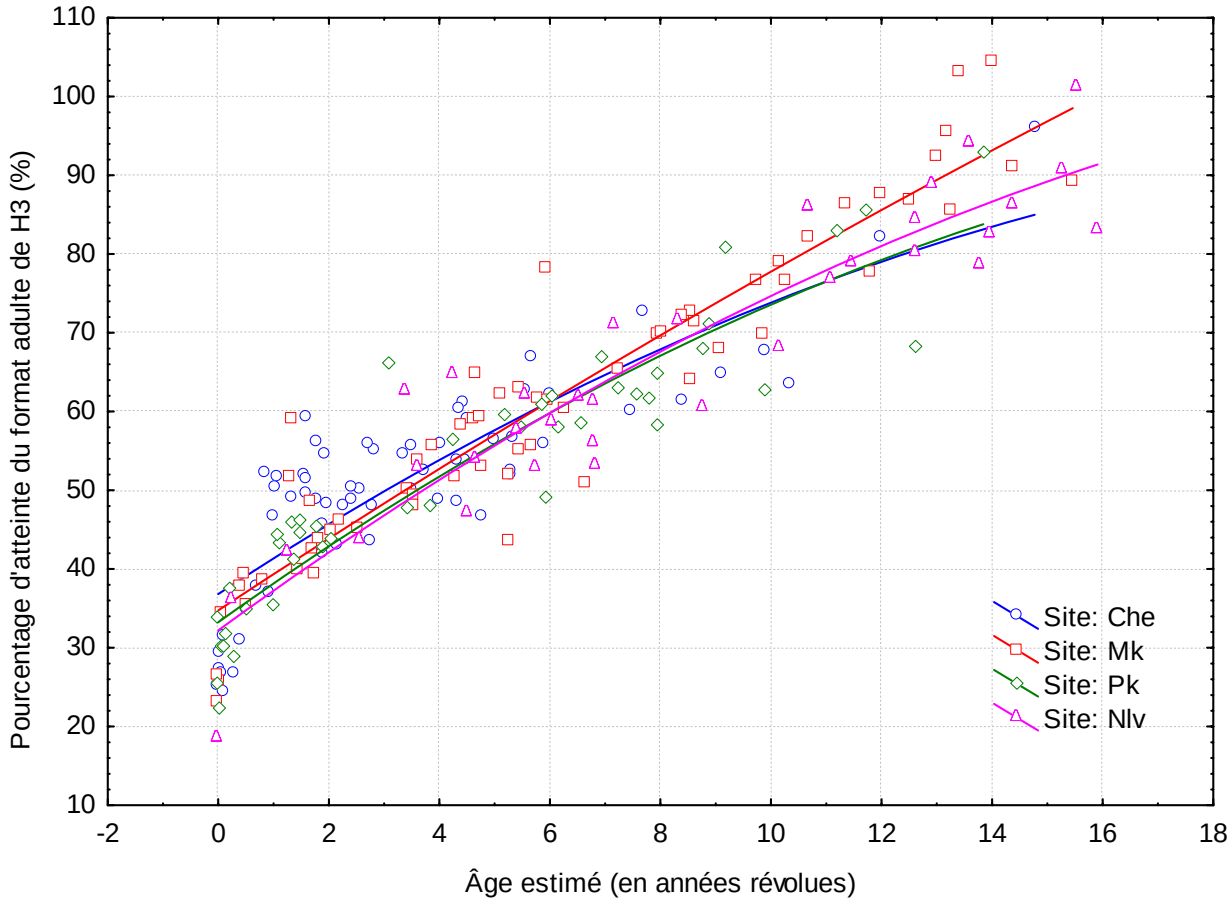


Figure 34 : Pourcentage d'atteinte du format adulte du périmètre au milieu de l'humérus (H3) en fonction de l'âge, ajustement polynomial.

L'influence du site est relevée pour 20 mesures. Intégrant les données adultes directement aux profils, on retrouve des différences similaires à celles obtenues par les courbes classiques mais en plus grand nombre (cf. tableau ci-dessous).

Mesure	F	*p*	Mesure	F	*p*	Mesure	F	*p*
Md1	/	/	R5	/	/	F6	8,84	0,003
Md2	/	/	R6	11,74	0,001	F7	25,83	< 0,0001
Md3	11,93	0,001	U1	0,10	0,748	T1	0,12	0,723
Md4	17,62	< 0,0001	U2	/	/	T2	8,05	0,005
Md5	7,69	0,006	U3	0,06	0,799	T3	0,002	0,960
Clav1	3,37	0,068	U4	0,89	0,348	T4	25,72	< 0,0001
Clav2	3,86	0,051	U5	0,38	0,541	T5	4,29	0,040
Clav3	0,38	0,929	Mc1	9,07	0,004	T6	43,86	< 0,0001
Clav4	2,60	0,111	Mc2	/	/	Fib1	0,91	0,343
H1	2,34	0,128	Isc1	/	/	Fib2	2,90	0,091
H2	0,79	0,375	Pub1	/	/	Fib3	2,14	0,150
H3	6,29	0,013	il1	/	/	Tal1	0,22	0,634
H4	13,47	0,001	il2	0,002	0,961	Tal2	0,01	0,913
H5	9,89	0,002	F1	1,41	0,237	Calca1	1,05	0,308
R1	5,19	0,025	F2	0,06	0,796	Calca2	0,10	0,751
R2	5,19	0,026	F3	11,52	0,001	Mt1	9,23	0,003
R3	0,01	0,892	F4	2,53	0,113	Mt2	/	/
R4	10,07	0,001	F5	8,59	0,004			

Tableau XXI : Résultats des comparaisons inter-populations du pourcentage d'atteinte du format adulte : F des analyses de covariance dans les régressions multiples et significativité associée (définition des mesures p. 330, sqq. ; / : données insuffisantes pour réaliser le test).

Les différences les plus marquées s'observent majoritairement sur des mesures de largeurs ou de périmètre (par exemple, diamètre transversal en milieu de diaphyse du radius (R4) ou encore le périmètre en milieu de diaphyse du tibia (T4)). Ces différences marquent en revanche autant le membre supérieur que le membre inférieur. L'interprétation en termes de croissance peut être établie comme suit :

- Au niveau de la mandibule, les enfants de Cherbourg atteignent plus précocement leur taille adulte.
- Les enfants moraves et plus particulièrement ceux de Mikulčice développent au niveau de la clavicule une robustesse accrue par rapport aux sujets francs.
- Quand les données étaient suffisantes pour réaliser les tests, on observe alors toujours la même tendance tant au niveau du membre supérieur qu'au niveau du membre inférieur. Le pourcentage d'atteinte du format est toujours plus élevé chez les individus moraves et si l'on classe ce pourcentage par ordre décroissant alors on a : Mikulčice > Prušánky > Norroy > Cherbourg.
- Les trajectoires de croissance sont très similaires quel que soit le site considéré, renforçant l'homogénéité des résultats obtenus et le peu de différences populationnelles relevées. La Figure 35 illustre ces trajectoires comparables.

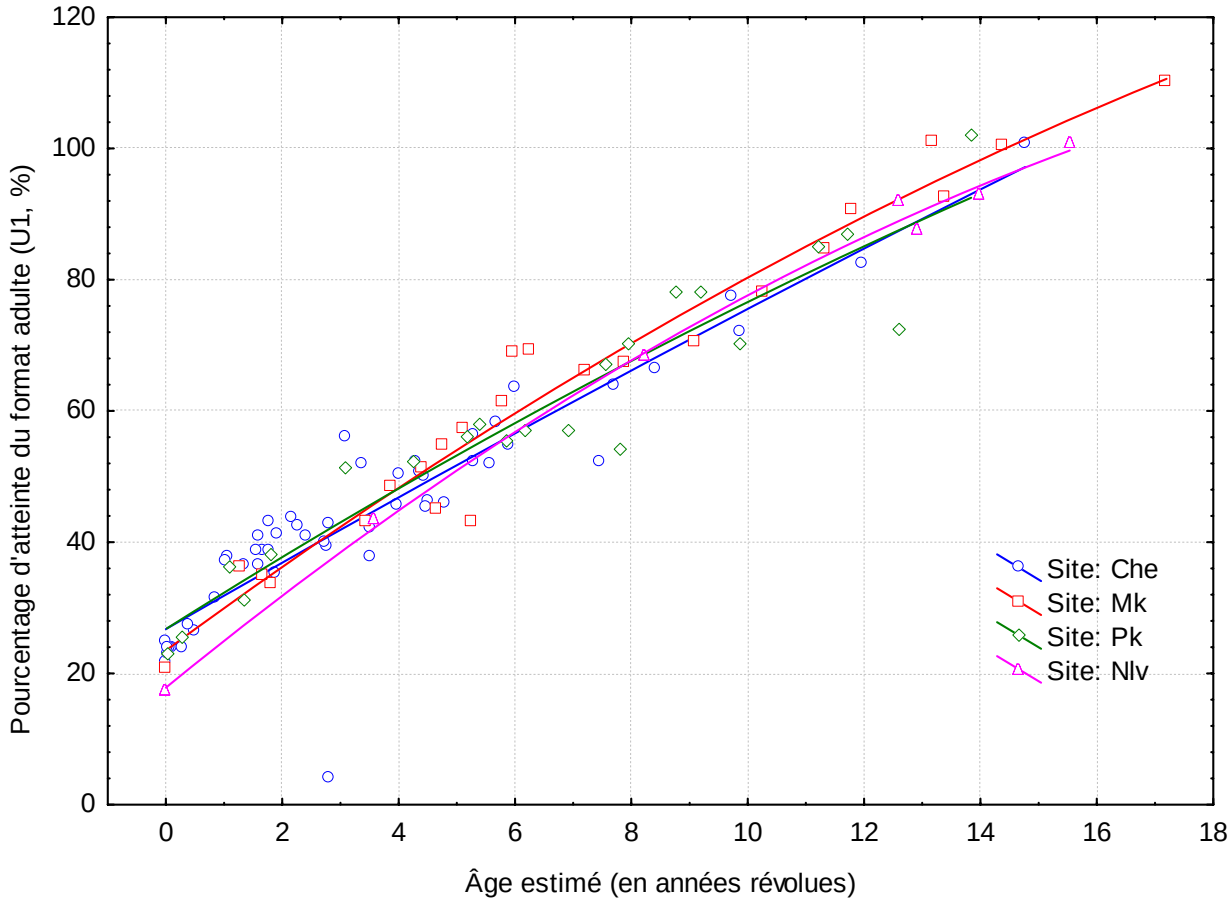


Figure 35 : Profil de croissance squelettique (% d'atteinte du format adulte pour la longueur de l'ulna en fonction de l'âge estimé), ajustement polynomial : proximité des trajectoires de croissance.

Cette dernière analyse permet de mettre en évidence des trajectoires de croissance comparables pour les 4 populations étudiées. Toutefois, des problèmes d'effectif persistent ainsi qu'une influence de la composition par âge des échantillons.

3. Apport du pourcentage d'atteinte du format et comparaisons

L'inclusion des données adultes dans les profils de croissance squelettique de populations archéologiques peut être un atout mais seulement sous certaines conditions. Si les données brutes sont ajoutées pour un âge donné (ce qui a été réalisé dans le §1), alors les approximations ne sont que renforcées et les limites inhérentes aux analyses de régression (influence des effectifs et composition des échantillons, comparaisons limitées aux analyses de covariance des régressions multiples, etc.) restent prépondérantes par rapport à la part informative des résultats. En revanche, le calcul du pourcentage d'atteinte du format adulte permet d'ajouter une information sous-jacente et pertinente dans le profil en limitant les approximations. Le peu de différence obtenu souligne l'homogénéité des trajectoires élaborées. L'interprétation de ces trajectoires doit toutefois rester limitée car le pouvoir informatif des analyses de régressions est faible et biaisé (Neter *et al.* 1990 ; Nicoletti 1970 ; Smith 1994 ; Strenio *et al.* 1983).

Une ultime comparaison inter-sites a été réalisée suite à ce constat, utilisant le profil résiduel publié par Humphrey (Humphrey 2003). Il s'agit de comparer les résidus du pourcentage d'atteinte du format adulte des populations étudiées par rapport à ceux d'une autre population. Pour notre part, il nous a semblé judicieux de prendre les individus de Mikulčice en tant que référence puisque cet échantillon regroupe le plus fort effectif et semble toujours atteindre plus précocement le format adulte que les autres (cf. §2). De plus, pour des raisons de fiabilité et d'homogénéité dans nos résultats, nous avons choisi de conserver les classes d'âge démographiques plutôt que d'effectuer les calculs avec les classes d'âge biennales préconisées. Ces trajectoires de croissance relative ont été réalisées pour chaque mesure comportant suffisamment de données pour être établies. A titre d'exemple, le diagramme ci-dessous représente l'évolution des résidus des sites par rapport au pourcentage d'atteinte du format adulte de Mikulčice, pour le diamètre en milieu de diaphyse de l'humérus (H3).

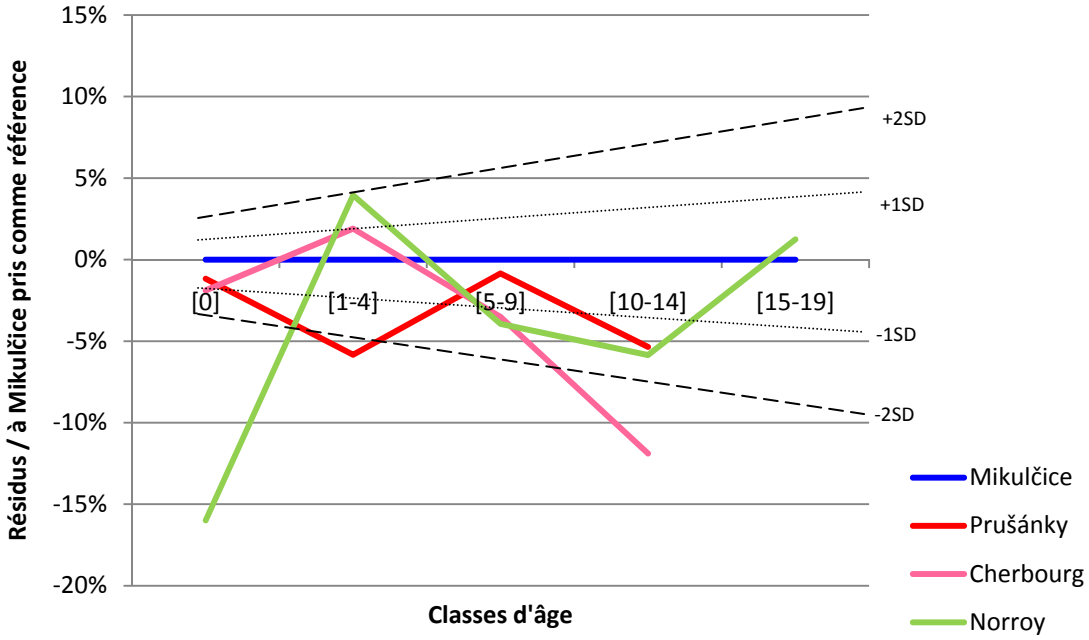


Figure 36 : Comparaison des trajectoires de croissance relative du diamètre en milieu de diaphyse (H3) des populations étudiées en fonction de celle de Mikulčice. Les écart-types pour la population de référence sont représentés par les droites en pointillets (±1SD) et en tirets (±2SD).

Nous observons, sur cette figure, que les trajectoires de croissance sont similaires pour les deux sites français et que, dans l'ensemble, le pourcentage d'atteinte du format adulte est inférieur à celui de Mikulčice. Toutefois, les individus de 1 à 4 ans semblent différer des autres sites par un pourcentage d'atteinte du format adulte plus élevé. Bien que moins parlant mais plus concis que les diagrammes, le tableau (ANNEXE A27, p. 382) référence tous les résidus obtenus pour l'ensemble des mesures prises en considération. Celui-ci confirme les résultats évoqués dans l'exemple ci-dessus. La plupart des résidus, quelle que soit la classe d'âge considérée, montrent un pourcentage d'atteinte du format adulte inférieur à celui de Mikulčice (cases grisées pour les résidus négatifs). En revanche, les sites français ne suivent pas toujours les mêmes trajectoires, tout dépend des mesures. Toutefois, les résidus s'inscrivent, la plupart du temps, dans l'intervalle de plus ou moins deux écart-types par rapport à la référence, ce qui montre que ces

différences sont réelles mais pas suffisantes pour pouvoir discriminer deux populations. Ce constat rejoint les analyses de profils de croissance squelettique démontrant, encore une fois, que l'évaluation de la croissance des populations du passé reste difficile et entachée de biais (Humphrey 2003). Cette dernière analyse permet d'apporter un complément d'information vis-à-vis du pourcentage d'atteinte du format adulte dans les profils de croissance squelettique. Cependant, fondés sur des moyennes, les calculs de résidus sont très dépendants des effectifs par classe d'âge et donc, encore une fois, de la composition des échantillons. N'existe-t-il donc aucun moyen d'évaluer des modalités de croissance à partir de populations archéologiques ?

III. LES COURBES FRACTIONNÉES, APPORT INFORMATIF OU RÉSULTAT STATISTIQUE ?

Au vu de ces résultats décevants, nous avons tenté de mettre à profit les conclusions du chapitre 5, c'est-à-dire de voir dans quelle mesure les phases de croissances mises en évidence par les relations d'allométrie peuvent se retrouver à partir des profils de croissance squelettique. Cette troisième partie illustre la suite de cette idée.

1. Modèle mathématique et fondements statistiques

Les profils de croissance squelettique (peu importe l'ajustement choisi) montrent clairement différentes phases, séparées par une rupture entre les données en fonction de l'âge, qu'il est possible de détecter à l'œil nu. La Figure 37 illustre ce propos.

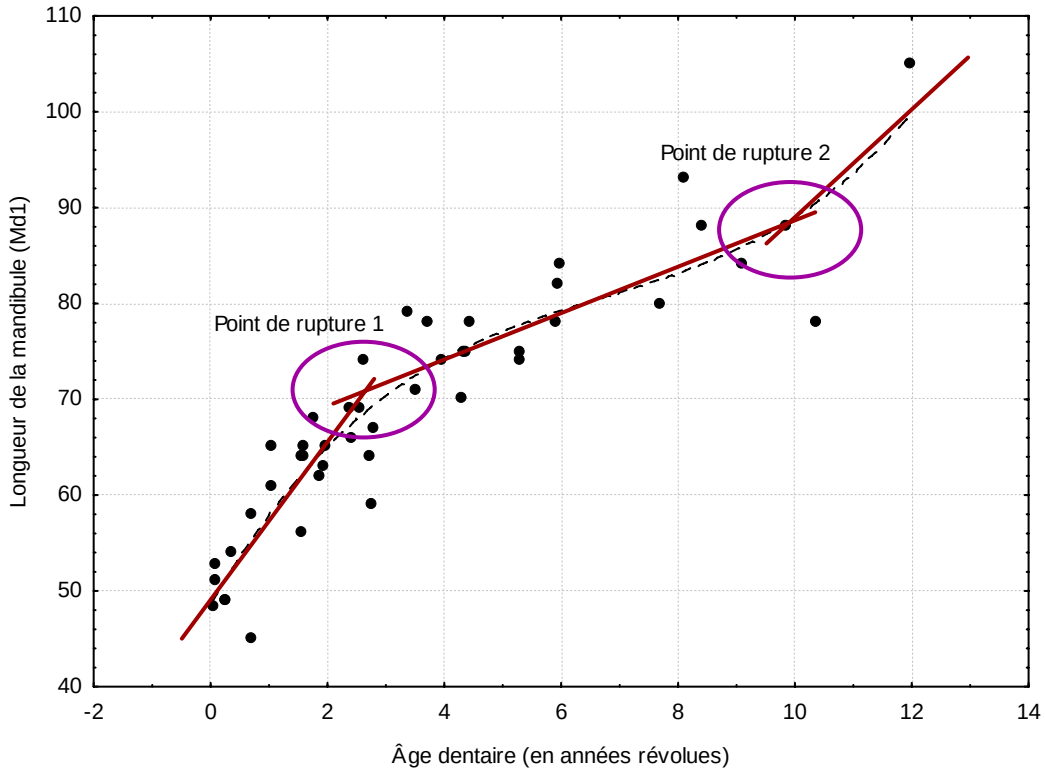


Figure 37 : Profil de croissance squelettique (Md1 en fonction de l'âge dentaire) pour les individus de Cherbourg. Approximation visuelle des différentes phases de croissance.

Est-il possible de caractériser mathématiquement ces différentes phases de croissance ? Le logiciel Statistica® v. 7.1 propose des modèles de régression linéaire par segment. En utilisant les moindres carrés, le programme va estimer le modèle suivant :

$y = (b_{01} + b_{11} * x_1 + ... + b_{m1} * x_m) * (y \leq b_n) + (b_{02} + b_{12} * x_1 + ... + b_{m2} * x_m) * (y > b_n)$ (nomenclature de programmation Statistica)

correspondant à deux équations de régressions linéaires séparées. La première pour les valeurs de *y* inférieures ou égales au point de rupture (*b0*) et une seconde pour les valeurs de *y* supérieures à ce point de rupture. Le point de rupture est donc calculé à partir de la variable dépendante (*y* qui correspond à une mesure sur le profil). Or nous voulons obtenir des points de rupture au niveau de la variable indépendante (l'âge). De plus, dans la plupart des cas, il existe plusieurs points de rupture (du moins visuellement) et le programme n'en calcule qu'un seul.

Nous avons donc personnalisé la régression (onglet personnalisation/fonction de perte dans « estimations non-linéaires ») en spécifiant le nombre de points de rupture désiré (2) ainsi que la relation ci-dessus modifiée en :

$y = [(b_{01} + b_{11} * x_1 + ... + b_{m1} * x_m) * (x \leq \text{point de rupture 1}) + (b_{02} + b_{12} * x_1 + ... + b_{m2} * x_m) * (x > \text{point de rupture 1})] + [(b_{02} + b_{12} * x_1 + ... + b_{m2} * x_m) * (x \leq \text{point de rupture 2}) + (b_{03} + b_{13} * x_1 + ... + b_{m3} * x_m) * (x > \text{point de rupture2})$

Pour chaque modélisation, les résultats présentent la variance expliquée, le coefficient de corrélation, les valeurs des deux points de rupture et la significativité statistique du modèle (différence entre les trois pentes obtenues via un test ANCOVA d'homogénéité des pentes, inclus dans le logiciel).

2. UNE INFORMATION FIABLE ? RÉSULTATS

Les points de rupture obtenus pour l'ensemble des mesures par site étudié et les statistiques associées sont reportés en annexe (ANNEXES A28 à A31, p. 383 à 389). Bien que deux points de rupture aient été spécifiés dans la modélisation (les effectifs auraient été insuffisants si d'autres points avaient été ajoutés), tous les profils ne se comportent pas de la même façon :

- Les profils sans point de rupture : ces profils correspondent majoritairement aux longueurs des os longs. Répondant à une relation linéaire à l'âge, aucun groupe n'a pu être spécifié pour la plupart des relations incluant les longueurs de l'humérus (H1), du radius (R1) et de l'ulna (U1) ainsi que celles du fémur (F1), du tibia (T1) et de la fibula (Fib1). D'autres profils ne présentent pas de point de rupture (par exemple ceux incluant le premier métacarpien et l'os coxal à Norroy), mais cette absence de résultat est due à un manque d'effectif pour réaliser la modélisation.
- Les profils à un seul point de rupture : en général, le premier point de rupture n'est pas spécifié car la relation est linéaire ou il manque des individus pour former des classes. Le modèle attribue alors un second point de rupture soit aux alentours de la puberté (souvent après 10 ans) soit vers la fin de la croissance (> 15 ans) au moment de l'aplanissement de la courbe (arrivée à l'asymptote supérieure). Le modèle est souvent non significatif ($p > 0,05$) car il n'y a pas suffisamment d'hétérogénéité dans les pentes établies. Il existe quelques cas ou un seul point de rupture précoce est mis en avant, par

exemple pour la largeur bigoniaque à Norroy (Md5), mais les résultats ne sont pas significatifs souvent pour des causes d'effectifs.

- Enfin, les profils à deux points de rupture : il est remarquable que les profils statistiquement significatifs correspondent la plupart du temps aux estimations à l'œil (cf. §1). En effet, le premier point de rupture s'inscrit entre 0,5 et 4 ans, correspondant à la fin de la phase de croissance infantile caractérisée par sa rapidité et son homogénéité, quelle que soit la partie anatomique considérée. Si les tout-petits ne sont pas représentés en nombre suffisant, alors le premier point de rupture est décalé vers la fin de l'enfance (8-10 ans) mais ces cas sont rares (exemple : périmètre en milieu de clavicule (Clav3) à Mikulčice). Cette description correspond dans l'ensemble au second point de rupture qui signe soit une reprise de croissance rapide à l'adolescence (10-14 ans) soit la fin de la croissance telle qu'elle a été décrite dans le second point.

En termes de comparaisons inter-populations, bien que ces points varient d'une population à l'autre (bien souvent en raison de la composition par âge des échantillons), aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été mise en avant par les tests classiques (test T de Student et F de Fisher pour des variables indépendantes sur les points de ruptures par mesure). Cette analyse n'est donc pas utile dans la problématique d'identification des populations mais plutôt dans la caractérisation de phénomènes biologiques à partir de populations archéologiques. Les régressions par segment sont un outil inédit dans l'étude de la croissance des populations du passé et apportent des résultats novateurs et prometteurs. Mais, avant toute interprétation et conclusions, examinons la pertinence de ceux-ci.

3. IMPORTANCE DES INDIVIDUS DE MOINS DE DEUX ANS

Les résultats et la significativité du premier point de rupture reposent en grande partie sur les effectifs et la variabilité des mesures pour les enfants en bas âge. Les bébés de moins de un an, créent la première partie de la courbe (ici du profil) répondant à une croissance rapide (Bogin 1999 ; Gowland & Chamberlain 2002 ; Guihard-Costa 1993 ; Guihard-Costa & Ramirez Rozzi 2004 ; Pineau *et al.* 2003). Plus particulièrement dans les profils étudiés, le premier point de rupture se situe aux alentours de 2 ans, mais peut s'étendre jusqu'à 4 ans lorsque les effectifs sont faibles. La pertinence des résultats repose donc en grande partie sur les individus appartenant à la classe infantile. Ce constat avait déjà été fait mais pour d'autres analyses, notamment pour l'estimation de l'âge au décès ou encore dans les courbes de mortalité et l'analyse du recrutement (Adalian *et al.* 2002 ; Bruzek *et al.* 1997 ; Sellier *et al.* 1997a, b). Encore une fois, considérer l'ensemble des individus est primordial et les plus petits, bien que leur représentativité soit souvent limitée (Saunders & Barrans 1999), sont une source potentielle d'information non négligeable.

On pourrait donc, à partir d'un échantillon transversal mais représentant une population naturelle, retrouver les différentes phases de croissance classiquement décrites en auxologie du vivant (Bogin 1999 ; Lampl 1993 ; Ulijaszek *et al.* 1998). L'importance des individus de moins de deux ans dans les populations archéologiques est donc essentielle. Cette nouvelle analyse met une seconde fois en relief le potentiel des populations archéologiques (quoique nécessairement biaisées, au risque de se répéter) à porter des informations biologiques.

4. INFORMATION BIOLOGIQUE OU RÉSULTAT STATISTIQUE ?

Les résultats des courbes fractionnées encouragent à approfondir les interprétations biologiques. Toutefois, celles-ci sont fondées sur des modèles purement mathématiques (Pollard 1973) et les auteurs se questionnent depuis fort longtemps sur la réalité biologique de ces modèles (Huxley 1924 ; Needham 1932). Les hypothèses mathématiques ne correspondent pas nécessairement à une modalité biologique et il faut veiller à ne pas dépasser les limites de la modélisation d'un phénomène biologique (Elston *et al.* 2005 ; Suppes 1960). Sans aller aussi loin dans les concepts mathématiques, d'autres auteurs ont même discuté de l'abus de l'utilisation des statistiques en biologie (Rashevsky 1954 ; Yoccoz 1991).

A notre avis, il est primordial de valider nos résultats en termes statistiques (Chenorkian 1996), sans toutefois tomber dans les abus qui ont pu être soulignés (Brauer & Castillo-Chávez 2001). Dans les congrès internationaux, on assiste à une envolée des modélisations mathématiques en anthropologie (Boldsen 2009 ; Konigsberg & Frankenberg 2009). Mais n'arrivons-nous pas à la limite imposée par le matériel lui-même ? La question reste ouverte et les avis divergent.

Pour conclure sur cette nouvelle approche des profils de croissance squelettique, les régressions par segment permettent de confirmer les grandes phases de croissance déjà mises en évidence dans le chapitre 5 par les relations d'allométrie : une première phase de croissance rapide (Guihard-Costa & Ramirez Rozzi 2004 ; Lampl 1993) avant deux ans (mais le premier point de rupture est influencé par la représentativité des effectifs à ces âges), voire jusqu'à 4 ans pour certaines mensurations ; une phase de croissance plus modérée qui s'écoule jusqu'à la pré-puberté (8-10 ans) ; et enfin une reprise de croissance rapide à la puberté, même si celle-ci ne peut clairement être définie (Coleman & Coleman 2002 ; Legge 2005 ; Mitani & Sato 1992). Rappelons néanmoins que ces résultats reposent sur des analyses de régression (et les biais associés maintes fois mentionnés) ainsi que sur l'âge estimé (nul besoin de rappeler ses limites). Malgré tout, ils confirment le potentiel informatif des populations archéologiques en termes de modalités biologiques. Toutefois, ces résultats, bien que statistiquement significatifs et fiables, reposent uniquement sur des modèles mathématiques. Il faudrait pouvoir les confirmer à partir d'une population actuelle et/ou un échantillon moins biaisé et aux modalités de croissance connues. Cette perspective peut apporter une réponse supplémentaire quant au devenir de l'auxologie et par extension de la paléoauxologie.

IV. DES TRAJECTOIRES DE CROISSANCE POPULATIONNELLES COMPARABLES

Nous venons de montrer toutes les limites des profils de croissance squelettique. Or est-il seulement possible de faire mieux ? Cette quatrième partie reprend chacune d'elles et tente d'apporter une solution plus fiable bien que notre pessimisme reste prépondérant quant à la paléoauxologie.

1. DES DONNÉES À ÉPURER

La première étape consiste à épurer les données, c'est-à-dire à tenter de limiter les biais d'échantillonnage et les biais méthodologiques de l'estimation de l'âge au décès.

a. Les stades de minéralisation dentaire : un « âge » moins biaisé

Les profils de croissance squelettique utilisent invariablement des âges moyens. Dans le meilleur des cas, il s'agit d'âges dentaires estimés de manière homogène (comme dans nos analyses) ; dans le pire d'âges sont obtenus *via* X méthodes relatives à l'âge dentaire et à l'âge squelettique.

Or à chaque âge correspond, en réalité, un intervalle qui ajoute une erreur type au profil classique. Nous souhaitions éliminer le facteur âge estimé, afin de comparer des mensurations comparables. La minéralisation dentaire et les stades de chaque dent pourraient être un outil utilisé à cet effet.

Comparer ce qui est comparable

Pour résoudre cet aspect méthodologique, nous avons choisi de travailler avec les séquences de minéralisation dentaire. Une séquence de minéralisation dentaire est définie dans ce cadre comme le regroupement des stades de minéralisation des dents préservées pour un individu. Ces séquences sont très complexes si on prend l'intégralité des dentures et des dentitions (Heuzé 2004). Pour des raisons de commodité nous nous sommes intéressée uniquement à sept dents permanentes mandibulaires :

- Premièrement, la cotation des stades de minéralisation se fait sur radiographies. Or la mandibule peut être orientée de manière à ce que le cliché ne montre pas de chevauchement entre les côtés droits et gauche. Les radiographies de maxillaire restent beaucoup moins lisibles. De plus, l'estimation de l'âge dentaire nécessitait déjà des radiographies des mandibules.
- La troisième molaire n'a pas été prise en compte car sa minéralisation, tardive et fluctuante, ne permet pas son intégration dans un groupe d'individus homogène.
- Enfin les côtés droits et gauches ne présentent statistiquement pas de différence de minéralisation pour un même individu. Un stade commun a donc été retenu dans le cas où les deux dents étaient préservées.

Pour que les comparaisons aient un sens plus biologique, les regroupements d'individus doivent suivre la chronologie générale du développement dentaire (Kent *et al.* 1978 ; Scheuer & Black 2000b). A la naissance, tous les germes des dents déciduales ont débuté leur minéralisation ainsi que la première molaire permanente et, le plus souvent, les deux incisives centrales inférieures. Aux alentours de 3 ans, toutes les déciduales sont émergées, leur racine est complète. Viennent ensuite deux étapes pour les dents permanentes : l'émergence de la première molaire et des deux incisives (ici toujours pour les dents mandibulaires), suivie d'une période de relative stabilité où la minéralisation des autres dents se poursuit. Enfin, vers 10-12 ans, les canines, prémolaires et deuxièmes molaires émergent. Leur ordre dépend des individus et des populations.

Outre la nécessité de connaître des âges relativement précis pour nos individus, cette chronologie souffre d'autres limites auxquelles il faut penser dans la mise en place de nos regroupements. Il existe une dépendance forte dans le développement des dents (que nous tirerons à notre avantage pour les dents manquantes) (Heuzé 2004). Les retards ou précocités entre les dents sont donc intimement liés. Ensuite de nombreux facteurs influencent la croissance et l'éruption dentaire (Liversidge *et al.* 1998). Si l'influence du sexe est variable selon les études (Black 1978 ; Cardoso 2008b ; Hunt & Gleiser 1955 ; Saunders *et al.* 2007), l'influence

de la population est tout de même reconnue (Cardoso 2005 ; Liversidge *et al.* 2003 ; Liversidge *et al.* 1999). Les individus présentant par conséquent un retard, une précocité ou toute anomalie du développement dentaire seront écartés des regroupements et des comparaisons. En ce qui concerne le sexe, nous n'avons pas le choix et devons travailler avec l'ensemble des individus (cf. chapitre 4).

Mise en place de l'outil

La mise en place des séquences de minéralisation dentaire et leur regroupement s'est effectué en deux temps :

Dans un premier temps, les stades de minéralisation de Moorrees *et al.* (1963a, b) ont constitué la base de la séquence. Or nous avons vu, lors de l'évaluation des erreurs intra- et inter-observateurs, que certains stades étaient peu différenciables de ceux juste en amont ou juste en aval du stade effectif (par exemple : Crc et Cli). De plus, garder pour chaque dent l'ensemble des 13 stades définis conférait aux séquences une trop grande complexité et un trop grand nombre de combinaisons à prendre en considération (même si le stade de développement d'une dent à l'autre est très corrélé). Les 13 stades de Moorrees *et al.* ont donc été regroupés selon les grandes étapes de la minéralisation dentaire (Saunders *et al.* 2000) :

- Phase précoce du développement de la couronne : Ci à Cr1/2. Le code retenu est 1.
- Développement de la couronne : Cr3/4 à Cli. Le code utilisé est 2.
- Initiation du développement de la racine : Ri et R1/4 correspondent au code 3.
- Développement de la racine correspondant à l'émergence[16] anatomique de la dent, même si celle-ci fluctue (Scheuer & Black 2000b : p.151) : R1/2 à Rc sont regroupés en code 4.
- Fin du développement dentaire : le code 5 est utilisé pour les apex des racines en fin de formation (A1/2 et Ac).
- Note : le code 0 est retenu pour les dents manquantes.

Nous obtenons donc une série de 7 chiffres par individu.

Ex. Individu de la sépulture 1754 de Mikulčice :

Dent	I_1	I_2	C	P_3	P_4	M_1	M_2
Stade de Moorrees	Abs	R1/2	R1/4	R1/4	R1/4	Rc	Ri
Code correspondant	0	4	3	3	3	4	3

Tableau XXII : Exemple de constitution de séquence de minéralisation dentaire pour l'individu de la sépulture n° 1754 de Mikulčice (Abs. est donné pour dent absente).

Ce type de codage donne un grand nombre de possibilités de séquence (par exemple 88 séquences différentes comptabilisées pour les 119 individus possédant des dents à Mikulčice)

[16] La distinction entre **émergence** et **éruption** dentaire doit être spécifiée ici et prend toute son importance. L'émergence est un **phénomène ponctuel** correspondant à l'apparition de la dent dans la cavité buccale. On distingue l'émergence **clinique** où la dent perce la gencive de l'émergence **anatomique** où la dent traverse l'os alvéolaire. L'éruption correspond à un **phénomène continu** du déplacement d'une dent à l'intérieur puis à l'extérieur de l'os alvéolaire au cours de sa minéralisation puis de sa vie (Lautrou 1998).

qui rend les comparaisons sont donc impossibles. Dans un second temps, les séquences de minéralisation dentaire ont donc dues être regroupées. Un groupe se doit d'être homogène tout en gardant une signification biologique. Or le développement dentaire fonctionne par type de dent. Si l'on s'en tient aux dents permanentes mandibulaires, la première molaire et les deux incisives fonctionnent en parallèle. Viennent ensuite les canines et les prémolaires. Enfin, la deuxième molaire possède le développement le plus tardif (sans compter la troisième molaire, non prise en considération ici) mais se greffe au développement du second groupe (canine-prémolaires). Les phases de développement citées en début de paragraphe ont été préservées, ce qui nous a conduite à regrouper nos séquences en 6 classes :

- **Groupe 1 :** de la formation à l'émergence de l'ensemble des dents déciduales. Les couronnes des dents permanentes initient leur minéralisation, les incisives et la première molaire voient leur couronne dans la seconde phase de développement.
- **Groupe 2 :** phase de latence des dents déciduales, avant l'émergence des permanentes. Les incisives et premières molaires complètent la minéralisation des couronnes alors que les autres dents postérieures et la canine continuent progressivement leur formation.
- **Groupe 3 :** correspond à la dentition mixte. Les premières déciduales sont remplacées par les incisives et la première molaire émerge. C'est la première phase d'émergence des dents définitives.
- **Groupe 4 :** période de stabilité où les racines des dents permanentes du premier groupe complètent leur formation alors que celles du second groupe sont tout juste initialisées.
- **Groupe 5 :** seconde phase d'émergence des dents permanentes pour les canines, prémolaires et deuxièmes molaires.
- **Groupe 6 :** achèvement de la dentition (hors troisième molaire). Fin de minéralisation des racines pour l'ensemble de la denture.

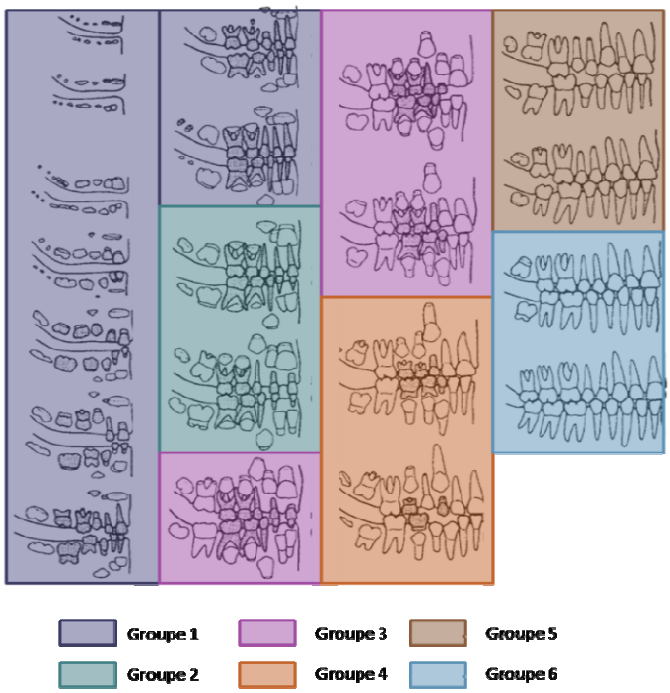


Figure 38 : Représentation des groupes établis en fonction des stades de minéralisation dentaire (d'après Ubelaker 1978).

Le Tableau XXIII résume les codes associés pour chaque dent par groupe.

	I1	I2	M1	C	P3	P4	M2
Groupe 1	1 (2 max.)	1 (2 max.)	1 (2 max.)	1	1	1	1
Groupe 2	2 (3)	2 (3)	2 (3)	1 (2)	1 (2)	1 (2)	1
Groupe 3	3 (4)	3 (4)	3 (4)	2 (3)	2	2	1 (2)
Groupe 4	(3) 4	(3) 4	(3) 4	(2) 3	(2) 3	(2) 3	2 (3)
Groupe 5	4 (5)	4 (5)	4 (5)	4 (3)	4 (3)	4 (3)	3 (4)
Groupe 6	5	5	5	5 (4)	5 (4)	5 (4)	4 (5)

Tableau XXIII : Critères de classification des stades de minéralisation dentaire, par dent et par groupe. Les codes entre parenthèses représentent les options possibles dues à la variabilité du développement dentaire.

Il est particulièrement difficile de catégoriser un phénomène continu et des problèmes de chevauchement entre les classes apparaîtront nécessairement. Afin de minimiser le problème, l'appartenance au groupe a été calculée par une probabilité bayésienne (cf. probabilités - Théorème de Bayes, ANNEXE A32, p. 389) en fonction des 7 dents. La probabilité maximale correspond au groupe retenu.

Trois problèmes et limitations majeurs se posent quand on considère les séquences définies ci-dessus :

- Premièrement, les individus possédant uniquement des dents déciduales et/ou des dents de l'arcade supérieure sont exclus de l'analyse. Dans notre cas, cet effectif est faible (18 individus sur l'ensemble des 4 collections n'ont pas été comptabilisés, ce qui n'a que peu influencé les analyses. Mais ce biais est à prendre en considération.
- Deuxièmement, il faut gérer les lacunes (« Abs »). En effet, quel aurait été le code de la dent manquante ? Le théorème de Bayes répond à ce problème en calculant une probabilité *a posteriori* uniquement pour les données présentes (cf. encart probabilités – Théorème de Bayes).
- Troisièmement, les individus pour lesquels la dentition est définitive. En général, ces individus n'ont pas fait l'objet de radiographies. Ces cas ont été informatisés dans la base de données manuellement, en les catégorisant dans le groupe 6.

Cette classification en séquences de minéralisation dentaire puis par groupe a été possible grâce au développement en langage Visual Basic d'une macro Microsoft® Excel (Garcin 2006). Les séquences de minéralisation dentaire ainsi que les groupes correspondants ont permis d'étayer les analyses des hypoplasies de l'émail dentaire et des lésions carieuses au niveau intra- puis inter-populations.

L'inconvénient, pour les profils de croissance squelettique, est que nous passons à une échelle catégorielle au lieu de la variable continue qu'est l'âge moyen. Le raisonnement est simple. Au lieu de comparer les trajectoires de croissance de manière continue, examinons d'ores et déjà ce qui se produit pour chaque séquence ; et en fonction de la pertinence des résultats, lions (ou non) ces différents stades. Les individus n'ayant pas de dents sont écartés des analyses ; les effectifs sont réduits mais ont l'avantage de comparer des groupes biologiquement homogènes. Les analyses s'affranchissent de l'âge estimé et se fondent donc uniquement sur la variabilité intra- et inter-populations.

b. La variabilité intra-population prise en considération

Un diagramme représentant l'étendue de la mesure en fonction des séquences de minéralisation dentaire est réalisé pour chaque mesure. Il exprime la variabilité de la mesure dans chaque population. La figure 39 illustre l'exemple pour la largeur du premier métatarsien.

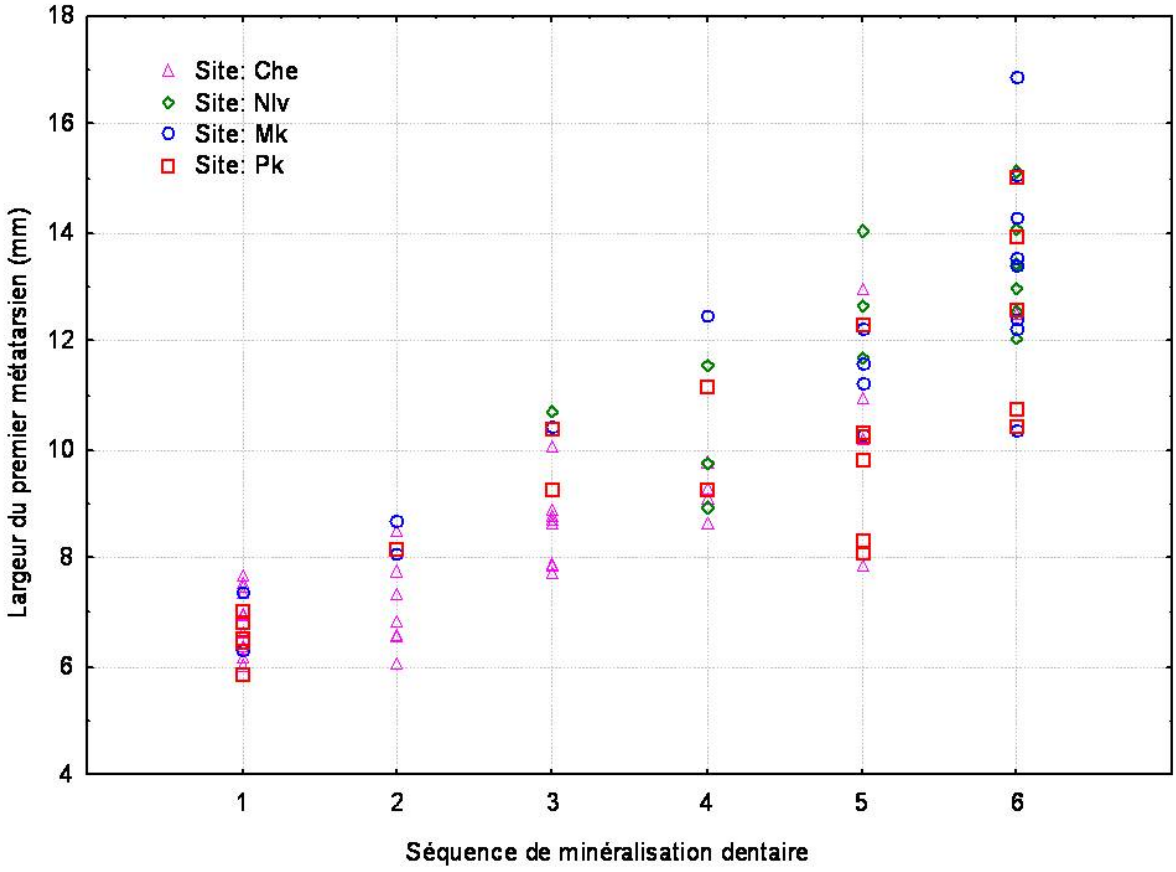


Figure 39 : Variabilité intra-population de la largeur du premier métatarsien à chaque séquence de minéralisation dentaire.

Avec cette présentation, on n'a aucune indication sur la variabilité inter-population. On raisonne alors avec des boîtes à moustaches (Figure 40), qui donnent les moyennes, écart-types et erreurs-types, pour chaque séquence et par site.

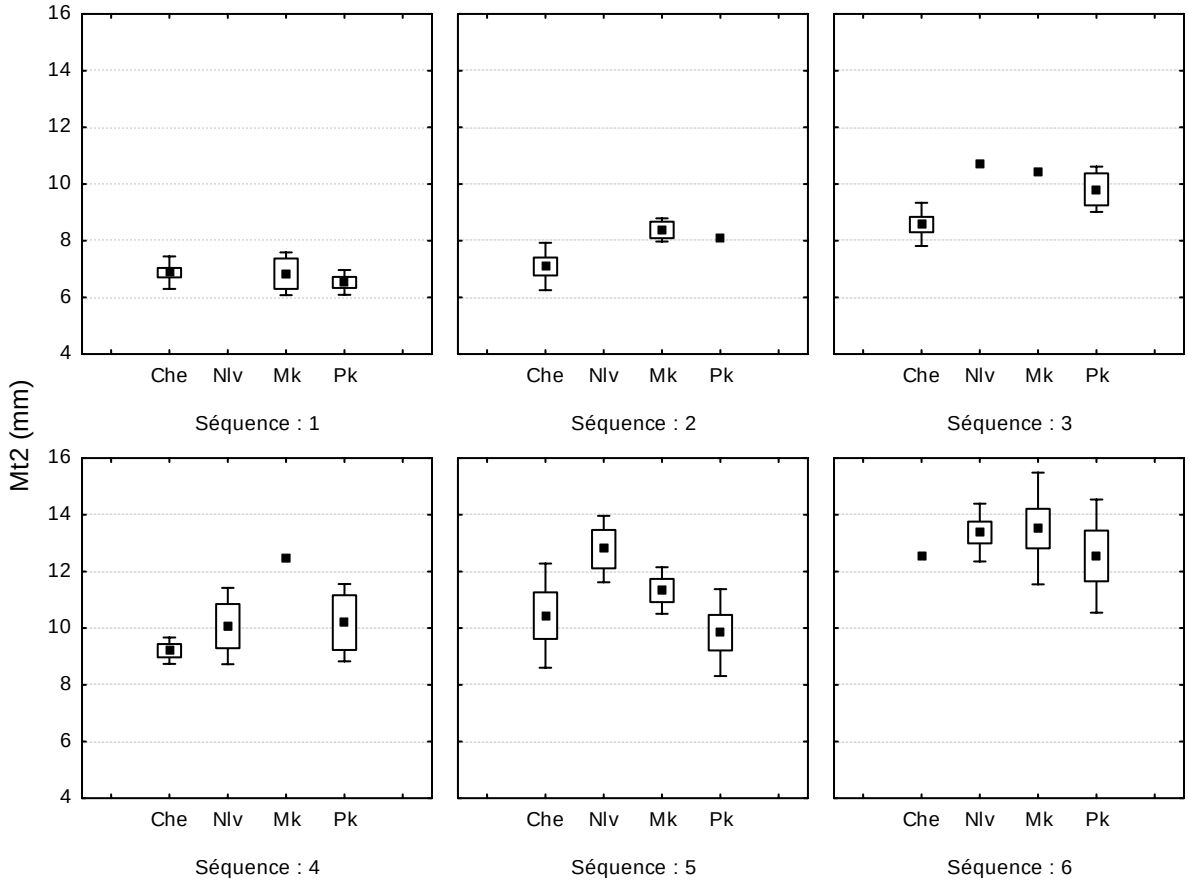


Figure 40 : Variabilité inter-populations de la largeur du premier métatarsien (Mt2) à chaque stade de minéralisation dentaire, en fonction du site (Moyenne ; boîtes = erreur-type ; moustaches = écart-type).

Il serait aisé de comparer de nouveau les variabilités intra- et inter-populations comme dans le chapitre 5, mais là n'est pas notre but. Nous souhaitons trouver un moyen plus fiable dans l'optique de comparer des trajectoires de croissance plutôt que des données brutes. Cette première approche montre clairement que tous les sites ne présentent pas toujours des données à tous les stades (par exemple, stade 1 vide à Norroy, sur la Figure 40 ci-dessus). On revient donc à notre problème d'effectif et de distribution des échantillons selon les stades. Dès lors, une comparaison fiable est-elle possible ? Toutefois, pour un même stade dentaire, la variabilité intra-population est prise en considération. Le travail n'est plus réalisé à partir d'une mesure mais à partir de l'ensemble de celles-ci à un stade donné. Nous sommes donc à l'échelle de la population, non plus de l'individu.

De même que les profils de croissance squelettique sont réalisés avec les données brutes, sans nécessairement comptabiliser les erreurs-types, ni la variabilité intra-population (variance, écart-type), nous souhaitons modéliser, en fonction de ces variabilités pour chaque stade, les transitions permettant de passer d'un stade à l'autre et ainsi obtenir des trajectoires de croissance populationnelle, affranchies des biais d'échantillonnage (dans une certaine mesure) et des biais méthodologiques (âge estimé et analyses de régressions). Pour ce, différents modèles statistiques existent et ont déjà été utilisés (Aykroyd *et al.* 1999 ; Boldsen *et al.* 2002 ; Konigsberg & Frankenberg 2009 ; Konigsberg *et al.* 1997 ; Konigsberg & Herrmann 2002). Mais

quelle est la signification de tels modèles ? Le paragraphe ci-dessous discute de l'analyse de transition (Boldsen *et al.* 2002).

2. LIMITES MATHÉMATIQUES, PERSPECTIVES BIOLOGIQUES

Ce second paragraphe étudie la pertinence d'un modèle mathématique à des fins de biologie descriptive. Afin de simuler les stades de transition d'un stade dentaire à l'autre, nous souhaitons utiliser l'analyse de Boldsen *et al.* (2002) qui proposent un protocole méthodologique à cet effet même si, pour sa part, il concerne l'âge au décès des adultes dans une perspective de reconstruction paléodémographique. Pour faire simple, les auteurs modélisent le passage d'un stade de sénescence à l'autre par un calcul de densité de probabilité. Nous transposons le stade de sénescence en stade de minéralisation dentaire. Mais est-ce aussi évident ?

a. Modélisations : pertes ou gain d'information ?

Les modèles et simulations mathématiques ont un intérêt particulier dans nos disciplines car ils permettent à la fois de décrire un phénomène biologique mais également de combler, la plupart du temps, nos données lacunaires et hétéroclites. Toutefois, est-il judicieux de les utiliser couramment sans se préoccuper de leur réelle signification ? Au vu des dernières publications et présentations, le recours aux statistiques complexes et autres mises en œuvre mathématiques semble avoir le vent en poupe en anthropologie biologique (Aykroyd *et al.* 1999 ; Bocquet-Appel 2008 ; Kemkes-Grottenthaler 2005 ; Konigsberg & Frankenberg 2009). Or, nous ne sommes pas mathématiciens et les chiffres impressionnent toujours. Pourtant, selon le problème envisagé, le traitement le plus approprié n'est pas nécessairement celui que l'on croit, et les trajectoires de croissance en offrent un très bel exemple. Donc, avant d'exposer l'analyse de transition en elle-même, revenons à nos comparaisons et élaborons un plan méthodologique.

(1) Que voulons-nous réaliser ? Nous voulons comparer les modalités de croissance de nos 4 populations moraves de manière fiable.
(2) Que souhaitons-nous obtenir ? Les profils de croissance squelettique sont réellement biaisés par trois principaux facteurs : l'âge au décès estimé, la composition de l'échantillon et sa répartition par âge. Nous souhaitons construire d'autres courbes représentant plutôt des trajectoires de croissance populationnelles plutôt que des profils de distribution de données individuelles. Le facteur âge est remplacé par les séquences de minéralisation dentaire, biologiquement informatives et moins biaisées. Les données individuelles sont évaluées en termes de variabilité intra- et inter-populations.
(3) Quel est l'apport informatif des données à chaque stade dentaire ? Ce troisième point mérite une analyse détaillée.

Pour chaque séquence de minéralisation dentaire et chaque mesure, chaque site regroupe un certain nombre d'individus variant de l'un à l'autre. Cette mesure est représentée par une moyenne, une variance (écart-type élevé au carré) et une erreur-type. Dans les comparaisons classiques, les moyennes et les variances sont comparées. Pour une séquence donnée, pas de problème. Cependant il faut évaluer la différence inter-site, par séquence, avant toute modélisation. Si aucune différence n'existe à ce stade, alors il est inutile de se lancer dans quelque modélisation que ce soit. Le principe revient aux définitions statistiques élémentaires : pour chaque séquence et chaque mesure, si la différence de moyenne entre deux sites est

inférieure à plus ou moins un écart-type (expression de la variabilité) des deux sites, alors rien que la composition de l'échantillon ou l'erreur de mesure suffisent à expliquer cet écart. Et si une absence de différence est visible à ce niveau, quelle que soit la formule mathématique engendrée par la suite, on n'obtiendra pas plus d'information. Cette simple comparaison a été réalisée sur l'ensemble des mesures pour chaque séquence. Le Tableau XXIV souligne les résultats pour la séquence 1.

L'ensemble des tableaux est disponible en annexe (ANNEXES A33 à A37, p. 391 à 398). Au vu de ces 6 tableaux, qui n'examinent les différences qu'à un écart-type seulement, il ne paraît pas valable de poursuivre ; les réponses très largement négatives montrent que les données d'entrée sont d'ores et déjà insuffisantes pour aller au-delà dans les mathématiques avancées. Selon les séquences, le faible effectif est le facteur limitant prépondérant. Dans un second temps, les différences par séquence sont trop limitées pour espérer trouver une quelconque différence dans les modélisations. Enfin, si les comparaisons sont réalisées à deux écart-types, alors aucune différence autorisant une analyse plus fine n'est relevée. L'apport informatif de nos données d'entrée est donc déjà largement limité. Il ne pourra être amélioré par les modélisations sans hypothèse supplémentaire. Par conséquent, si l'on revient à notre protocole méthodologique, nous avons répondu au troisième point par le faible apport informatif de nos données dans cette configuration d'analyse.

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
Site Mesure	Moy1	SD1	Var1	Moy1	SD1	Var1	Moy1	SD1	Var1	Moy1	SD1	Var1	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md1	62,33	7,11	50,61	62,30	5,60	31,34	62,67	7,77	60,42	68,50	3,54	12,50	0,03	NON	-0,33	NON	-6,17	NON	-0,37	NON	-6,20	OUI	-5,83	NON
Md2	21,79	3,71	13,73	22,68	2,76	7,64	24,59	2,28	5,21	23,16	2,00	4,01	-0,89	NON	-2,80	NON	-1,38	NON	-1,91	NON	-0,48	NON	1,42	NON
Md3	21,98	2,13	4,54	21,71	2,08	4,32	23,35	1,72	2,96	23,71	1,27	1,61	0,27	NON	-1,37	NON	-1,72	NON	-1,64	NON	-2,00	NON	-0,35	NON
Md4	80,46	3,71	13,73	75,00	4,58	21,00	83,20	3,56	12,70	90,00			5,46	OUI	-2,74	NON	-9,54	OUI	-8,20	OUI	-15,00	OUI	-6,80	OUI
Md5	66,07	3,92	15,33	62,40	3,13	9,80	67,83	4,22	17,77	72,00			3,67	NON	-1,77	NON	-5,93	OUI	-5,43	OUI	-9,60	OUI	-4,17	NON
Clav1	66,01	15,60	243,48	62,15	5,21	27,16	65,94	5,12	26,17	71,50	3,54	12,50	3,86	NON	0,07	NON	-5,49	NON	-3,79	NON	-9,35	OUI	-5,56	OUI
Clav2	15,80	2,68	7,20	16,38	2,13	4,55	18,33	1,94	3,75	17,50	2,12	4,50	-0,57	NON	-2,53	NON	-1,70	NON	-1,96	NON	-1,13	NON	0,83	NON
Clav3	10,40	1,62	2,61	9,85	1,30	1,70	11,42	1,31	1,72	10,86	0,18	0,03	0,55	NON	-1,02	NON	-0,46	NON	-1,57	OUI	-1,01	NON	0,56	NON
Clav4	10,34	1,97	3,90	9,81	1,10	1,21	10,47	1,16	1,34	9,94			0,53	NON	-0,13	NON	0,40	NON	-0,66	NON	-0,13	NON	0,53	NON
H1	120,50	32,71	1069,90	107,60	7,16	51,30	119,42	14,47	209,36	125,50	7,78	60,50	12,90	NON	1,08	NON	-5,00	NON	-11,82	OUI	-17,90	OUI	-6,08	NON
H2	29,48	5,51	30,34	29,33	1,97	3,87	32,88	4,25	18,08	33,75	4,79	22,92	0,15	NON	-3,39	NON	-4,27	NON	-3,54	OUI	-4,42	OUI	-0,88	NON
H3	10,07	1,85	3,43	9,70	0,37	0,14	11,24	1,32	1,73	11,42	2,14	4,59	0,37	NON	-1,17	NON	-1,35	NON	-1,55	OUI	-1,72	OUI	-0,18	NON
H4	21,37	4,31	18,60	21,23	2,87	8,26	22,99	2,35	5,53	18,78	2,57	6,61	0,14	NON	-1,62	NON	2,59	NON	-1,76	NON	2,45	NON	4,21	OUI
H5	25,01	2,98	8,90	23,32	3,19	10,17	27,38	2,17	4,72	23,79	0,24	0,06	1,69	NON	-2,38	NON	1,22	NON	-4,07	OUI	-0,47	NON	3,60	OUI
R1	79,61	5,83	33,97	85,00			86,83	8,22	67,61	105,00			-5,39	NON	-7,22	OUI	-25,39	OUI	-1,83	NON	-20,00	NON	-18,17	OUI
R2	20,33	2,08	4,33	20,00	2,65	7,00	21,42	1,44	2,08	20,00	1,41	2,00	0,33	NON	-1,08	NON	0,33	NON	-1,42	NON	0,00	NON	1,42	NON
R3	5,28	0,29	0,09	5,52	1,02	1,03	5,68	0,40	0,16	5,64	0,48	0,23	-0,25	NON	-0,40	OUI	-0,36	OUI	-0,15	NON	-0,12	NON	0,04	NON
R4	7,25	1,11	1,24	6,66	0,73	0,53	7,71	0,80	0,63	7,04	1,09	1,19	0,59	NON	-0,46	NON	0,21	NON	-1,05	OUI	-0,38	NON	0,67	NON
R5	8,49	0,64	0,41	9,28	1,13	1,28	9,38	1,09	1,20	8,49			-0,79	OUI	-0,89	OUI	0,00	NON	-0,10	NON	0,79	NON	0,89	NON
R6	15,56			9,14			14,63	1,37	1,87	13,39	0,98	0,95	6,42	NON	0,93	NON	2,17	NON	-5,49	NON	-4,25	NON	1,24	NON
U1	91,50	2,12	4,50	86,50	9,19	84,50	97,64	8,32	69,25	117,00			5,00	OUI	-6,14	OUI	-25,50	OUI	-11,14	OUI	-30,50	OUI	-19,36	OUI
U2	22,00	1,41	2,00	18,83	1,04	1,08	22,19	1,32	1,73	21,00	1,41	2,00	3,17	OUI	-0,19	NON	1,00	NON	-3,36	OUI	-2,17	OUI	1,19	NON
U3	7,86	0,16	0,02	6,44	0,09	0,01	7,75	0,62	0,38	7,05	0,42	0,18	1,42	OUI	0,11	NON	0,81	OUI	-1,31	OUI	-0,61	OUI	0,70	OUI
U4	13,90	1,86	3,45	13,76	0,99	0,98	16,74	1,15	1,32	15,44	1,51	2,29	0,14	NON	-2,84	OUI	-1,55	NON	-2,98	OUI	-1,68	OUI	1,30	OUI
U5	9,24			7,54			9,00	1,31	1,70	8,81			1,70	NON	0,24	NON	0,43	NON	-1,46	NON	-1,27	NON	0,19	NON
Mc1				14,48			15,87	1,36	1,85					NON		NON		NON	-1,39	NON		NON		NON
Mc2				5,53			6,37	0,28	0,08					NON		NON		NON	-0,84	NON		NON		NON

Tableau XXIV : Différences inter-sites pour chaque mesure ; séquence de minéralisation dentaire 1 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
Mesure	Moy1	SD1	Var1	Moy1	SD1	Var1	Moy1	SD1	Var1	Moy1	SD1	Var1	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Isc1	33,48			32,70	1,84	3,40	35,31	3,16	9,98	48,26			0,78	NON	-1,83	NON	-14,78	NON	-2,61	OUI	-15,56	OUI	-12,95	OUI
Pub1				28,63	3,35	11,23	29,31	3,11	9,70	34,94	7,73	59,73		NON		NON		NON	-0,68	NON	-6,31	OUI	-5,62	OUI
il1	54,88	7,44	55,34	56,28	4,66	21,72	57,07	5,18	26,87	54,54			-1,40	NON	-2,19	NON	0,34	NON	-0,79	NON	1,74	NON	2,53	NON
il2	51,38	6,93	48,02	58,44	6,45	41,59	64,27	6,39	40,82				-7,06	OUI	-12,89	OUI		NON	-5,83	NON		NON		NON
F1	149,00	12,12	147,00	130,67	10,67	113,87	150,21	18,75	351,72	167,33	53,67	2880,33	18,33	OUI	-1,21	NON	-18,33	OUI	-19,55	OUI	-36,67	OUI	-17,12	NON
F2							18,37	0,21	0,04					NON		NON		NON		NON		NON		NON
F3	10,65	1,20	1,43	10,80	1,64	2,68	12,14	1,54	2,37	12,05	2,79	7,76	-0,15	NON	-1,49	OUI	-1,40	OUI	-1,34	NON	-1,24	NON	0,09	NON
F4	10,68	0,81	0,65	10,56	1,12	1,25	11,49	1,48	2,20	12,82	2,65	7,01	0,12	NON	-0,81	OUI	-2,14	OUI	-0,92	NON	-2,25	OUI	-1,33	NON
F5	34,20	2,17	4,70	34,43	3,83	14,70	37,66	4,21	17,76	39,71	7,83	61,24	-0,23	NON	-3,46	OUI	-5,51	OUI	-3,23	NON	-5,29	OUI	-2,06	NON
F6	29,76	3,95	15,62	29,44	2,07	4,30	34,84	3,80	14,48	35,51	10,07	101,36	0,31	NON	-5,08	OUI	-5,75	OUI	-5,40	OUI	-6,07	OUI	-0,67	NON
F7	32,75	1,04	1,07	29,76	3,06	9,35	38,11	4,20	17,65	31,82	8,54	72,95	2,99	OUI	-5,35	OUI	0,93	NON	-8,34	OUI	-2,06	NON	6,29	OUI
T1	123,50	14,85	220,50	109,67	13,03	169,75	122,36	13,47	181,45	178,00			13,83	NON	1,14	NON	-54,50	OUI	-12,70	NON	-68,33	OUI	-55,64	OUI
T2	10,96	0,72	0,52	10,11	0,94	0,88	11,50	1,17	1,38	12,64	4,23	17,93	0,85	OUI	-0,54	NON	-1,68	OUI	-1,39	OUI	-2,52	OUI	-1,13	NON
T3	9,87	0,99	0,98	9,28	0,84	0,70	10,31	1,32	1,75	10,51	2,29	5,25	0,59	NON	-0,44	NON	-0,64	NON	-1,03	OUI	-1,24	OUI	-0,21	NON
T4	33,25	2,36	5,58	31,54	2,84	8,07	34,39	3,86	14,93	36,67	10,97	120,33	1,71	NON	-1,14	NON	-3,42	OUI	-2,85	OUI	-5,13	OUI	-2,27	NON
T5	25,89	1,98	3,92	23,31	2,40	5,76	30,98	2,67	7,13	27,45	9,72	94,53	2,58	OUI	-5,09	OUI	-1,56	NON	-7,68	OUI	-4,14	OUI	3,54	OUI
T6	19,24	1,52	2,31	16,59	1,39	1,94	20,97	2,47	6,09	20,55			2,65	OUI	-1,73	OUI	-1,32	NON	-4,38	OUI	-3,96	OUI	0,42	NON
Fib1	130,00			110,00			120,71	9,55	91,24				20,00	NON	9,29	NON		NON	-10,71	NON		NON		NON
Fib2	6,41			5,57			6,28	0,58	0,34	6,45			0,84	NON	0,13	NON	-0,04	NON	-0,71	NON	-0,88	NON	-0,17	NON
Fib3	18,00			16,00			18,83	1,75	3,06	18,00			2,00	NON	-0,83	NON	0,00	NON	-2,83	NON	-2,00	NON	0,83	NON
Tal1				21,71			22,66	4,89	23,95					NON		NON		NON	-0,95	NON		NON		NON
Tal2				15,29			16,95	3,25	10,57					NON		NON		NON	-1,66	NON		NON		NON
Calca1	34,25			24,43			30,18	2,70	7,27				9,82	NON	4,07	NON		NON	-5,75	NON		NON		NON
Calca2	14,54			16,67			16,64	2,15	4,63				-2,13	NON	-2,10	NON		NON	0,03	NON		NON		NON
Mt1	22,44	2,17	4,71	20,30	0,50	0,25	22,11	2,61	6,83				2,13	NON	0,32	NON		NON	-1,81	OUI		NON		NON
Mt2	6,84	0,76	0,57	6,53	0,44	0,19	6,87	0,58	0,33				0,31	NON	-0,04	NON		NON	-0,35	NON		NON		NON

Tableau XXIV (suite) : Différences inter-sites pour chaque mesure ; séquence de minéralisation dentaire 1 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

Les modélisations seront-elles ici un gain ou une perte d'information ? Ce sont les données d'entrée qui sont limitées. Les modélisations ne pourront pas inventer des données inexistantes (Pineau 1997 ; Rebato *et al.* 1993 ; Suppes 1960). Alors, dans notre cas, on ne pourra pas gagner d'information (par exemple : les distributions des variables par séquence de minéralisation dentaire ne sont pas connues faute d'effectifs suffisants). En revanche, le fait de lisser les données, de les ajuster peut éventuellement faire perdre le peu d'information contenues dans nos données (Berkey 1982 ; Brauer & Castillo-Chávez 2001 ; Neter *et al.* 1990 ; Pollard 1973 ; Zemel & Johnston 1994). Du point de vue de l'anthropologue qui imagine un pouvoir infini aux mathématiques et à la statistique, il est très difficile d'admettre ce fait. Pourtant, le mathématicien explique clairement que sa science fait parler les données, mais ne peut en aucun cas les créer à partir de rien (Brauer & Castillo-Chávez 2001 ; Pollard 1973 ; Suppes 1960).

Nous avons souhaité démontrer ce quatrième point en allant au bout de la réflexion initiée, c'est-à-dire en créant des trajectoires de croissance populationnelle à des fins comparatives. Après cette courte discussion sur la pertinence des mathématiques, revenons aux modèles créés et illustrons-les par un exemple. Celui-ci repose sur la longueur de la mandibule (Md1).

b. Modélisation des stades de transition

Comme énoncé au début de cette quatrième partie, nous nous sommes fondée sur l'analyse de transition établie par Boldsen *et al.* (2002) afin de modéliser les trajectoires souhaitées. Cette partie a été réalisée sous le logiciel R.

La modélisation s'effectue en trois étapes : la première consiste à évaluer la distribution de la mesure pour chaque séquence de minéralisation dentaire.

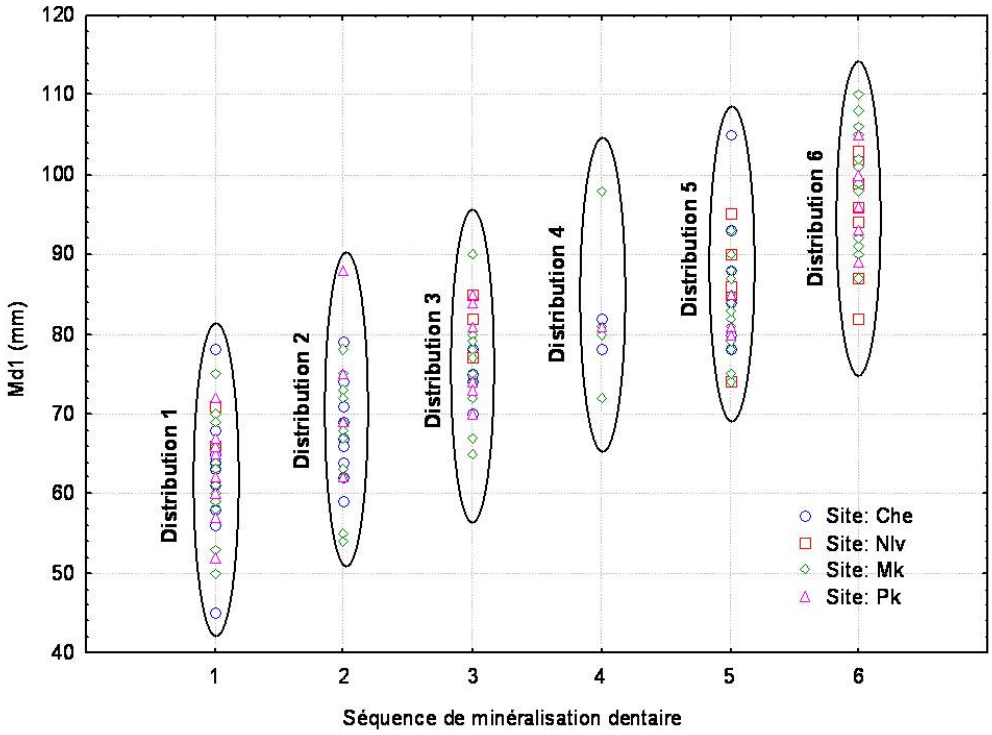


Figure 41 : Variabilité intra-population de la longueur de la mandibule (Md1) à chaque séquence de minéralisation dentaire. Les distributions annotées sont celles de la figure 42 ci-dessous.

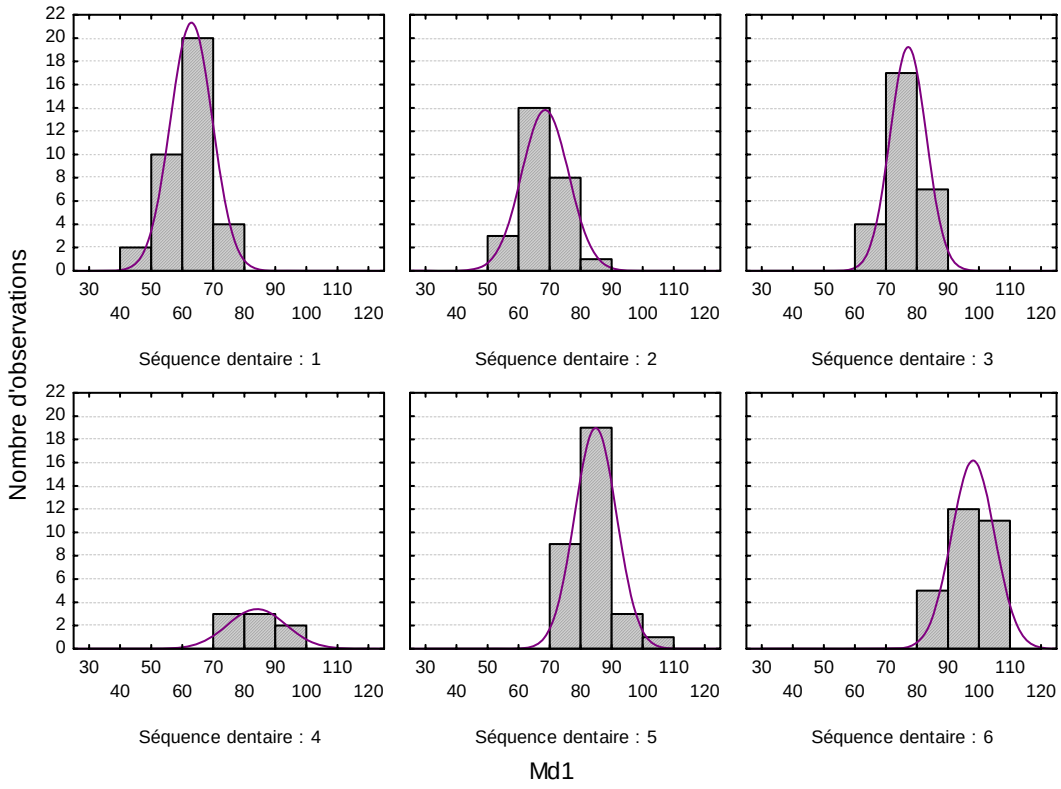


Figure 42 : Distribution de la longueur de la mandibule (Md1) à chaque séquence de minéralisation dentaire, ajustement par la loi normale.

Ces distributions sont ensuite utilisées pour établir les transitions entre chaque stade suivant la démarche de Boldsen *et al.* (2002). Nous travaillons dans le cas le plus simple : une mesure est évaluée en fonction de chaque séquence de minéralisation dentaire. L'hypothèse fondamentale est de considérer qu'un individu en grandissant ne peut passer d'un stade qu'au suivant, pas de croissance sautant deux stades et surtout pas de régression au stade inférieur (cette dernière donnée doit être spécifiée dans le modèle). Pour chaque distribution (cf. Figure 42), une fonction de vraisemblance est établie et un maximum de vraisemblance est calculé afin de déterminer une valeur de mesure à partir de laquelle la transition va être modélisée (pour l'intégralité des calculs, voir Boldsen *et al.* 2002, ce sont exactement les mêmes fondements). Ce calcul permet d'intégrer les marges d'erreur de chaque mesure et la distribution évaluée auparavant. A partir de ce point, un modèle logit du type McCullagh (1980) est appliqué afin de calculer les densités de probabilités pour passer d'un stade à l'autre et ainsi décrire les transitions (McCullagh 1980).

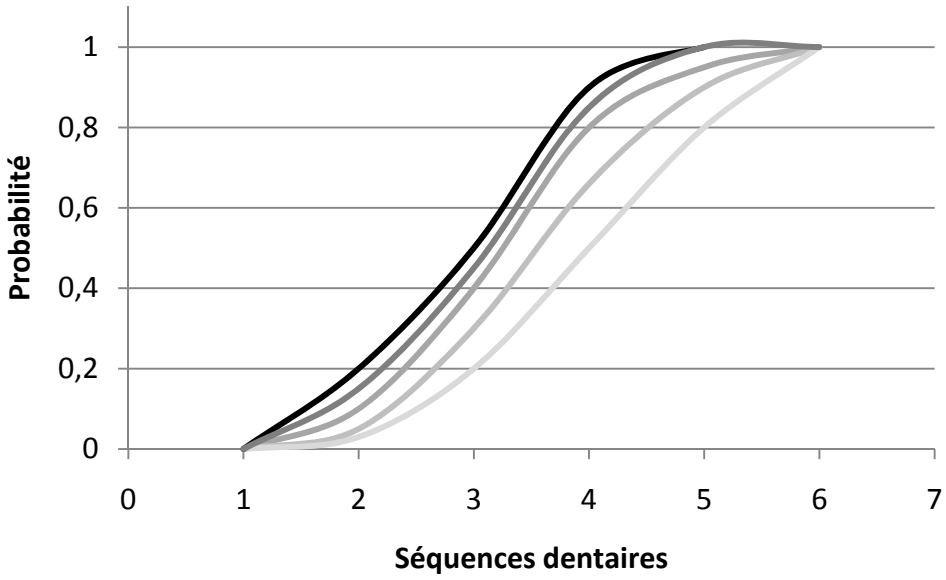


Figure 43 : Densités de probabilité modélisées pour les phases de transition selon McCullagh (1980). Exemple à partir de la longueur de la mandibule (Md1).

Ces probabilités sont utilisées en dernier lieu pour lisser les courbes des distributions à chaque stade, en les liant entre elles par les transitions établies. Le résultat sur notre exemple est donné par la Figure 44.

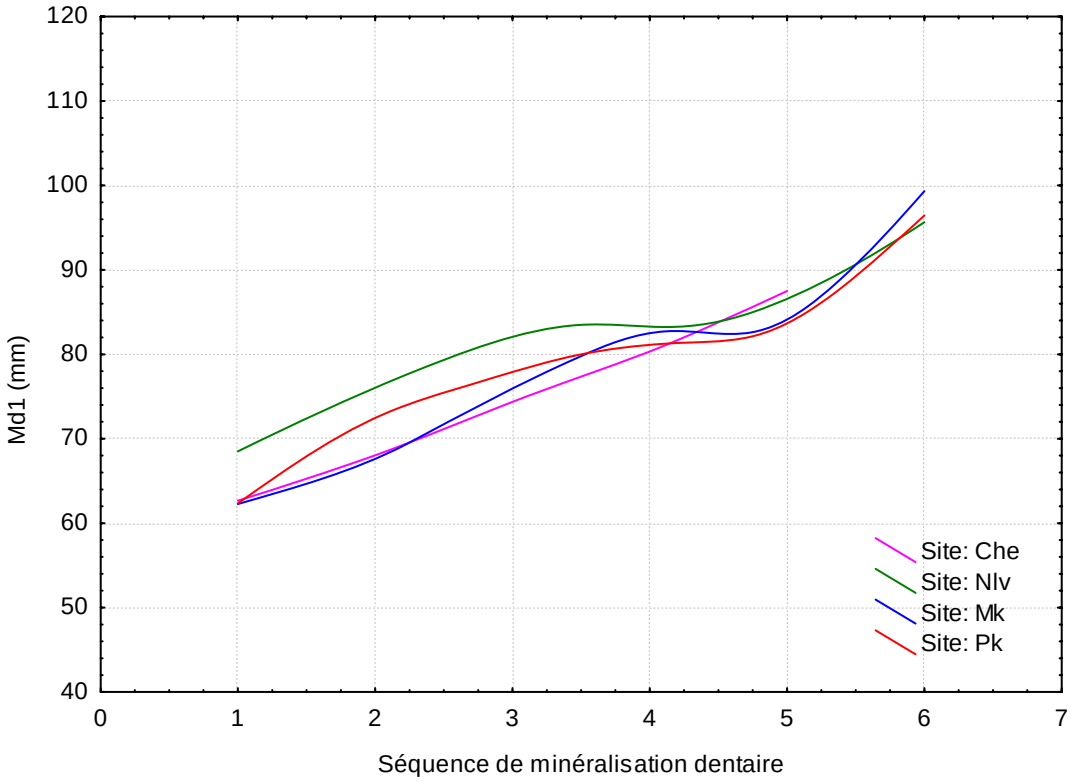


Figure 44 : Modélisation des trajectoires de croissance pour la longueur de la mandibule (Md1) en fonction des séquences de minéralisation dentaire.

c. Résultats : un exemple

Au vu des résultats précédents (non informatifs et démontrant l'inutilité d'appliquer un modèle sur nos données), nous avons choisi d'exposer le résultat sur l'exemple de la longueur de la mandibule (Md1). Les courbes modélisées (cf. Figure 44) par site bien que différentes de celles obtenues par les régressions simples (elles prennent en compte plus de paramètres), ne montrent pas de différences significatives entre les sites ($p > 0,05$ dans les analyses multivariées des variances et homogénéité des pentes entre deux séquences) et les courbes suivent des trajectoires similaires. L'influence de l'effectif est toujours présente également : on voit bien le manque de données pour les séquences 4 à 6 à Cherbourg. Les données de Norroy semblent supérieures aux autres sites quelle que soit la séquence considérée, autre résultat observé sur les profils classiques (non significatif également).

Pour conclure, une mise en œuvre mathématique lourde n'est pas nécessairement plus informative que les analyses classiquement menées. Dans notre cas, hormis un affranchissement de l'âge estimé (mais faisant aussi perdre des individus, faute de dent) et un point de vue « populationnel » indéniable, les résultats ne sont pas plus significatifs que précédemment. Pour rendre cette analyse probante, il faudrait l'appliquer à des populations d'effectifs plus conséquents pour lesquels une distribution claire par séquence pourra être déterminée et donc pour lesquelles les modélisations auront un sens et une fiabilité accrue. Dans le cadre de populations archéologiques comme les nôtres, ce recours est vraiment limité sauf pour montrer une certaine dextérité à manipuler des concepts mathématiques somme toute bien inutiles pour les interprétations bioarchéologiques dans la problématique de ce travail. On en revient toujours au point initial de la réflexion : quel est l'apport informatif de nos échantillons ? Et, à quelles problématiques les données recueillies peuvent-elles répondre de manière fiable ? Ces questions nous mène à discuter de la valeur des études de la croissance des populations du passé.

V. LA CROISSANCE DES POPULATIONS DU PASSÉ : DÉSILLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons abordé la notion de croissance des populations du passé selon 5 approches différentes. Chacune d'entre elle est informative à sa manière :

- Les profils de croissance squelettique confirment les résultats précédemment établis stipulant une mandibule plus longue (Md1) et plus étroite (Md4) chez les individus urbains. Les autres différences statistiquement significatives relèvent plutôt de regroupements géographiques, avec des différences au niveau du membre inférieur entre les moraves et les francs (par exemple, Calca1, F7, T5). On observe également toujours le même comportement par site : les individus de Mikulčice sont toujours les plus grands pour un âge donné et ceux de Cherbourg les plus petits.
- Ce comportement s'illustre aussi par les z-scores. Les populations du haut Moyen Âge ont un format homogène avec une précocité de croissance par rapport aux individus de Spitalfields et un déficit par rapport aux sujets de Belleville. Mais ces comparaisons sont limitées bien que démontrant encore une fois une homogénéité chrono-culturelle.
- Quant à l'insertion des données adultes dans les analyses, elle n'est guère informative, bien que plus intéressante que les profils classiques. Une influence du site apparaît dans les comparaisons d'os longs (par exemple : H1, R1 et U1) qui n'existait pas auparavant.

On introduit alors la question du format adulte qui diffère selon les sites et la nécessité d'intégrer les adultes et les individus immatures sur un pied d'égalité, dans une étude globale de population, est ici mise en évidence. Le calcul du pourcentage d'atteinte du format est moins biaisé que le simple ajout des données brutes. Il est également bien plus informatif. La robustesse des individus moraves par rapport aux individus francs pour un même âge (par exemple : R4 et T4) est confirmée. Enfin, un résultat majeur est démontré par cette analyse : on observe une précocité d'atteinte du format adulte chez les moraves alors que les trajectoires de croissance générale sont similaires pour les 4 sites. Le diagramme résiduel proposé par Humphrey (2003) montre que les différences observées existent bel et bien mais sont localisées pour la plupart à plus ou moins un écart-type, ce qui est insuffisant pour distinguer deux populations.

- Les régressions par segment s'intéressent moins aux différences inter-populations qu'aux modalités biologiques qui peuvent être mise en évidence à travers les enfants des populations du passé. Bien que la définition des points de rupture dépende en grande partie des effectifs et de la composition par âge des échantillons, ils représentent deux stades de croissance : le premier point de rupture marque en général la fin de la période infantile (petite enfance, cf. définition p. 26) et le second semble correspondre au début de l'adolescence. Il serait abusif, au vu de nos données fragmentaires, de discuter ici de puberté.
- Enfin, les modélisations des trajectoires de croissance populationnelle restent une démonstration méthodologique plutôt qu'une analyse à part entière. Elles soulignent les limites des mathématiques face aux données que l'on utilise et confirment ce qui a été démontré dans les points précédents, à savoir une homogénéité globale des 4 populations avec des trajectoires de croissance similaires.

Cette étude quasi-exhaustive des outils d'analyse en paléoauxologie, confère à la discipline un avenir incertain. Alors que chaque approche apporte son élément de discussion pour une interprétation globale de la croissance des populations du passé, les biais d'échantillonnage et méthodologiques sont prépondérants par rapport à la pertinence de l'information apportée. Alors « Farewell to Paleoauxology » (en français : adieu à la paléoauxologie) pour reprendre les termes de Bocquet-Appel & Masset (1982) quant à la paléodémographie ? Sans vouloir être trop pessimiste, les biais relevés sont pour la plupart irréductibles, ce type d'étude est donc pour nous, peu améliorable. Toutefois, les pistes d'analyse apportées par les courbes fragmentées et les modélisations de trajectoire de croissance (mais dans un contexte différent) ne sont pas à ignorer et peut-être aussi à envisager d'un point de vue de l'auxologie. Le concept de l'analyse populationnelle est certainement à conserver dans ce type de travail, car adapté à la bioarchéologie. A la frontière entre population actuelle et population du passé, l'anthropologie de la croissance mérite de plus amples investigations (Adalian *et al.* 2007 ; Guihard-Costa *et al.* 2007).

CHAPITRE 7

INDICATEURS DE STRESS BIOLOGIQUE, PATHOLOGIES ET TRAUMATISMES

Nous ferons nôtre le questionnement déjà ancien de C. Kramar (1990) : « L'étude de l'état sanitaire des populations anciennes est-elle un rêve ? » ; nous tenterons de mettre en valeur dans ce chapitre, les indicateurs de stress biologique et les autres marqueurs pathologiques, en tant que facteurs de comparaison des populations plutôt qu'en tant que signes de l'état général de la santé de la population. De ce fait, les limites des différents points abordés seront systématiquement soulignées et les interprétations circonscrites aux objectifs posés.

Cette relative prudence n'est toutefois pas du goût de tous les auteurs, puisque la bibliographie regorge de publications retraçant le mode de vie, favorisé ou défavorisé, de populations diverses (Boldsen 2007 ; Cook & Buikstra 1979 ; Goodman & Armelagos 1988 ; Goodman *et al.* 1988 ; Goodman & Rose 1991), la modération variant selon les articles. Cet engouement pour la reconstitution de l'état sanitaire des populations du passé reste malgré tout pondéré par les trois publications majeures déjà citées à plusieurs reprises : le paradoxe ostéologique, le concept de survivant et non-survivant et le problème de la représentativité (Saunders *et al.* 1995 ; Saunders & Hoppa 1993 ; Wood *et al.* 1992). Notons que les intérêts et limites de ces indicateurs sont tout de même la plupart du temps mentionnés (Goodman 1993 ; Lewis & Roberts 1997 ; Mafart 1989) et seront nécessairement rappelés avant toute interprétation dans ce chapitre.

I. LES INDICATEURS DE STRESS NON-SPÉCIFIQUES

Dans le dictionnaire *Trésor de la langue française*, un stress est « une agression de l'organisme par un agent physique, environnemental, émotionnel entraînant un déséquilibre qui doit être compensé par un travail d'adaptation » (Imbs & Quemada 1994). Le spécialiste du stress, Hans Selye, définit celui-ci comme « un syndrome général d'adaptation » (Selye 1976). De cette définition générale, il faut retenir les origines multiples du stress physiologique en leur attribuant la mention de non-spécifique. En ce qui concerne ce travail d'adaptation, nous définirons la réponse biologique au stress selon Larsen (Larsen 1999) comme « a physiological disruption resulting from impoverished environmental condition », sachant que la notion de stress peut être expliquée de différentes manières plus ou moins complexes (Humphrey & King 2000 ; Ribot & Roberts 1996). Les tissus osseux et dentaires répondent à ces épisodes de stress par un arrêt momentané de leur formation et/ou par leur remodelage (dans le cas du tissu osseux). Ces arrêts se manifestent par différents indicateurs squelettiques (Lewis 2007), si toutefois l'individu a survécu suffisamment longtemps pour que son corps porte la marque ces épisodes. Les indicateurs de stress non-spécifiques communément étudiés et retenus sont : les hypoplasies de l'émail dentaire, les atteintes poreuses (*cribra orbitalia* et hyperostose poreuse du crâne), les réactions du périoste et les lignes de Harris au niveau des os longs. Ces défauts d'ossification et de minéralisation dentaire se forment uniquement pendant le développement de l'individu. Ils sont donc considérés comme marqueurs des différents épisodes de stress

auxquels l'enfant a survécu. Cependant, les marqueurs osseux sont soumis au remodelage rendant ainsi leur observation et les comparaisons de fréquences délicates. Ce dernier point explique la différence de traitement dans cette étude selon le marqueur considéré. Nous nous sommes en priorité focalisée sur les hypoplasies de l'émail dentaire et sur l'hyperostose poreuse. Une discussion sur les autres marqueurs usuellement acceptés est ouverte en troisième partie.

1. HYPOPLASIES DE L'ÉMAIL DENTAIRE

L'hypoplasie de l'émail dentaire est le marqueur de stress non-spécifique le plus étudié (Berti & Mahaney 1995 ; Boldsen 2007 ; Cucina 2002 ; Duray 1996 ; Goodman & Armelagos 1985 ; Goodman & Rose 1991 ; Lukacs *et al.* 2001a ; Saunders & Keenleyside 1999 ; Sweeney *et al.* 1971). La nature conservatrice des dents et leur non-remodelage après leur formation en font un indicateur indélébile des différentes périodes de stress enregistrées au cours du développement dentaire de l'individu.

a. Manifestations, avantages et limites d'étude

Les hypoplasies de l'émail dentaire sont des défauts quantitatifs de l'émail survenus au cours de son développement (Clarkson 1989). Ils se manifestent par des zones de réduction de l'épaisseur de celui-ci (Clarkson 1989). Au niveau microscopique, la réduction de l'épaisseur de l'émail est due à la perturbation du dépôt de tissu énamelaire par les améloblastes sur les couronnes en développement formant une strie de Retzius irrégulière et accentuée connue sous le nom de bande de Wilson (Goodman & Rose 1990). Ces défauts atteignent les dents déciduales et permanentes. Au niveau macroscopique, ils se manifestent par trois types différents : linéaire (le plus classique), en puits (« pitting » en anglais) et sous forme d'aire de déminéralisation.

Le principal avantage de l'étude des hypoplasies de l'émail dentaire est que la dent n'est pas sujette au remodelage une fois formée. Le stress enregistré sera donc visible durant toute la vie de l'individu, ce qui n'est pas le cas des marqueurs osseux comme nous le verrons dans la suite de ce chapitre. Le deuxième avantage est que, chez les individus non-adultes, l'usure dentaire est quasi-inexistante, les hypoplasies ne sont donc pas effacées par cette abrasion courante chez les adultes (notamment au niveau du tiers occlusal). Cet atout évite une calibration du nombre de dents touchées. Il faut toutefois noter une possible abrasion, par exemple par le polissage antérieur des incisives (Lukacs & Pastor 1988), bien que ce phénomène soit rare chez les enfants. Le troisième avantage non-négligeable est l'accès direct à l'évaluation du défaut, de manière macroscopique.

En ce qui concerne l'étiologie des hypoplasies de l'émail dentaire, plusieurs causes sont mises en avant : fortes fièvres et traumatismes à la naissance (Cucina *et al.* 2007 ; Smith & Avishai 2005), maladies infectieuses comme la syphilis congénitale ou la tuberculose (Hillson et al. 1998), un faible poids à la naissance (Sweeney et al. 1969), ou encore un problème nutritionnel intense (Goodman *et al.* 1988 ; Goodman & Rose 1991 ; Sweeney *et al.* 1971) entrainant diverses carences (Skinner & Goodman 1992).

Au niveau des dents déciduales, les hypoplasies se manifestent le plus souvent par des zones de déminéralisation (par conséquent plus sujettes aux caries : Lukacs 1999). L'émail est déformé, voire décoloré (Clarkson 1989 ; Lukacs & Walimbe 1998 ; Lukacs *et al.* 2001b). Ces manifestations ne peuvent, par conséquent, pas être directement comparées aux défauts des

dents permanentes même si, au niveau microscopique, on les détecte de manière identique (Fitzgerald & Saunders 2005). Les défauts de type linéaire existent sur les dents déciduales mais sont rares. Ces défauts que nous qualifierons de zones hypoplasiques ont été enregistrées sur les dents déciduales des quatre collections étudiées. Les photos en annexe (ANNEXE A38, p. 401), montrent les formes de défaut hypoplasique observé à Cherbourg. La description la plus proche de ces défauts serait celle de Ogden *et al.* (2007), qui observent, sur les sujets d'un échantillon moderne anglo-saxon, des zones hypoplasiques envahissantes avec une structure de l'émail complexe. Deux individus de Cherbourg (sépultures n° 182 et n° 125) possèderaient donc ces « Cuspal Enamel Hypoplasia » ou CEH pour reprendre leur terme. L'analyse ci-dessous traite en revanche uniquement des défauts relevés au niveau des dents permanentes.

La séquence de ces défauts par dent permet une évaluation chronologique des épisodes de stress. Certains auteurs ont proposé de déterminer l'âge de l'individu auquel le stress est survenu (Goodman & Rose 1991 ; Reid & Dean 2000). Cependant, la minéralisation dentaire n'étant pas un phénomène linéaire, dépendant du type de dents, et l'évaluation précise des hypoplasies dépendant fortement de la microstructure, ces procédés n'ont pas été évalués comme fiables (Hillson & Bond 1997 ; Ritzman *et al.* 2008). La suite de cette étude enregistre des stades de minéralisation dentaire définissant de larges classes d'âge plutôt que l'estimation d'un âge précis. Pour les mêmes raisons, la durée du stress (en relation avec la largeur et/ou la profondeur des défauts) n'a pas été déterminée (Blakey & Armelagos 1997 ; Ensor & Irish 1995 ; Hubbard *et al.* 2009).

Enfin, il faut aussi poser les limites de l'étude. Si les lignes bien marquées ne posent pas de problème de comptabilisation, qu'en est-il de la limite de gravité que l'on se fixe ? L'observation à l'œil nu, à la loupe grossissante ou à la loupe binoculaire change cette limite pour l'observateur. Le calcul systématique de l'erreur intra- et inter-observateurs devient donc une priorité pour rendre l'analyse fiable. C'est donc un problème de reproductibilité auquel nous sommes confrontée en premier lieu. Les limites méthodologiques énoncées plus haut, concernant l'estimation de l'âge auquel est survenu le stress, ou encore la durée de celui-ci, sont minimisées dans l'analyse, en simplifiant les données enregistrées et en tenant compte des stades de minéralisation dentaire pour séparer les individus en groupes d'âge.

b. Evaluation et système de cotation

Cinq caractéristiques des hypoplasies ont été évaluées par dent : leur nombre, leur type morphologique (fossette ou ligne), leur situation sur la couronne (face vestibulaire uniquement ou périmètre complet), leur position par rapport à la hauteur de la couronne (tiers proximal[17] 1/3, tiers intermédiaire 2/3, tiers distal 3/3, couronne entière T) et enfin la sévérité de l'atteinte (stades définis par nos soins, de 1 à 4 du plus faible à la formation de bourrelets, cf. photos en ANNEXE A39, p. 401). Etant donné les controverses quant à l'estimation de l'âge auquel est survenu le stress (Reid & Dean 2000), nous n'avons pas jugé nécessaire de mesurer la hauteur entre le collet de la dent et le défaut d'émail.

c. Erreurs intra- et inter-observateurs

L'importance de l'erreur de mesure ou d'évaluation pour un même observateur ou entre différents observateurs a d'ores et déjà été soulevée dans le chapitre 3. Cependant, elle prend ici

[17] Le tiers proximal correspond au tiers de la couronne le plus proche du collet. Le tiers distal est celui le plus éloigné de celui-ci.

un caractère primordial car on ne peut comparer que ce qui est comparable pour reprendre les termes d'Ulijaszek et Lourie (Ulijaszek & Lourie 1997).

L'erreur intra-observateur a été appréciée sur une base de 30 individus réévalués par nous-même à trois semaines d'intervalle, provenant du site de Mikulčice et présentant tous des hypoplasies de l'émail dentaire. Nous avons calculé l'erreur inter-observateurs en comparant l'ensemble des caractères (nombre d'hypoplasies par dent, type morphologique, position par rapport à la hauteur de la couronne et sévérité de l'atteinte) que nous avons évalués sur tous les individus de Mikulčice-Kostelisko et les données enregistrées par Pavel Trefny, dentiste à Prague et collaborateur de Petr Velemínsky au Musée National. Les caractères ont tous été évalués macroscopiquement et à l'œil nu. Le pourcentage d'agrément, la corrélation par rang de Spearman et le coefficient de concordance de Kendall décrivent les erreurs intra- et inter-observateurs et estiment leur impact sur la suite de l'analyse.

Le Tableau XXV reporte les résultats des tests d'agrément entre les séries d'observation.

	Pourcentage d'agrément (%A)		Coefficient de concordance de Kendall		Corrélation par rang de Spearman	
Caractères évalués	Intra-observateur	Inter-observateur	Intra-observateur	Inter-observateur	Intra-observateur	Inter-observateur
n	**95.12%**	**91.16%**	**0.980**	**0.962**	**0.948**	**0.925**
Type morphologique	99.98%	91.44%	0.987	0.958	0.940	0.915
Position sur la couronne	95.08%	92.55%	0.976	0.967	0.946	0.933
Sévérité	**92.04%**	**91.63%**	**0.973**	**0.963**	**0.933**	**0.927**

Tableau XXV : Erreurs intra- et inter-observateurs évaluées pour les hypoplasies de l'émail dentaire à partir du pourcentage d'agrément et de deux tests non-paramétriques de mesure d'association.

Bien que la subjectivité ait été limitée dans l'enregistrement des données, les différences intra-et inter-observateurs ne peuvent être totalement éludées. La nature qualitative et catégorielle des données augmente nécessairement ces différences par rapport aux données quantitatives aisément reproductibles (Landis & Koch 1977).

Si on se focalise tout d'abord sur l'erreur intra-observateur, on observe une très forte concordance entre les deux séries d'observations. Seule l'évaluation de la sévérité possède un pourcentage d'agrément inférieur à 95%. La limite de distinction entre certains stades de sévérité doit être par conséquent confuse. Les coefficients de corrélation montrent quant à eux une très forte correspondance des enregistrements.

En ce qui concerne l'erreur inter-observateurs, l'agrément est bien plus faible (entre 91% et 92%). On remarquera que le décompte du nombre d'hypoplasies par dent est le plus sensible. En effet, si l'hypoplasie est prise en compte, alors les autres caractères sont pareillement évalués

dans l'ensemble. On en revient alors au problème de détermination et à la limite fixée pour prendre en compte une hypoplasie (Berti & Mahaney 1995 ; Hillson 1992). Notons toutefois que nos résultats observent une concordance largement supérieure à celle publiée par Danforth *et al.* (1993) qui mentionnent un pourcentage d'agrément entre 70% et 85% tant pour l'erreur intra- que pour l'erreur inter-observateurs. Ce constat pourrait sans doute être expliqué par notre volonté de simplification des caractères lors de l'enregistrement.

Ce résultat bien que satisfaisant à notre échelle, démontre bien qu'il ne l'est pas quand on compare plusieurs publications (surtout si elles ne mentionnent pas l'évaluation de l'erreur au moins intra-observateur). En effet, comment comparer des données issues d'observations **et** d'observateurs différents alors que l'on vient de démontrer une reproductibilité limitée ? On ne peut pas considérer comme satisfaisante une concordance inférieure à 95%. Toute interprétation se doit donc d'être prudente et les comparaisons doivent être mesurées avec parcimonie.

d. Fréquences et aspects qualitatifs intra-population

Fréquence globale

Les fréquences globales d'hypoplasie ont tout d'abord été calculées pour chacun des sites afin de pouvoir les comparer dans le paragraphe suivant. Ces fréquences tiennent compte uniquement des dents observables du corpus de données, c'est-à-dire les dents en émergence pour lesquelles l'intégralité de la couronne est visible, les dents en occlusion ainsi que les germes et pièces isolées. Le Tableau XXVI répertorie les effectifs et fréquences globales pour chaque site.

	***N* dents**			***n'* dents touchées**			**Fréquences (*n'/N*)**		
Site	Déc.	Perm.	Total	Déc.	Perm.	Total	Déc.	Perm.	Total
Mikulčice	1103	1790	2893	/	321	321	/	17,93%	**11,1%**
Prušánky	823	862	1685	/	138	138	/	16,01%	8,19%
Cherbourg	655	376	1031	2	55	57	0,31%	14,63%	5,53%
Norroy	368	902	1270	/	54	54	/	5,99%	4,25%

Tableau XXVI : Nombre de dents évaluées et fréquences globales d'hypoplasie par site. Les deux dentures ont été distinguées.

La fréquence globale par site toutes dents confondues ne dépasse pas les 11%, pourcentage qui reste extrêmement faible par rapport aux données publiées pour certains sites médiévaux (Obertova 2005 ; Wright 1997), les hypoplasies y étant elles aussi évaluées à l'œil nu sans loupe binoculaire. Seul un individu de Cherbourg détient deux dents déciduales présentant des hypoplasies linéaires de l'émail dentaire comparables à celles observées sur les dents permanentes. La suite des analyses se focalisera donc uniquement sur les dents permanentes.

Fréquence par catégorie de dents

La fréquence globale tient compte de l'ensemble des dents, elle n'est donc pas très descriptive. La fréquence exprimée car catégorie de dent est beaucoup plus informative. La série des quatre tableaux ci-dessous représente les fréquences d'hypoplasie par type de dent pour chaque

collection étudiée. Le type de dents est mentionné selon la nomenclature médicale par cadran (ex. 11 = incisive centrale supérieure droite).

Cadrans supérieurs	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
n' touchées	0	3	3	1	11	19	11	19	23	14	17	7	2	5	2	0
N observables	16	61	110	41	59	57	62	60	57	58	58	65	42	103	68	18
% atteintes	0,00	4,92	2,73	2,44	18,64	33,33	17,74	31,67	40,35	24,14	29,31	10,77	4,76	4,85	2,94	0,00
% atteintes	0,00	5,45	1,89	24,39	33,33	**46,15**	33,33	33,33	32,14	41,82	**48,89**	28,00	12,50	3,13	6,56	0,00
N observables	14	55	106	41	48	52	60	60	56	55	45	50	40	96	61	16
n' touchées	0	3	2	10	16	24	20	20	18	23	22	14	5	3	4	0
Cadrans inférieurs	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Tableau XXVII : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Mikulčice.

Cadrans supérieurs	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
n' touchées	0	1	0	4	5	8	6	6	7	9	5	7	5	1	2	0
N observables	1	27	64	16	25	23	22	28	41	28	29	28	18	71	23	4
% atteintes	0,00	3,70	0,00	25,00	20,00	**34,78**	27,27	21,43	17,07	32,14	17,24	25,00	27,78	1,41	8,70	0,00
% atteintes	0,00	10,00	3,23	25,00	23,81	33,33	28,00	24,14	16,13	33,33	**36,84**	33,33	19,05	4,62	8,33	0,00
N observables	3	20	62	16	21	21	25	29	31	27	19	24	21	65	24	6
n' touchées	0	2	2	4	5	7	7	7	5	9	7	8	4	3	2	0
Cadrans inférieurs	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Tableau XXVIII : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Prušánky.

Cadrans supérieurs	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
n' touchées	0	0	1	2	1	3	4	5	5	3	4	0	2	2	0	0
N observables	1	27	64	16	25	23	22	28	41	28	29	28	18	71	23	4
% atteintes	0,00	0,00	1,56	12,50	4,00	13,04	**18,18**	**17,86**	12,20	10,71	13,79	0,00	11,11	2,82	0,00	0,00
% atteintes	0,00	0,00	1,61	0,00	0,00	**23,81**	12,00	13,79	12,90	7,41	**15,79**	0,00	0,00	1,54	0,00	0,00
N observables	3	20	62	16	21	21	25	29	31	27	19	24	21	65	24	6
n' touchées	0	0	1	0	0	5	3	4	4	2	3	0	0	1	0	0
Cadrans inférieurs	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Tableau XXIX : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Cherbourg.

Cadrans supérieurs	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
n' touchées	0	1	0	0	0	4	2	3	3	3	6	2	0	0	1	0
N observables	11	29	39	21	25	27	21	28	29	20	27	29	21	49	29	8
% atteintes	0,00	3,45	0,00	0,00	0,00	14,81	9,52	10,71	10,34	15,00	**22,22**	6,90	0,00	0,00	3,45	0,00
% atteintes	0,00	0,00	0,00	12,00	16,67	16,13	5,13	2,86	5,13	2,70	**21,21**	7,69	9,52	0,00	0,00	0,00
N observables	12	33	44	25	24	31	39	35	39	37	33	26	21	44	32	14
n' touchées	0	0	0	3	4	5	2	1	2	1	7	2	2	0	0	0
Cadrans inférieurs	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Tableau XXX : Fréquence de dents présentant au moins une HLE en fonction des différentes catégories de dents : Norroy.

Les fréquences présentées dans ces quatre tableaux confirment les données établies pour d'autres séries archéologiques (Goodman & Armelagos 1985 ; Palubeckaité *et al.* 2002 ; Wright 1997). Les dents antérieures (deux incisives et canines) sont les plus touchées. Plus particulièrement, les canines inférieures (33 et 43) sont atteintes de manière prépondérante (16% à 49% selon les sites), démontrant que les individus pour lesquels on peut décrire au moins une hypoplasie auraient subi au moins un stress avant l'âge de 6 ans, âge autour duquel se termine la minéralisation de la couronne de la canine (Moorrees *et al.* 1963a ; Reid & Dean 2000). Plus intéressantes sont les quelques dents postérieures touchées car elles démontrent la survie à des stress plus tardifs. En particulier, notons les quelques cas au niveau de la seconde molaire. Ce stress est relativement tardif (cf. *aspects qualitatifs* ci-dessous), les enfants étant moins exposés aux stress environnementaux à ces âges, sauf conditions particulières bien entendu. Les deux sites moraves sont concernés par cette remarque, laissant penser à des conditions de vie peut-être plus rudes. Nous reprendrons cette remarque dans le paragraphe (f).

Aspects qualitatifs

Les aspects qualitatifs décrivent plus en détail les hypoplasies par leur type (linéaire ou en puits), leur face d'apparition (uniquement vestibulaire ou cernant tout le périmètre de la couronne), leur degré de sévérité (de 1 à 4 pour mémoire) et le tiers atteint (proximal au niveau du collet, médian, distal ou toute la hauteur de la couronne).

Le Tableau XXXI référencie les fréquences de ces différents caractères pour les quatre collections étudiées.

	Type		Face d'apparition		Stade de sévérité				Tiers atteint			
Site	Linéaire	Point	Vestib.	Pér.	1	2	3	4	1/3	2/3	3/3	T
Mikulčice	**98,44**	1,56	29,60	**70,40**	**51,71**	41,74	5,61	0,94	29,47	**55,49**	14,42	0,62
Prušánky	**98,55**	1,45	14,49	**85,51**	28,99	**60,87**	10,14	0	34,06	**57,25**	8,69	0
Cherbourg	**92,16**	7,84	29,82	**70,18**	43,86	**56,14**	0	0	35,09	**57,89**	7,02	0
Norroy	**98,15**	1,85	**51,85**	48,15	**61,11**	27,78	9,26	1,85	44,23	44,23	11,54	0

Tableau XXXI : Aspects qualitatifs des hypoplasies de l'émail dentaire observées pour les quatre populations (exprimés en %, en gras les fréquences prépondérantes).

Les aspects qualitatifs montrent une homogénéité parmi les quatre populations. Le type linéaire est très largement prépondérant par rapport aux hypoplasies en puits (98% dans les sites, Cherbourg qui n'atteint que 92% d'hypoplasies linéaires). Les faces d'apparition sont plus

variables d'un site à l'autre, privilégiant toutefois l'atteinte sur le périmètre complet de la couronne. Ce caractère semble correspondre avec la sévérité de l'atteinte puisque les hypoplasies de stades 1 et 2 apparaissent préférentiellement (>50%) sur la face vestibulaire de la dent. Ce constat va dans le sens de l'hypothèse de moins grande vulnérabilité de l'émail au niveau de la face linguale (Goodman & Rose 1990 ; Skinner & Goodman 1992). Cette remarque a également été mentionnée dans des études concernant des populations éloignées des nôtres (ex. populations natoufiennes : Bocquentin 2003).

En ce qui concerne les stades de sévérité, la majorité des défauts observés peuvent être qualifiés de sévérité faible à moyenne (stade 1+2 >> 85% des cas rencontrés). Le stade sévère avec déformation de l'émail sous forme de bourrelet est rare (toujours <2% des cas) et ne concerne que les sites de Norroy et de Mikulčice. Les stress encourus par ces populations du haut Moyen Âge, même s'ils peuvent être répétitifs (plusieurs hypoplasies par dent), s'avèrent faibles à modérés et ne touchent donc pas les individus de manière prépondérante. Enfin, si l'on considère la partie de la couronne atteinte, on remarque que le tiers intermédiaire (toutes dents confondues) est toujours le plus touché (>55% des cas pour 3 populations sur 4). Une analyse par type de dent permet de définir plus précisément ces périodes de stress. Les tableaux A40 à A43 (ANNEXE, p. 401 à 402) donnent la fréquence du tiers de la couronne touché en fonction du type de dent pour chaque population. Ces tableaux confirment la prépondérance de l'atteinte du tiers intermédiaire quel que soit le type de dent. Afin de visualiser la période à laquelle le stress a été le plus marquant dans chaque site et pour chaque type de dent, des fourchettes d'âge globales correspondant à chaque tiers de couronne minéralisé ont été estimées (Moorrees *et al.* 1963a ; Reid & Dean 2000 ; Skinner & Goodman 1992). Ces fourchettes restent volontairement larges et concernent uniquement les dents mandibulaires. La Figure 45 décrit, pour chaque site et pour chaque dent mandibulaire, la période à laquelle le stress est survenu préférentiellement. Il est remarquable de noter la quasi-absence de stress survenus au plus jeune âge (<1,5 ans). Relevons toutefois qu'ils ont existé, car seules les fréquences maximales sont reportées sur le graphique (se reporter aux tableaux en annexe pour plus de précisions). Cette tendance est valable pour tous les sites, et peut se transposer également aux dents supérieures. Enfin, les individus de Norroy semblent avoir vécu des stress bien plus tardivement que les autres (au delà de 5-6 ans). Dans l'ensemble, la majorité des stress dentaires sont survenus entre 1,5 et 4 ans. Ne pouvant être qualifiés de stress infantiles, nous pouvons avancer l'hypothèse de stress au sevrage ou tout simplement des maladies de l'enfance (Herring *et al.* 1998 ; Humphrey 2008 ; Lewis 2007). Une analyse isotopique pourrait apporter des arguments complémentaires quant à la première hypothèse (Katzenberg 2000). Remarquons également qu'aucune troisième molaire observée n'est atteinte. Sa minéralisation étant la plus tardive (>10 ans) et la minéralisation des autres couronnes étant terminée, les stress au-delà de la période pré-pubertaire ne sont donc pas enregistrés.

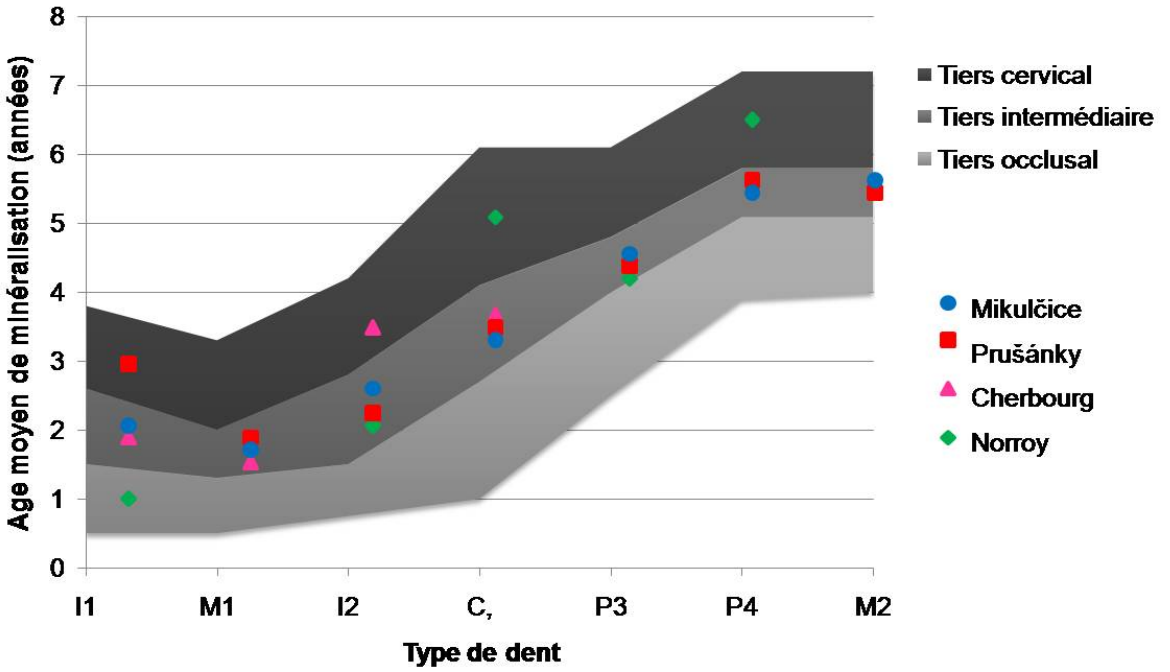


Figure 45 : Âges moyens des périodes de stress (selon Moorrees et al. 1963 a, b ; Reid & Dean 2000 et Skinner & Goodman 1992) par tiers de couronne affecté en fonction du type de dent (mandibulaire). La plus haute fréquence par dent et par site (cf. tableaux en annexe, p. 401 à 402) est mentionnée dans le tiers correspondant, sans échelle.

e. Analyses inter-populations

Les comparaisons inter-populations ont été faites par des tests du Chi² à 4 cases, en comparant les sites deux à deux pour plus de lisibilité des résultats. Le tableau A44 (ANNEXE, p. 403) résume les résultats des comparaisons. Les populations ont tout d'abord été comparées par proximité géographique (sites tchèques entre eux puis sites français). Dans un second temps, les comparaisons ont porté sur les milieux de vie (populations urbaines puis populations rurales). La fréquence globale d'hypoplasies, le stade de sévérité et enfin le tiers affecté ont été confrontés tour à tour.

Différences et proximité géographique

Les deux populations moraves ne présentent globalement pas de différence (χ^2=1,50 ; p=0,220), pour les fréquences d'hypoplasie. En revanche, le stade 2 de sévérité est prépondérant chez les individus de Prušánky (χ^2=14,16 ; p=0,0002) par rapport à ceux de Mikulčice. La tendance s'inverse pour les hypoplasies de stade 1 (χ^2=20,15 ; p<0.0001). En ce qui concerne les caractéristiques des périodes de stress, aucune différence statistiquement significative n'a pu être relevée.

Les deux populations françaises se comportent différemment. On relève une fréquence globale plus élevée d'hypoplasie à Cherbourg (χ^2=25,40 ; p<0,0001), avec un stade de sévérité modéré (stade 2, χ^2=9,14 ; p=0,0025), alors qu'il est plus grave (stade 3, χ^2=5,53 ; p=0,0187) à Norroy. Le tiers préférentiellement affecté ne diffère pas d'un site à l'autre.

Différences et milieu de vie

Si on confronte désormais les deux populations issues d'un milieu urbain, alors on s'aperçoit qu'elles se comportent de la même façon pour tous les caractères considérés. La seule différence statistiquement significative porte sur le stade médian de sévérité (stade 2) pour lequel les individus de Cherbourg auraient une fréquence plus élevée (χ^2=4,07 ; p=0,0436). Cela dit, nous avons mentionné dans le paragraphe (b) que les stades de sévérité restent une variable subjective, notamment la différence entre les stades 2 et 3 qui est faible. Cette remarque se vérifie directement par le regroupement de ces deux stades qui ne produit pas de différence significative (χ^2=3,66 ; p=0,0558), même si elle reste au seuil de la significativité. Nous pouvons donc en conclure que les deux populations urbaines présentent les mêmes modalités au niveau des stress dentaires.

A l'inverse des urbains, les populations rurales se comportent différemment. La population de Prušánky présente une prévalence bien supérieure d'hypoplasies par rapport à Norroy (χ^2=45,65 ; p<0,0001). De même que la majorité des défauts sont de sévérité légère chez ce dernier alors qu'on qualifie les défauts du site morave de sévérité intermédiaire (stade 2, χ^2=17,02 ; p<0,0001). Ces différences sont à prendre avec précaution, car rappelons la singularité de la population de Norroy déjà mentionnée à plusieurs reprise (cf. chapitres précédents). Le décalage chronologique peut également expliquer en partie ces différences. Les périodes auxquelles surviennent les stress semblent quant à elles similaires.

En conclusion, les stress dentaires ne touchent pas de manière prépondérante les populations étudiées et les différences semblent s'affirmer plus au niveau local qu'au niveau des milieux de vie plus généraux. Ce constat renforce l'obligation de comparer des populations proches (en termes géographiques et chronologiques) pour pouvoir interpréter des différences de manière fiable.

f. Influence de l'âge au décès

L'influence de l'âge au décès implique nécessairement de voir les fréquences d'hypoplasie en termes d'individus et non plus de dent comme il était question précédemment. Or, toutes les dentures observées ne sont pas complètes et la susceptibilité différentielle des dents introduisent un biais dans le décompte des individus réellement affectés (Goodman & Armelagos 1985 ; Goodman *et al.* 1984). Afin d'évaluer la pertinence d'absence d'hypoplasie des individus pour lesquels la denture est incomplète, les auteurs précédemment cités préconisent de comptabiliser les sujets possédant au moins quatre dents ne présentant pas de défaut. Etant donné la susceptibilité différentielle des dents et les résultats précédemment établis, nous avons choisi de conserver tous les individus possédant au moins quatre dents dont au moins une canine et/ou une incisive. Si ce choix entraine inévitablement une sous-estimation des individus non-atteints, il confère au moins l'avantage de comparer les quatre populations de manière homogène et calibrée. On aura par conséquent une surestimation de la fréquence globale des individus atteints. Le Tableau XXXII donne la fréquence globale d'individus atteints par site, avec et sans la calibration précédemment énoncée.

Site	Individus touchés	Individus sains cal.	Total cal.	Fréquence cal.	Individus sains max.	Total max.	Fréquence non cal.
Mikulčice	69	97	166	**0,42**	166	235	0,29
Prušánky	31	76	107	**0,29**	142	173	0,18
Cherbourg	15	48	63	**0,24**	88	103	0,15
Norroy	13	50	63	**0,21**	81	94	0,14

Tableau XXXII : Fréquence globale d'individus possédant une ou plusieurs hypoplasies par site, avec et sans calibration pour les dentures incomplètes (cal. pour calibré).

On considère qu'une population avec de bonnes conditions de vie doit avoir une prévalence d'hypoplasies inférieure à 10% (Goodman & Rose 1990 ; Saunders & Keenleyside 1999). Or toutes les populations étudiées possèdent une prévalence largement supérieure à ce seuil. Toute surinterprétation réservée, les conditions de vie sans être désastreuses, n'étaient visiblement pas des plus favorables pour touts ces individus. Hormis celle de Mikulčice, les autres populations montrent une fréquence d'individus touchés relativement comparable. Ces données confirment les comparaisons inter-populations précédemment énoncées.

Avant de passer à l'influence de l'âge à proprement parler, évaluons le nombre moyen d'épisodes de stress par individu. Cette information permettra d'évaluer la redondance des épisodes et également d'apporter des données supplémentaires quant aux comparaisons des populations. Le Tableau XXXIII présente le nombre maximum d'hypoplasies sur la denture observée par individu. Le nombre de périodes de stress vécues est comptabilisé par le nombre d'hypoplasies par dent.

Nombre max. d'hypoplasies	1	2	3	4	5 et +	Total
Mikulčice	24	25	14	5	1	69
Prušánky	12	12	5	2	0	31
Cherbourg	7	6	2	0	0	15
Norroy	5	6	2	0	0	13

Tableau XXXIII : Nombre d'individus touchés par nombre de période de stress (représenté par le nombre maximal d'hypoplasies par dent).

Ce tableau démontre que la plupart des individus ont subi au maximum une à deux périodes de stress (75,78% sur la totalité des individus atteints des 4 populations). Les stress récurrents voire très récurrents restent moindres. Notons enfin que les individus moraves auraient subi plus de stress récurrents (4 hypoplasies par dent et plus, pour 8 individus).

La description des stress dentaires ayant été mieux définie par cette analyse par individu, observons maintenant l'influence de l'âge sur ceux-ci. La Figure 46 détermine la fréquence d'individus touchés par classe d'âge.

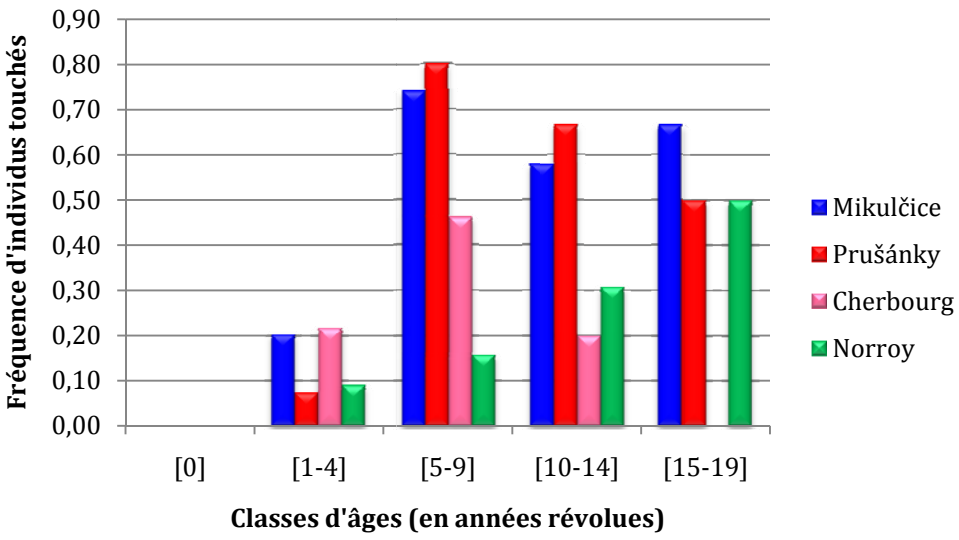


Figure 46 : Proportion d'individus présentant des hypoplasies de l'émail dentaire par site et par classe d'âge.

Il est intéressant de constater qu'hormis le site de Norroy, les trois autres populations suivent la même tendance avec un nombre croissant d'individus touchés jusqu'à [5-9] ans puis une diminution pour la classe des [10-14] ans. Au-delà, les populations se comportent différemment. Mais ces tendances ne reflètent-elles pas plutôt le nombre de dents observées ? En effet, pour les plus petits, les germes insérés dans l'os mandibulaire ou maxillaire ne peuvent pas être observés à moins d'être isolés. La seconde hypothèse est que ces enfants sont décédé avant d'avoir développé le défaut sur la dent. Il serait donc judicieux de comparer ce qui est comparable en évaluant les fréquences d'hypoplasies en fonction de la composition des dentures. Cette approche est expliquée dans la troisième partie de ce chapitre.

Pour résumer : les hypoplasies de l'émail dentaire ne touchent pas uniformément les quatre populations étudiées. Si les populations urbaines semblent avoir un comportement identique face à ces périodes de stress, les populations rurales ont des caractères divergents. Les différences observées entre les caractères étudiés tendent à démontrer plus de variation au niveau local et confirment la nécessité de comparer des populations géographiquement et chronologiquement proches. La prévalence des individus atteints d'hypoplasies est forte (entre 14% et 29%), ce qui laisse suggérer un environnement peu favorable, sans que la sévérité ni la redondance des stress ne soit importante.

2. L'HYPEROSTOSE POREUSE

L'hyperostose poreuse est généralement associée aux *cribra orbitalia* sous le nom de lésions ou atteintes poreuses du crâne. Cependant, la spécificité des études sur les *cribra orbitalia* (Fairgrieve & Molto 2000 ; Wapler 1998 ; Wapler *et al.* 2004) et les nombreuses limites à celles-ci (*cf.* § 3a), nous poussent à séparer ces deux indicateurs.

a. Définition et limites

L'hyperostose poreuse résulte d'une suractivité de la moelle rouge provoquant un amincissement de la table externe de la voûte crânienne, un épaississement du diploé et une

apparence « en brosse » de la structure trabéculaire (Britton *et al.* 1960 ; Moseley 1974). L'os pariétal est plus souvent atteint que l'os frontal ou l'os occipital (Stuart-Macadam 1985).

L'étiologie la plus communément admise est l'anémie ferriprive (Lallo *et al.* 1977 ; Lewis & Roberts 1997 ; Stuart-Macadam 1992) mais elle n'est pas forcément liée à un problème de nutrition bien que l'on puisse retenir une anémie en général. Une perte de sang chronique, une parasitose ou encore une infection ou certaine maladies rares peuvent contribuer à cette réaction (Hershkovitz *et al.* 1997 ; Lewis & Roberts 1997). L'hyperostose poreuse ainsi définie ne serait observable que chez l'enfant ; une réaction inflammatoire de la moelle chez l'adulte ne touche pas l'espace entier du diploé (Larsen 1997). Les réactions observées sur les squelettes adultes sont par conséquent soit une lésion de l'enfance non remodelée, soit une toute autre atteinte. Dans notre cas, seuls les individus immatures ont été observés.

En ce qui concerne les limites, la première est sans doute le problème d'erreur inter-observateurs. Au même titre que les *cribra orbitalia,* on observe un bon agrément quand une même lésion est considérée comme présente mais tout le problème revient à trouver une limite entre un individu réellement atteint ou non (Jacobi & Danforth 2002). La principale limite est sans conteste le remodelage osseux. Les crânes observés et non-atteints ne sont pas forcément synonyme d'absence de réaction au cours de la vie de l'individu. De même que l'os n'a pas forcément eu le temps de marquer le stress avant le décès de l'individu (Wood *et al.* 1992). C'est notamment le cas pour les tout-petits. Enfin, une trop grande fragmentation limite également l'observation du phénomène. C'est pour cela que seuls les individus possédant une préservation suffisante du bloc crânio-facial ont été comptabilisés dans les calculs de fréquences.

b. Fréquences intra-populations

Pour une plus grande objectivité des observations, l'hyperostose poreuse a été cotée comme présente ou absente, sans évaluer de degré de sévérité. Sa localisation et sa latéralisation ont été précisées le cas échéant.

Le Tableau XXXIV répertorie les quelques cas d'hyperostose rencontrés par site, par rapport au nombre total de crânes suffisamment préservés pour être observés.

Site	*n* crânes observés	*n* crânes touchés	Fréquence (%)	Localisation et latéralisation
Cherbourg	78	0	0	/
Mikulčice	**47**	**7**	**14,89**	**Pariétaux droits et gauches**
Prušánky	39	0	0	/
Norroy	22	0	0	/

Tableau XXXIV : Nombre d'individus atteints d'hyperostose poreuse par site par rapport au nombre de crânes suffisament préservés pour être observables.

Seuls sept cas d'hyperostose poreuse ont pu être répertoriés. Il est intéressant de noter qu'ils proviennent tous de Mikulčice, représentant 15% des crânes de ce site suffisamment préservés pour être observés. On ne peut cependant pas généraliser cette fréquence à l'ensemble de la population. Ces sept individus présentent un degré d'atteinte varié, mais un cas est particulièrement frappant comme le montre la photo ci-dessous.

Figure 47 : Cas d'hyperostose poreuse marqué chez l'individu de la sépulture n°1810 âgé entre 1 et 2 ans à Mikulčice.

Bien qu'une étiologie commune avec les *cribra orbitalia* ait pu être discutée (Djuric *et al.* 2008 ; Stuart-Macadam 1989), notons que seuls quatre individus atteints d'hyperostose poreuse présentent également des *cribra orbitalia*.

c. De l'anecdotique au représentatif d'un problème réel et récurrent

Il est évident que les résultats présentés montrent une très faible fréquence d'hyperostose poreuse pour nos quatre populations du haut Moyen Âge. Ils confirment les données publiées par (Djuric *et al.* 2008 ; Stuart-Macadam 1989) qui observent pour un site serbe (9e-11e siècles) une fréquence de lésions de 2,94% pour 34 crânes observés. Il en va de même pour les populations polonaises pré-urbaines (Betsinger 2007) pour lesquelles l'auteur a relevé 5% de cas d'hyperostose poreuse chez les immatures pour son échantillon du haut Moyen Âge. Ribot & Roberts (1996) affichent une prévalence supérieure (17%) pour leur site de Raunds (Grande Bretagne) qui se rapproche des individus tchèques.

Il faut toutefois rester prudent, car les modalités de cotation diffèrent d'une publication à l'autre (Grauer 1993) et il reste hasardeux de comparer des populations éloignées (Grauer 1993 ; Salvadei *et al.* 2001). Cependant, une tendance au faible développement de ce marqueur au haut Moyen Âge peut être remarquée.

3. Discussion autour des autres marqueurs usuellement acceptés

Les trois types de marqueurs présentés ci-dessous n'ont pas été systématiquement évalués dans cette étude du fait de leur faible apport informatif en termes de comparaisons de population et des nombreuses limites méthodologiques dont ils font l'objet.

a. Les *cribra orbitalia*

Les *cribra orbitalia* sont des lésions poreuses que l'on associe souvent à l'hyperostose poreuse de la voûte crânienne. Leur manifestation est la même dans les deux cas. En revanche, les *cribra orbitalia* — comme leur dénomination l'indique — sont des lésions touchant spécifiquement le plafond des orbites. Au même titre que l'hyperostose poreuse, les auteurs voient dans

l'hypertrophie de la moelle rouge de multiples étiologies (cf. paragraphe précédent) que l'on pourrait rapprocher des conditions de vie de la population. Or, dans sa thèse, Wapler (1998) démontre par une méthodologie précise et une analyse histologique que tous les cas rencontrés ne sont pas synonymes de lésions liées à une anémie (quelle que soit son origine). Les cas de *cribra* considérés comme légers sont la plupart du temps des traces d'érosion *post mortem* et sont donc des toits d'orbites normaux. Les données morphologiques décrivant la lésion ne peut aboutir à une distinction entre *cribra* véritable et érosion. Au vu de toutes ces limites, nous avons par conséquent choisi de ne pas évaluer ce marqueur de stress. Un paragraphe en annexe (ANNEXE A 45, p. 403-404) relate quelques cas intéressants observés dans les collections étudiées.

b. Les lignes de Harris

Au même titre que les cribra orbitalia, les lignes de Harris sont également très controversées. Les lignes transverses de radio-opacité accrue ou lignes de Harris sont depuis longtemps un indicateur de stress étudié mais qui reste problématique. Pour la première fois observées par Ludloff en 1903, elles seront décrites de manière plus approfondie par Harris (1931). Ces lignes sont la manifestation d'un stress aigu ou chronique agissant sur le plateau de croissance en provoquant une décélération de son développement. Ce phénomène se traduit visuellement par l'observation radiographique d'une ligne transversale de plus forte densité au niveau des diaphyses des os longs. L'étiologie exacte de ces lignes est, encore une fois, multiple et incertaine (Lewis 2007 ; Lewis & Roberts 1997). En outre, le fort remodelage osseux déjà mentionné au début de ce chapitre masque certains épisodes et le recours obligatoire aux radiographies rend l'étude lourde pour des résultats aléatoires. Enfin, la corrélation avec les autres indicateurs de stress est pauvre (Alfonso *et al.* 2003 ; Mafart 2009) et les erreurs intra- et inter-observateurs restent très élevées (Macchiarelli et al. 1994). Une étude cernée pourrait éventuellement apporter des réponses à une problématique précise, cependant elle s'avère inutile et controversée dans une large synthèse inter-populations (Grokiewicz *et al.* 2001 ; Piontek *et al.* 2001a), elle a donc été rejetée dans le cadre de ce travail.

c. Les réactions du périoste

Les réactions du périoste sont parfois considérées comme des marqueurs de stress non-spécifiques mais intègrent dans tous les cas le cadre des infections non-spécifiques. Elles se reconnaissent par le dépôt de fines couches d'os néoformé sous un périoste enflammé résultant d'une blessure et/ou d'une infection. La présence d'une réaction périostée indique une activité biologique de l'os (Lé *et al.* 2006). Elle signe soit une accélération de la formation d'os membraneux soit un ralentissement de la résorption soit encore l'existence d'un phénomène irritatif (infectieux, tumoral, traumatique). Il existe plusieurs types de réaction répondant à des étiologies diverses voire inconnues. C'est pour cela que nous les décrivons dans cette partie. Un simple catalogue descriptif des cas rencontrés est reporté. Seuls trois individus sur les quatre populations présentent des réactions du périoste. A Prušánky, deux individus montrent ces lésions. Il s'agit d'un individu âgé entre 1 et 2,5 ans, pour lequel les deux diaphyses fémorales sont touchées. Une courbure anormale est remarquée laissant présager que cette réaction du périoste accompagne une pathologie plus sévère (Buckley & Tayles 2003) (cf. partie II). Le second cas morave est un individu dont l'âge dentaire a été évalué entre 5 et 7 ans. La réaction périostée concerne l'extrémité proximale de la diaphyse de son humérus gauche. L'unilatéralité de la lésion et son aspect laisse penser plutôt à l'accompagnement d'un trauma (Glencross &

Stuart-Macadam 2000). Le troisième cas vient de la population de Cherbourg. Individu âgé entre 5 et 9 ans, ce sont également ses diaphyses humérales qui sont touchées. L'atteinte étant très légère et bilatérale, elle pourrait être facilement associée simplement aux phénomènes naturels de croissance (Scheuer & Black 2000b). La difficulté de distinction entre l'état pathologique et une croissance normale a été mentionnée à plusieurs reprises (Lewis 2007 ; Walker 1997). Toute interprétation serait donc erronée, les cas étant des plus rares (Anderson 2002 ; Mensforth *et al.* 1978). Cet indicateur de stress reste donc anecdotique et peu informatif quant à nos objectifs.

II. PATHOLOGIES ET TRAUMATISMES

Les pathologies et traumatismes sont usuellement analysés dans les études synthétiques de populations. Elles apportent des arguments supplémentaires par rapport aux indicateurs de stress non-spécifiques et alimentent donc la discussion sur le mode de vie des populations. Nous distinguerons ici les pathologies dentaires, des pathologies osseuses et des traumatismes, les manifestations étant distinctes (Kilgore et al. 1997).

1. LES LÉSIONS CARIEUSES

a. Intérêts et limites

Les lésions carieuses sont, avec les abcès et le tartre, les pathologies les plus communément observées en bioarchéologie (Buzon *et al.* 2005 ; Larsen 1997). Nous nous focaliserons sur les lésions carieuses car les deux autres pathologies restent anecdotiques chez les enfants. Les cas rencontrés seront discutés dans la partie suivante. "Dental caries may be defined as the localized destruction of tooth tissue by bacterial action" (Gibbons & van Houte 1975). Les lésions carieuses suivent un processus qui commence par la surface périphérique de l'émail et qui peut conduire, à terme et sans traitement, à la perte *ante mortem* de la dent accompagnée d'infections graves. Leur étiologie est multifactorielle mais l'alimentation reste le facteur prépondérant (Hillson 1979). Plus particulièrement, une nourriture riche en carbohydrates et spécialement en sucres favorise la fermentation bactérienne et donc le développement de lésions carieuses (Johansson *et al.* 1994 ; König & Navia 1995 ; Navia 1994). *A contrario*, un régime riche en protéines ainsi qu'une bonne hygiène dentaire tendent à limiter le développement des lésions (Johansson *et al.* 1994). Enfin l'éruption dentaire étant intimement liée aux facteurs précédemment cités, il faudra en tenir compte dans l'analyse (Alvarez & Navia 1989).

Les lésions carieuses et leurs fréquences sont donc un des meilleurs reflets des conditions sanitaires orales des populations passées et apportent des informations sur leur adaptation à leur environnement physique et culturel (Erdal & Duyar 1999). Pourtant, la difficulté réside dans le fait que les méthodes utilisées pour la diagnose et l'enregistrement des lésions manquent généralement de cohérence et n'apportent pas suffisamment de détails pour permettre des interprétations convenables (Hillson 2001). Une attention particulière doit par conséquent leur être apportée et les calculs de fréquence proportionnés et unifiés. Avant toute analyse, l'erreur intra- et inter-observateurs a été évaluée.

b. Enregistrement et cotations

Les lésions carieuses ont également fait l'objet d'une attention particulière. Quatre caractéristiques ont été enregistrées par dent, essayant une nouvelle fois de minimiser la subjectivité des observations. Nous avons évalué pour chaque dent : le nombre de caries, leur face de développement (occlusale, interproximale, buccale et/ou linguale), leur situation (couronne, collet et/ou racine) et enfin l'intensité de la lésion (3 stades : petite, moyenne et envahissante, cf. photos ANNEXE A46, p. 404).

c. Erreurs intra- et inter-observateurs

L'observation des caries devrait par définition être moins subjective que celle des hypoplasies de l'émail dentaire. Cependant, la limite entre une carie avérée et le simple renfoncement d'un sillon, n'est pas toujours claire (Gibbons & van Houte 1975 ; Hillson 2001). L'évaluation de l'erreur intra- et inter-observateur déterminera la fiabilité et la reproductibilité des enregistrements. L'erreur intra-observateur a été estimée sur une base de 60 individus réévalués, 30 provenant de chacun des sites de Mikulčice-Kostelisko (à trois semaines d'intervalle) et du site de Cherbourg (à deux semaines d'intervalle). Tous ne présentaient pas forcément de lésion. L'erreur inter-observateurs est fondée sur la comparaison des enregistrements de Petr Velemínsky et de nous-même pour l'intégralité de la population immature de Mikulčice. Notons que la sévérité des lésions n'entre pas dans cette analyse car les stades n'étaient pas définis de la même façon entre les observateurs. Au même titre que les hypoplasies de l'émail dentaire, nous avons utilisé le pourcentage d'agrément ainsi que les tests non-paramétriques de concordance.

Le Tableau XXXV, résume les résultats de ces trois calculs.

	Pourcentage d'agrément (A%)		Coefficient de concordance de Kendall		Corrélation par rang de Spearman	
Caractères évalués	Intra-observateur	Inter-observateurs	Intra-observateur	Inter-observateurs	Intra-observateur	Inter-observateurs
n	98.95%	98.28%	0.996	0.985	0.953	0.946
Face de développement	98.99%	97.97%	0.987	0.952	0.948	0.908
Situation	98.33%	97.86%	0.990	0.983	0.949	0.940
Sévérité	99.06%	/	0.996	/	0.958	/

Tableau XXXV : Erreurs intra- et inter-observateurs évaluées pour les lésions carieuses, à partir du pourcentage d'agrément et des deux tests non-paramétriques de mesure d'association.

Ce tableau met en valeur la très haute corrélation entre les séries d'observations, tant au niveau intra-observateur qu'à celui inter-observateurs. Les faibles divergences pourraient même être attribuées à des erreurs d'inattention lors de l'informatisation des données. La face de développement montre la concordance la plus faible. Ceci pourrait s'expliquer par les cas où

plusieurs faces sont touchées en même temps et où la limite n'est pas clairement circonscrite (par exemple une carie interproximale débordant sur la face linguale).

Dans tous les cas, les erreurs intra- et inter-observateurs n'influeront pas sur la suite de l'analyse. Les problèmes de calibration sont bien plus complexes.

d. Calibrations

Que de dents dans une si petite bouche ! Le calcul de fréquence des lésions carieuses se heurtent à différents problèmes. Tout d'abord, il est reconnu que les caries sont étroitement associées au facteur temps (Hillson 1979 ; Reich *et al.* 1999). En effet, les dents sont plus susceptibles aux agents cariogènes à partir du moment où l'émergence dans la bouche les rend fonctionnelles. Par la suite, plus longtemps une dent est exposée, plus le risque est grand de développer une carie. L'influence de l'âge sera donc prépondérante. Le tout premier traitement fut donc de déterminer le nombre de dents fonctionnelles parmi toutes les dents étudiées. Les dents en place ne posent pas de problème, mais quand est-il des germes isolés ? Nous avons considéré la dent comme fonctionnelle à partir du moment où la racine dépassait la moitié de sa minéralisation, concordant en général avec l'émergence clinique même si la couronne n'est pas encore tout à fait en occlusion (Hillson 2001). Consciente de l'introduction d'un biais, le choix de l'exclusion totale des dents isolées aurait conduit à une sous-estimation du nombre total de dents fonctionnelles.

Le second problème auquel nous sommes confrontés est la susceptibilité différentielle en fonction du type de dent (Alvarez & Navia 1989 ; Hillson 1992 ; Klein & Palmer 1941). La conformation des molaires (face occlusale plane comportant des sillons) augmente fortement le risque de carie. Etant donné que les dentures étudiées sont souvent incomplètes, le calcul des fréquences doit tenir compte de cet aspect.

Le troisième problème est celui de l'usure dentaire. Courante chez l'adulte, elle peut facilement « gommer » une carie bénigne sur la face occlusale (Khan *et al.* 1999 ; Seligman *et al.* 1988). Cependant, ce biais est limité dans le cadre de notre étude puisque les individus immatures ne sont que très peu concernés par le facteur usure (même pour les plus grands).

Enfin, le dernier facteur influençant le calcul des fréquences de lésions carieuses intéresse les pertes *ante* et *post mortem*. Une carie sévère peut provoquer la perte précoce de la dent (information que l'on ne pourra pas retrouver). Il faut donc ajuster les fréquences estimées en tenant compte de ces probabilités. Les pertes *post mortem* quant à elles, peuvent être quantifiées en mentionnant le nombre de dents manquantes par denture (Duyar & Erdal 2003 ; Erdal & Duyar 1999). Remarquons enfin qu'en cas de forte fréquence d'agénésie dentaire, le calcul peut se trouver modifié.

Le calcul des fréquences de lésions carieuses prendra en compte trois calibrations :

- La première comptabilise une fréquence globale à partir des dents considérées comme fonctionnelles.
- La seconde tient compte des proportions des dents sur la denture (Duyar & Erdal 2003 ; Erdal & Duyar 1999), afin de limiter l'influence des pertes *post mortem* et de la susceptibilité différentielle par type de dent.

- Enfin, une troisième calibration tiendra compte des pertes *ante mortem* et des agénésies (Hillson 2001).

Note : Les dents déciduales et permanentes sont analysées de manière équivalente.

e. Analyse des fréquences

L'analyse des fréquences est réalisée en trois temps : tout d'abord un simple calcul de fréquences brutes par site, puis une comparaison des fréquences calibrées et dans un dernier temps, les fréquences sont exprimées par catégorie de dent.

Fréquences brutes

Les fréquences brutes sont calculées par la simple relation suivante :

$$\frac{n\ dents\ cariées}{N\ dents\ fonctionnelles}$$

Le Tableau XXXVI répertorie les fréquences brutes par dentition et par site.

	Déciduales			Permanentes			Toutes dents confondues		
Site	n	N	Fréquence	n'	N'	Fréquence	n''	N''	Fréquence
Mikulčice	30	999	3,00%	61	1432	**4,26%**	91	2431	**3,74%**
Prušánky	12	750	1,60%	13	638	2,04%	25	1388	1,80%
Cherbourg	8	597	1,34%	0	206	0%	8	803	0,99%
Norroy	17	366	**4,64%**	14	734	1,91%	31	1100	2,81%

Tableau XXXVI : Fréquences brutes de lésions carieuses par dentition et par site.

En comparant les fréquences brutes, les enfants de Mikulčice sont encore une fois les plus atteints, que ce soit pour les deux dentitions confondues ou pour les seules dents permanentes. En revanche, les sujets non-adultes de Norroy semblent les plus touchés sur les dents déciduales. Cet aperçu global va-t-il se confirmer après calibration ?

Fréquences calibrées

Les fréquences calibrées tiennent compte des proportions des dents antérieures par rapport aux dents postérieures (Duyar & Erdal 2003 ; Erdal & Duyar 1999). Sur une denture complète cette proportion est de 0,6 (12/20) pour les dents permanentes et de 1,5 (12/8) pour les dents déciduales. Or dans les séries archéologiques les pertes *post mortem* (préférentiellement sur les dents monoradiculées : *Ibid.*) tendent à diminuer cette proportion. Nous proposons donc de vérifier dans un premier temps si, dans nos populations, les dentures suivent cette proportion naturelle ou non. Le Tableau XXXVII mentionnent les proportions pour les dents déciduales et permanentes des 4 populations immatures étudiées.

	Dents déciduales			Dents permanentes		
Site	Antérieures	Postérieures	Proportion	Antérieures	Postérieures	Proportion
Mikulčice	378	621	0,609	576	856	0,673
Prušánky	282	468	0,602	256	382	0,670
Cherbourg	249	348	0,716	77	129	0,597
Norroy	128	238	0,538	308	426	0,723

Tableau XXXVII : Proportion des dents antérieures par rapport aux postérieures par dentition et par site.

On remarque que si les dents permanentes de nos sites suivent plutôt convenablement une proportion naturelle, les dents antérieures déciduales sont très largement sous-représentées. Erdal & Duyar (1999) proposent, pour homogénéiser les fréquences de lésions carieuses, de multiplier le taux de dents cariées antérieures et postérieures par leurs proportions respectives : 3/5 et 2/5 pour les déciduales et 3/8 et 5/8 pour les permanentes.

Exemple pour les dents déciduales des individus de Mikulčice :

$$Fréquence\ calibrée = \left(\frac{2}{378} * \frac{3}{5}\right) + \left(\frac{28}{621} * \frac{2}{5}\right) = 0{,}0212 = 2{,}12\%$$

Le calcul est équivalent pour les dents permanentes, seules les proportions changent en 3/8 pour les dents antérieures et 5/8 pour les postérieures. Le Tableau XXXVIII donne les fréquences calibrées pour les 4 populations.

	Fréquences calibrées	
Site	Déciduales	Permanentes
Mikulčice	2,12%	**4,45%**
Prušánky	1,15%	2,11%
Cherbourg	0,92%	0%
Norroy	**2,86%**	2,03%

Tableau XXXVIII : Fréquences calibrées de lésions carieuses par dentition et par site.

Après homogénéisation des fréquences, les enfants de Mikulčice restent les plus atteints par les lésions carieuses pour les dents permanentes et ceux de Norroy pour les déciduales. Les individus de Cherbourg ne sont que très peu affectés par ce type de lésion. La différence de fréquence sur les dents permanentes pour Mikulčice est statistiquement significative (χ^2=9,11 ; p<0,05) par rapport à tous les autres sites. En ce qui concerne les déciduales, la fréquence faible pour Cherbourg est la seule à être statistiquement significative (χ^2=4,45 ; p<0,05) par rapport aux autres.

Cette calibration ne tient pas compte des agénésies ni des pertes *ante mortem*. Or dans notre étude, nous avons relevé 18 cas seulement d'agénésie et de pertes *ante mortem* pour l'ensemble des dentures étudiées. Au vu de cette très faible proportion, les fréquences calibrées de caries ne seront que très faiblement voire pas du tout modifiées. Nous en resterons donc à une seule calibration.

Fréquences par catégorie de dent

Les calculs de fréquences par catégorie de dent sont largement moins controversés (Hillson 2001) et apportent des informations d'autant plus précises. Ces fréquences sont présentées par cadran (au même titre que les hypoplasies de l'émail dentaire) et par site. La série détaillée de tableaux se trouve en annexe (ANNEXES A47 à A50 p. 404 à 406). Les résultats confirment la susceptibilité différentielle des dents aux lésions carieuses (Klein & Palmer 1941 ; Oyamada *et al.* 2008 ; Saunders *et al.* 1997). Sur les 4 populations, les dents postérieures sont préférentiellement touchées, en particulier les deux molaires déciduales et les deuxièmes et troisièmes molaires permanentes (la troisième molaire concerne les individus les plus âgés).

Fréquences par individu

Etant donné la susceptibilité différentielle des dents aux caries et les dentures incomplètes (mêmes remarques que pour les hypoplasies), les fréquences par individu doivent être calculées en fonction de ces deux facteurs. Au vu des résultats précédents, nous avons considéré cette fois-ci, tous les individus ayant au moins une molaire fonctionnelle préservée, permanente ou déciduale, sachant que les fréquences ont été calculées de manière distincte et sont reportées sur le Tableau XXXIX.

	Fréquences d'individus touchés		
Site	Déciduales	Permanentes	Total
Mikulčice	7,23%	**13,62%**	18,30%
Prušánky	5,20%	5,20%	9,83%
Cherbourg	5,83%	0%	4,89%
Norroy	**10,89%**	8,91%	18,81%

Tableau XXXIX : Fréquences d'individus atteints de lésions carieuses par dentition et par site.

En termes d'individus touchés, les populations de Mikulčice et de Norroy arrivent en tête, confirmant les données précédemment établies. Ces données restent faibles par rapport à d'autres données dans la littérature pour une période identique ou proche (Manzi *et al.* 1999 ; Obertova 2008 ; Vodanovic *et al.* 2005). Par exemple, la fréquence d'individus touchés à Bijlo Brdo (Croatie, 10e-11e siècles) est de 9,5% (Vodanovic *et al.* 2005).

f. Caractéristiques des lésions

Les caractéristiques des lésions carieuses, nombre de dents cariées, sévérité, face d'apparition et enfin situation sur la dent, ont été comparées pour chaque population. Il est remarquable que peu de dents présentent de multiples lésions (Tableau XL). Le nombre maximal de lésion par dents enregistré est de 3 et cela ne concerne qu'une seule dent.

Site	Nb dents cariées	Nb plusieurs lésions	Nb max. lésions	Nb total lésions
Mikulčice	91	12	3	104
Prušánky	25	2	2	27
Cherbourg	8	0	1	8
Norroy	31	4	2	35

Tableau XL : Présentation des lésions multiples par site.

En ce qui concerne la sévérité, la Figure 48 montre une nette prédominance des lésions petites et moyennes quel que soit le site considéré. Le type de carie le plus fréquent est interproximal et s'étend entre la couronne et le collet (Figure 49, exemple de Mikulčice). Les figures similaires pour les autres sites se trouvent en annexe (ANNEXE A51, p. 407). Les caries de petite taille touchent majoritairement la face occlusale de la couronne. Ces remarques sont valables pour tous les sites considérés et il n'existe aucune différence significative.

En conclusion, si tous les sites se caractérisent par des lésions comparables, les individus des sites moraves — et en particulier Mikulčice — tendent à développer plus de lésions. Une alimentation différente pourrait-elle expliquer ces prévalences ? Ou est-ce la susceptibilité de l'émail et les facteurs environnementaux qui jouent un rôle plus conséquent ? Rappelons que les sites moraves présentent également une forte fréquence d'hypoplasies de l'émail dentaire. Ce dernier point sera discuté dans la quatrième partie de ce chapitre.

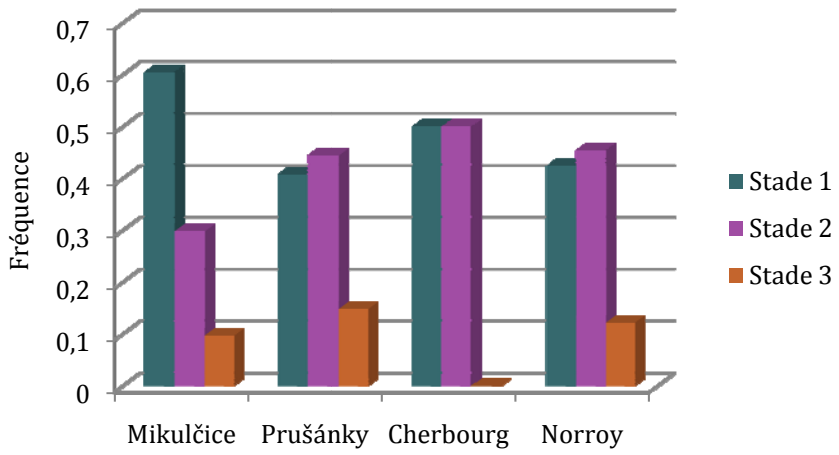


Figure 48 : Fréquence des stades de sévérité des lésions carieuses par site.

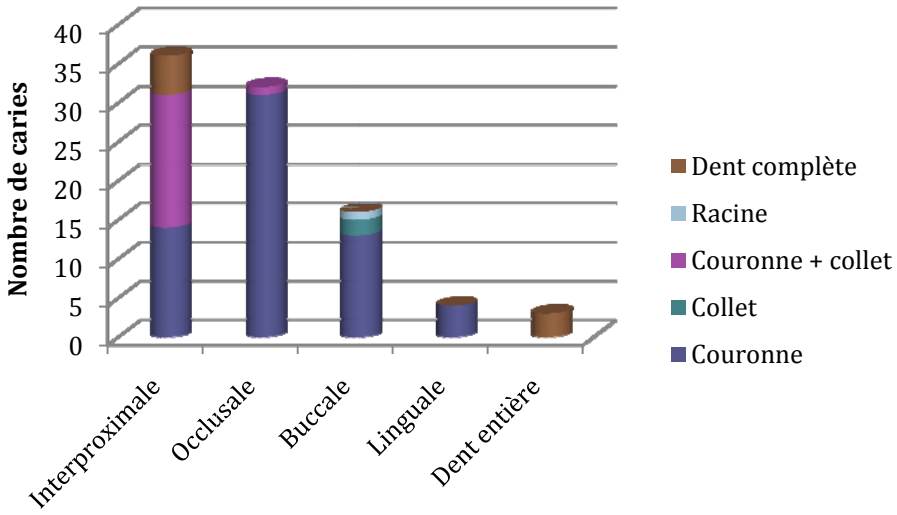


Figure 49 : Situation des lésions carieuses par face d'apparition. Exemple pour Mikulčice.

2. AUTRES PATHOLOGIES ET TRAUMATISMES

Il existe de nombreux caractères pathologiques usuellement enregistrés sur les squelettes adultes qui peuvent l'être également chez les individus immatures (Lewis 2007 : p. 133). Les pathologies dentaires (Watt *et al.* 1997), les infections spécifiques comme la lèpre (Boldsen & Freund 2006 ; Boldsen & Mollerup 2006) ou la syphilis (Buzhilova 1999) ou encore les maladies métaboliques comme le scorbut ou le rachitisme (Mays *et al.* 2007 ; Ortner *et al.* 2001 ; Ortner & Mays 1998) ont toutes déjà été signalées chez des individus immatures. Il en va de même pour les traumatismes, même si ceux enregistrés chez les enfants sont encore plus rares que chez les adultes (Lewis 2007). Les enfants n'ont-ils alors pas souffert de pathologies diverses et de blessures dans les populations du passé ? Il est évident que si, mais divers facteurs tendent à nous faire sous-estimer la proportion des individus pathologiques et/ou traumatisés. C'est pour cela qu'une simple discussion autour des cas rencontrés au cours de cette étude est avancée.

a. Limites chez les individus immatures

Pour que la maladie provoque une réaction visible sur le squelette, l'individu atteint doit (Ortner 1991) :

- posséder un système immunitaire raisonnablement compromis pour développer la réaction ;
- mais être assez robuste pour survivre à la maladie suffisamment longtemps pour que l'os réagisse. Pour les maladies infectieuses aiguës telles que la peste, la coqueluche ou encore la variole largement connues comme étant dévastatrices au Moyen Âge, l'individu mourrait la plupart du temps avant de développer quelque lésion squelettique.

Il ne faut pas oublier que toute pathologie ne provoque pas de lésion squelettique et que ce sont souvent des lésions dérivées (infections non spécifiques telles que les périostites ou l'ostéomyélite) qui ne permettent pas de remonter à la cause originelle de la lésion.

Enfin, la préservation des squelettes, la croissance impliquant une haute plasticité de l'os et un intense remodelage, ainsi que la nature même de l'os immature limitent le diagnostic des diverses maladies et autres pathologies sur le squelette immature (Lewis 2000).

Il en va de même pour les traumatismes ; la nature de l'os immature en plein développement, sa plasticité et sa rapidité de consolidation masquent, la plupart du temps, les fractures alors que le cal osseux chez l'adulte persiste (Glencross & Stuart-Macadam 2000). Le type des lésions ne permet pas toujours de les repérer (notamment les fractures sans déplacement au niveau des épiphyses en formation). Seules les lésions présentant des complications peuvent être observées telles qu'un non-alignement de la diaphyse ou encore une ostéomyélite post-traumatique (Ortner 2003). Dans notre étude, les cas rencontrés ont systématiquement été radiographiés.

Tous ces facteurs tendent à masquer les éventuels épisodes traumatiques et/ou infectieux que l'individu a vécu, voire même à les oblitérer complètement. Les cas rencontrés restent toutefois informatifs même s'ils représentent une part sous-estimée de la population.

b. Discussion générale sur les cas rencontrés

Pathologies et anomalies du développement dentaire

Ce sont les cas les plus fréquemment rencontrés dans les quatre collections étudiées. Une origine génétique de la plupart des malformations et anomalies du développement dentaire est avancée (Hu & Simmer 2007). Il est reconnu depuis longtemps, en effet, que le développement dentaire est plus influencé par les facteurs génétiques que par les facteurs environnementaux (Acheson 1959 ; Cameron 2007).

Une anomalie dentaire se définit comme toute altération de l'aspect externe, de la structure interne ou de la topographie d'une ou plusieurs dents, résultant d'un trouble quelconque survenu au cours du développement de la denture (Berthet & Amar-Costesec 2006). Il paraît cependant important de préciser que le terme anomalie a une consonance pathologique. Au niveau dentaire, en l'occurrence, toutes les anomalies ne conduisent pas à une déficience fonctionnelle ni à une expression clinique.

Trois types d'anomalie (Lautrou 1998) peuvent être répertoriés dans nos sites :

- Les anomalies de nombre : une quinzaine de cas d'agénésie dentaire sur l'ensemble des individus étudiés a été mise en évidence ce qui est très faible au vu du nombre d'individus étudiés. Elles touchent préférentiellement la troisième molaire, mais ce n'est pas une généralité. Remarquons que cette prévalence est certainement sous-estimée, car toutes les dentures ne sont pas préservées. Aucun cas d'hypergénésie (dent surnuméraire) n'a été enregistré.
- Les anomalies de topogenèse : siège, direction et position des dents. Pour les individus étudiés, on observe surtout des dystopies, c'est-à-dire des malpositions de dents dues à divers facteurs. Un cas de dystopie primaire (malposition au cours du développement de la dent) est rencontré à Mikulčice (sépulture n°1760). C'est une ectopie (éruption de la dent hors de son site habituel, *Ibid.*), les canines poussant dans le palais. Quelques autres individus présentent une malposition dentaire comme un diastème inter-incisif prononcé, des encombrements (sur le site de Norroy en majorité) ou encore la rétention des dents déciduales mais ces cas restent exceptionnels.

- Les anomalies morphologiques : ce sont les cas les plus couramment rencontrés dans cette étude. La multiplication des racines, la fusion de deux dents, anomalies de minéralisation (autre que les hypoplasies) ou encore une macrodontie ont été répertoriés à plusieurs reprise (cf. catalogue des cas rencontrés en ANNEXE A52, p. 408-410).

Ces anomalies à forte consonance génétique, pourraient refléter des transmissions familiales. Il serait intéressant de les répertorier également chez les adultes afin de voir si certains regroupements de caractères pourraient ressortir dans la topographie du cimetière. Ce n'est pas le cas chez les immatures.

Des indices de maladies spécifiques de la malnutrition ?

Le rachitisme (déficience en vitamine D) et le scorbut (déficience en vitamine C) sont des maladies spécifiques de la malnutrition que l'on rencontre en contexte archéologique (Ortner *et al.* 2001 ; Ortner & Mays 1998), surtout dans des sites correspondant au début de l'industrialisation entre la fin du 18e et le début du 19e siècle (Lewis 2002). Elles se traduisent au niveau ostéologique par une flexion des diaphyses des os longs qui s'accompagne, en général, d'une forte porosité des métaphyses et de remaniements osseux divers (Ortner 2003). Cependant, si l'atteinte est très visible, différencier les deux diagnostics est complexe. Des analyses paléopathologiques plus poussées sont nécessaires. Deux individus présentent ces courbures particulières sur le site de Prušánky (sépultures n° 55 et 70) au niveau des humérus pour le premier et des fibulas pour le second. Ces deux cas restent cependant isolés et aucune interprétation ne pourra être avancée.

Les lésions endocrâniennes

Les lésions endocrâniennes font partie des investigations relativement récentes parmi les pathologies communément retrouvées chez les enfants (Lewis 2007 : p. 141). Elles se présentent comme une réaction de l'os sur la surface endocrânienne. Elles apparaissent comme des couches diffuses voire isolées d'os néoformé sur la surface corticale originale (Ortner 2003), s'étendant autour des vaisseaux méningés. Elles forment soit des extensions « en brosse » du diploé, soit des impressions comme des « capillaires » qui s'étendent sur la table interne de l'os. Ces lésions se retrouvent le plus fréquemment sur l'os occipital mais peuvent aussi atteindre le frontal et le pariétal autour des marques de vascularisation (Schultz 2001). Plusieurs étiologies ont été proposées comme : les méningites chroniques, un traumatisme, les anémies, les néoplasies, le scorbut et le rachitisme ou encore un problème de vascularisation (Lewis 2004), sans toutefois pouvoir être précisées. Dans tous les cas, la relation aux méninges et la réaction inflammatoire de celles-ci sont certaines.

Cette pathologie est mentionnée ici car trois cas ont été retrouvés dans la collection de Norroy-le-Veneur. La lésion de la photo (Figure 50) est caractéristique. Ce sont les individus des sépultures n°4007, n° 4184 et n° 4262 respectivement âgés entre 15 et 19 ans pour le premier et 1 et 4 ans pour le deuxième. Le troisième est trop peu conservé pour qu'un âge puisse être déterminé (quelques fragments crâniens), il n'est cependant pas tout petit, au vu de l'épaisseur de sa voûte crânienne.

Figure 50 : Cas de lésion endocrânienne à Norroy-le-Veneur, sépulture n°4007.

Il est remarquable que seuls ces trois individus soient touchés parmi les 4 populations. Rappelons toutefois qu'un crâne non fragmenté ne permet pas l'observation de ces lésions. L'individu n°4007 présente également des anomalies dentaires mais pas de lésion pouvant correspondre aux lésions endocrâniennes. Interpréter sans autre information serait une surinterprétation.

Les traumatismes

Les traumatismes chez les enfants sont rarement traités en anthropobiologie car leur interprétation est souvent problématique (Glencross & Stuart-Macadam 2000). La croissance provoque un fort remodelage osseux qui masque fréquemment et rapidement les traces de lésion. Les cas rencontrés sont par conséquent peu informatifs à l'échelle de la population mais, au niveau des classes d'âge en elles-mêmes (si l'effectif est suffisant), ils peuvent apporter des arguments complémentaires à la discussion du niveau de vie (Lewis 2007).

Divers types de traumatismes ont pu être rencontrés au cours de cette étude (pour avoir l'intégralité de la description des divers cas, cf. ANNEXE A52, p. 408) :

- Les fractures : même si les modalités de fracture sont différentes chez les individus immatures que chez les adultes (Glencross & Stuart-Macadam 2001 ; Ortner 2003), certaines sont facilement repérables surtout si elles concernent les diaphyses des os longs. Quatre cas ont été identifiés sur l'ensemble des individus étudiés.
- Les chocs et coups (Ortner 2003) : tout traumatisme ne provoque pas nécessairement une fracture (Française 1992). Au niveau du crâne notamment, il peut se traduire par un simple enfoncement. Quatre cas d'enfoncement du crâne (os frontaux et pariétaux) ont été également enregistrés.

Encore une fois, ce nombre de traumatisme est sous-estimé, mais il démontre que dans les collections étudiées toutes les classes d'âges sont touchées sans pour autant en privilégier une en particulier, ce qui est le cas pour d'autres études (Garralda *et al.* 2002 ; Jiménez-Brobeil *et al.* 2007).

Autres

Sans étude paléopathologique approfondie, il est impossible de déterminer avec précision l'origine de certaines atteintes observées (Charlier 2008). Ce dernier paragraphe répertorie donc les atteintes diverses.

- Déformations : 3 individus présentent des déformations au niveau des surfaces articulaires du talus, de la surface auriculaire et de la tête fémorale sans pour autant pouvoir identifier une quelconque pathologie.
- Autres réactions osseuses : deux cas d'ostéomes ostéoïdes (kystes bénins) (Ortner 2003) ont été répertoriés sur deux individus provenant de la collection de Cherbourg. Macroscopiquement, on pourrait penser à une fracture. Or, aucune ligne de fracture n'est visible au niveau des radiographies. Le kyste quant à lui est aisément identifiable (humérus gauche et fibula gauche).
- Cas de caractères discrets surreprésentés : les caractères discrets n'ont pas fait l'objet d'une analyse approfondie dans cette étude car ils ne répondaient pas à un objectif précis. Controversée, leur interprétation est souvent difficile (Murail 2005). Cependant certains d'entre eux ont retenu notre attention car ils apparaissent en fréquence anormalement élevée chez les individus immatures de nos collections. C'est le cas des incisives en pelle sur le site de Prušánky (34% des individus possédant au moins une incisive supérieure), des insertions du muscle soléaire en fosse (11% des tibias suffisamment préservés) pour le site de Norroy ou encore du métopisme à Cherbourg (25% des os frontaux observés chez des sujets de plus de quatre ans, âge maximal pour lequel les deux hémi-frontaux se soudent : Scheuer & Black 2000, p. 108). D'autres variations anatomiques non-métriques ont été identifiées (*e.g.* perforation de la fosse olécrânienne, tubercule de Carabelli, quelques autres caractères discrets dentaires et crâniens, etc.) mais leur faible prévalence ne permet aucune analyse plus approfondie.
- Cas d'intervention *post mortem* : deux enfants à Cherbourg présentent des interventions *post mortem*. Le crâne de l'individu de la sépulture n°69 a été scié depuis la glabelle et jusqu'aux deux tiers de l'os occipital (cf. photo, ANNEXE A52, p. 408). Le second individu de la même sépulture présente un début de trépanation au niveau de l'os frontal. Aucune trace de cicatrisation n'est remarquée mais l'extrême fragmentation de la voûte ne permet pas de discerner clairement l'atteinte. Ces deux cas font penser à interventions du genre autopsie mais nous n'avons pas plus d'information à leur sujet.

Ici prend fin le catalogue des diverses pathologies et traumatismes rencontrés. Il alimente la discussion de la quatrième partie en apportant divers exemples d'atteinte des enfants au haut Moyen Âge et permet d'étayer les hypothèses quant au niveau de vie de ces populations. Un cas particulier a toutefois été plus détaillé car il illustre l'importance de la pluridisciplinarité dans ce type d'étude.

c. L'individu n° 188 de Prušánky : un diagnostic positif de la lèpre

Une pathologie sévère

Le cas de l'individu n°188 du site de Prušánky attire réellement l'attention dans un univers où les squelettes immatures sont quasiment tous sains. Les stades de minéralisation dentaire et les indicateurs squelettiques (mensurations et maturation osseuses) indiquent qu'il s'agit d'un

individu âgé entre 10 et 14 ans. Les mensurations osseuses tendent à donner un âge inférieur (entre 7 et 10 ans). Cet(te) adolescent(e) a très probablement plus de 12 ans (minéralisation de la racine des secondes molaires inférieures) mais la maladie altère vraisemblablement ces indicateurs pour l'estimation de l'âge. La non-fusion de l'acétabulum — malgré un os coxal bien conservé — interdit toute estimation de sexe fiable. D'un point de vue descriptif, deux parties anatomiques sont très majoritairement concernées par les lésions : le crâne et le membre inférieur. Au niveau du crâne, l'épine nasale antérieure est atrophiée et une déformation du prémaxillaire (résorption de l'os) modifie l'ouverture nasale. On note aussi une porosité orbitaire que l'on pourrait qualifier de *cribra orbitalia,* même si l'on retient les limites à la diagnose de cet indicateur de stress (cf. I.3.). L'os palatin présente une légère porosité et son bord nasal montre des signes d'inflammation (suractivité du tissu osseux). Il y a donc un syndrome rhino-maxillaire même s'il est modéré. Au niveau du squelette infra-crânien, seul le membre inférieur semble touché. Des réactions inflammatoires et des lyses osseuses atteignent quasiment toutes les épiphyses des os longs. Remarquons que les diaphyses ne présentent pas de caractères particuliers, ce qui est étonnant pour la sévérité des atteintes squelettiques observées. Le talus et le calcanéus sont également fortement déformés notamment au niveau de la tête et du col du talus qui montrent une déformation importante et une destruction partielle de l'articulation. Ces lyses osseuses concernent également les phalanges du pied, plus particulièrement l'hallux. Le côté gauche est globalement plus touché que le droit.

Figure 51 : Détails des lésions atteignant l'individu Pk188 de Prušánky. A droite, le syndrome rhino-maxillaire modéré, à gauche, détail des épiphyses du fémur et du tibia.

Les lésions (d'abord cutanées puis osseuses) au niveau du crâne, des membres inférieurs ou des mains et des pieds sont des critères aidant au diagnostic de la lèpre (Boldsen 2001, 2005 ; Boldsen & Freund 2006 ; Boldsen & Mollerup 2006 ; Manchester 2002 ; Manchester & Roberts 1989), alors que d'autres ne sont pas de tout symptomatiques de cette maladie (lyse osseuse au niveau des épiphyses par exemple). Certains cas d'ostéomyélite voire de tréponématose peuvent provoquer des lésions similaires (Ortner 2003). Le syndrome rhino-maxillaire (porosité de l'os palatin, échancrure nasale de l'os maxillaire) est quant à lui pathognomonique de la maladie (Manchester 2002 ; Manchester & Roberts 1989). Au vu de la sévérité des atteintes, le plus

remarquable est l'absence totale de réaction périostée et de remaniement osseux au niveau inférieur des diaphyses du tibia et de la fibula (Boldsen & Freund 2006). On ne peut donc conclure grâce à une observation ostéologique approfondie même si diverses pistes s'ouvrent dors et déjà. Alors peut-on diagnostiquer un cas de lèpre ou non ?

Apport d'une analyse d'ADN bactérien

Afin de répondre à la question précédente, une analyse biomoléculaire d'ADN de pathogène a été menée par H. Donoghue du Centre des maladies infectieuses et de la santé internationale à l' University College de Londres (Donoghue *et al. Detection, Characterization and Quantification of Mycobacterium leprae DNA from Archaeological Material*. Communication à l'International Congress of Palaeopathology, 25-27 août 2008; Copenhagen).
L'ADN ancien des pathogènes fait l'objet de plus en plus d'attention (Herrmann & Hummel 1994). L'ADN de *Mycobacterium leprae* fait partie de ceux que l'on a séquencés et qui peuvent être retrouvés en contexte archéologique (Taylor *et al.* 2006) comme par exemple les autres *Mycobacterium* responsables de la tuberculose (Mays *et al.* 2001). Mais toutes les maladies infectieuse ne peuvent pas être retrouvées par la biologie moléculaire (c'est le cas de la syphilis vénérienne : Bouwman & Brown 2005).

Le protocole d'extraction, d'amplification et d'identification a strictement été respecté. L'analyse biomoléculaire a été menée sur 4 échantillons distincts provenant de diverses parties anatomiques : le radius, la fibula, l'ouverture nasale et les côtes. L'ADN bactérien de *Mycobacterium leprae* a été détecté sur chacun des 4 sites avec un gradient de concentration décroissant de la fibula, à l'ouverture nasale puis au radius et enfin au niveau des côtes, ce qui est étonnant puisque la tête et le nez sont en général les plus porteurs. Ces résultats montrent une infection multi-bacillaire disséminée. Ils sont en concordance également avec les observations macroscopiques qui privilégient les atteintes au niveau de la fibula et de la face comme étant diagnostiques de la maladie (Boldsen 2001 ; Boldsen & Freund 2006). Notre individu souffrait donc bien de la lèpre. Ce résultat est d'autant plus étonnant qu'il est le seul à présenter des symptômes osseux de cette maladie parmi tous les individus immatures de Prušánky. Cet individu aurait-il eu un statut particulier ?

Distances probabilistes et place de l'individu au sein de la population

Les distances et positions probabilistes répondent à la question de la situation d'un individu par rapport à l'ensemble d'une population (Coqueugniot *et al.* 2005). Cette analyse correspond donc à nos attentes, à savoir comprendre comment l'individu n°188 se place au niveau morphométrique par rapport à la population immature de Prušánky.

Mathématiquement, formulée pour un fichier Microsoft® Excel, la distance probabiliste est calculée par la relation suivante (Houët in Maureille *et al.* 2001):

$$Loi.Student(\frac{Abs(x-m)}{s}; n-1\,; 2)$$

Avec *Abs* = valeur absolue ; *x* = valeur individuelle ; n = effectif de l'échantillon ; m = moyenne de l'échantillon ; s = écart-type de la population estimé à partir de l'échantillon. Le « 2 » signifie que le test est effectué de manière bilatérale.

Nos variables métriques correspondant toutes à une loi normale, elles situent donc l'individu par rapport à l'estimation de la distribution de notre population. La distance probabiliste varie de zéro (l'individu est complètement éloigné de la population de comparaison) à 1 (l'individu se confond avec la moyenne de la population). On distinguera la distance probabiliste (l'individu ne fait pas partie de l'échantillon de référence) de la position probabiliste (la valeur de l'individu est incluse dans l'échantillon de référence). Notre choix s'est porté sur la position probabiliste car elle permettra de mettre en évidence son éventuelle marginalité excessive.

Le calcul de l'écart réduit ajusté permet de visualiser la place de l'individu au sein de la population. Toujours pour un fichier Excel, il se calcule de la manière suivante (Houët in Maureille *et al.* 2001) :

$$\frac{x - m}{Loi.Student.Inverse(0{,}05; n-1) \times s}$$

L'ensemble des écarts réduits ajustés pour les mesures obtenues pour l'individu n°188 représentés graphiquement avec les intervalles de confiance de la moyenne à 95% (situés entre $-1/\sqrt{n}$ et $+1/\sqrt{n}$) sont reproduits par les Figure 52 et Figure 53. Notons que cette analyse a été menée sur les classes [5-9] et [10-14] ans, classes auxquelles l'individu n°188 peut s'intégrer. Les tableaux donnant l'intégralité des données par classes d'âge sont répertoriés en annexe (ANNEXE A53 a et b, p. 410-413).

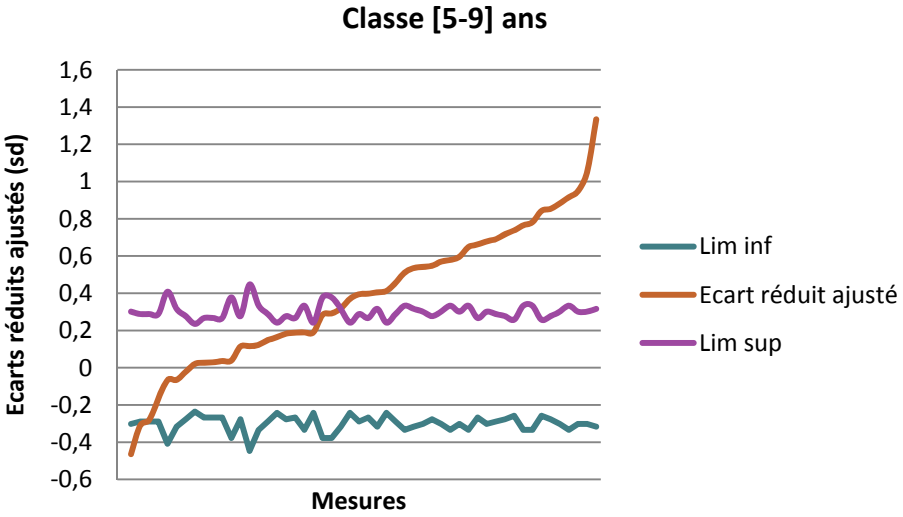


Figure 52 : Représentation des écarts réduits ajustés pour les 50 mesures obtenues pour l'individu n°188 par rapport aux sujets appartenant à la classe [5-9] ans.

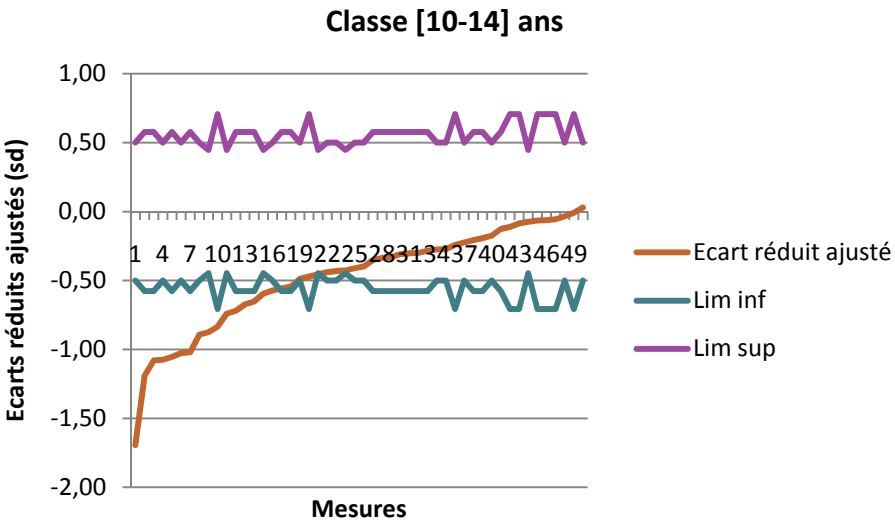


Figure 53 : Représentation des écarts réduits ajustés pour les 50 mesures obtenues pour l'individu n°188 par rapport aux sujets appartenant à la classe [10-14] ans.

Pour la classe d'âge à laquelle cet individu est censé appartenir, on observe qu'il entre dans la variabilité pour 34 mesures. Cependant, il reste dans une moyenne très basse. 16 mesures en revanche sont vraiment faibles par rapport à la moyenne des individus entre 10 et 14 ans de Prušánky. Ces mesures concernent majoritairement des largeurs de métaphyse et des diamètres en milieu de diaphyse, ainsi que le talus et le calcanéus. Inversement, il reste quand même grand par rapport aux individus entre 5 et 9 ans. En conclusion, la maladie de cet individu a dû très vraisemblablement avoir un impact au niveau de sa croissance osseuse conduisant à une gracilité excessive de la plupart des os longs et de leurs extrémités. Par rapport à son âge dentaire, il montre un format osseux plus petit que la moyenne des individus d'âge équivalent. Cette analyse peut ainsi repérer certains individus possédant une marginalité excessive par rapport au reste de la population. Dans notre cas, la pathologie sévère reconnue comme étant un cas de lèpre a freiné la croissance de l'individu. Or il est le seul sujet pour lequel des signes macroscopiques de lèpre ont pu être identifiés. Cet outil pourrait donc déterminer d'autres individus en marge de la population et contribuer à un diagnostic pathologique plus approfondi de cette population bien qu'un retard de croissance ne soit pas spécifique d'une pathologie.

L'étude biologique de cet individu pathologique n'est que peu informative quand à son appartenance directe ou indirecte à la population locale. Des analyses isotopiques pourraient compléter cette étude et argumenter en faveur de l'hypothèse de migration. De plus, ce n'est pas parce que les autres individus ne présentent pas de marqueurs osseux de la lèpre qu'ils ne sont pas atteint de la maladie (Saunders & Hoppa 1993 ; Wood *et al.* 1992). Rechercher de l'ADN bactérien sur d'autres sujets alimenterait la discussion autour de la représentativité de cette maladie et de son diagnostic, surtout que des cas similaires ont été trouvés dans d'autres sites moraves (Likovsky *et al.* 2006) ou chronologiquement proches (Belcastro *et al.* 2005).

III. LES SÉQUENCES DE MINÉRALISATION DENTAIRES : UN OUTIL INTERPRÉTATIF SUPPLÉMENTAIRE

Les deux premières parties de ce chapitre ont mis en relief la complexité des comparaisons de populations non-adultes pour les indicateurs de stress et les pathologies dentaires. Il faut jongler avec différentes dentitions : tout d'abord la dentition lactéale (déciduale), puis une dentition mixte (et c'est peut-être à ce niveau que les comparaisons sont les plus difficiles) et enfin la dentition définitive (permanente). La solution de facilité consistant à comparer les groupes d'individus par classe d'âge ne répond pas entièrement à ces contraintes car, pour un même âge estimé, le stade de développement des différentes dents n'est pas strictement identique d'un individu à l'autre. La variabilité intervient encore une fois. Par exemple, on ne peut pas avancer dans une population où il n'y a que des tout-petits que ces enfants n'ont pas de caries, car ils n'ont même pas les dents pour les porter ! Il faut par conséquent comparer ce qui est comparable, c'est-à-dire des groupes vraiment homogènes. Nous utiliserons dans cette partie les séquences de minéralisation dentaire définies dans le chapitre 4 (p. 104), pour comparer les hypoplasies de l'émail dentaire et les caries dans les quatres populations du haut Moyen Âge.

1. RÉSULTATS POUR LES HYPOPLASIES DE L'ÉMAIL DENTAIRE

a. Intérêt dans l'étude de l'indicateur de stress non-spécifique

L'intérêt principal de l'utilisation du système de séquence de minéralisation dentaire dans l'analyse des fréquences d'hypoplasies de l'émail dentaire réside dans le décompte par individu. En effet, dans la première partie de ce chapitre, les individus comptabilisés possédaient au moins quatre dents dont une canine et/ou une incisive. Ce procédé, par sa classification en groupe, permet d'intégrer dans l'analyse plus d'individus sans avoir recours à un nombre minimal de dent. En revanche, la susceptibilité différentielle des dents face aux hypoplasies nécessite de garder l'impératif une canine et/ou une incisive. Par l'intermédiaire des groupes, les individus possédant des germes dentaires isolés sont aussi plus largement pris en considération. Le problème de sous-estimation est toujours présent bien que plus limité dans l'étude générale. Le fait d'avoir recours à des classes biologiques de maturation dentaire évite l'utilisation des classes d'âge estimé. Les résultats obtenus sont donc plus proches d'une réalité biologique. Enfin, cette nouvelle approche permet des comparaisons intersites directes avec un effectif global revu à la hausse même si le fractionnement en groupes nous oblige à avoir recours à des tests statistiques appropriés (cf. paragraphe ci-après).

b. Comparaisons et résultats

Afin d'évaluer le plus précisément possible les différences inter-populations, la fréquence d'individus atteints par groupe et par site a été calculée. Elles ont fait l'objet par la suite de comparaisons deux à deux.

Le Tableau XLI montre les fréquences obtenues par site et par groupe de minéralisation dentaire.

Groupe	Caractéristiques	Mikulčice	Prušánky	Cherbourg	Norroy
1	Individus touchés	3	0	1	1
	Individus sains	31	35	18	12
	Fréquence	8,82%	0,00%	5,26%	7,69%
2	Individus touchés	5	4	3	0
	Individus sains	17	15	10	4
	Fréquence	22,73%	21,05%	23,08%	0,00%
3	Individus touchés	12	4	5	1
	Individus sains	9	7	7	12
	Fréquence	57,14%	36,36%	41,67%	**7,69%**
4	Individus touchés	10	4	1	0
	Individus sains	1	1	4	5
	Fréquence	90,90%	80,00%	**20,00%**	**0,00%**
5	Individus touchés	25	11	5	4
	Individus sains	7	3	4	15
	Fréquence	78,13%	78,57%	**55,56%**	**21,05%**
6	Individus touchés	14	8	0	7
	Individus sains	5	5	2	8
	Fréquence	73,68%	61,53%	0,00%	46,67%

Tableau XLI : Fréquences des hypoplasies de l'émail dentaire par groupe et par site (les différences significatives sont grisées, définition des groupes p. 165).

Nous avons comparé ces fréquences 2 à 2 grâce à un test du Chi^2. La correction de Yates a été appliquée du fait des faibles effectifs considérés. Aucune différence significative n'a été décelée pour les groupes 1, 2 et 6. Mais certains effectifs sont vraiment trop faibles pour être comparés même en appliquant la correction de Yates. Au niveau du groupe 3, les individus de Norroy sont significativement moins touchés que ceux des sites moraves (χ^2 corrigé = 5,81 ; p = 0,016). Il en va de même pour le groupe 4, où les populations françaises restent moins touchées que les moraves (χ^2 corrigé = 5,08 et 8,86 ; p = 0,024 et 0,003 respectivement pour Cherbourg et Norroy). Norroy reste la population la plus saine pour le groupe 5 (χ^2 corrigé = 12,49 ; p = 0,0004). Enfin, pour le groupe 5, les francs sont significativement moins touchés que les moraves (χ^2 corrigé = 4,21 ; p = 0,04). Ces résultats confortent ceux obtenus dans le cadre de l'étude plus classique et apportent des précisions par rapport aux comparaisons utilisant les classes d'âge.

Si maintenant on reprend l'ensemble des populations et analyse les fréquences globales (pour éviter la calibration nécessaire du §I.) alors on obtient la Figure 54 suivante :

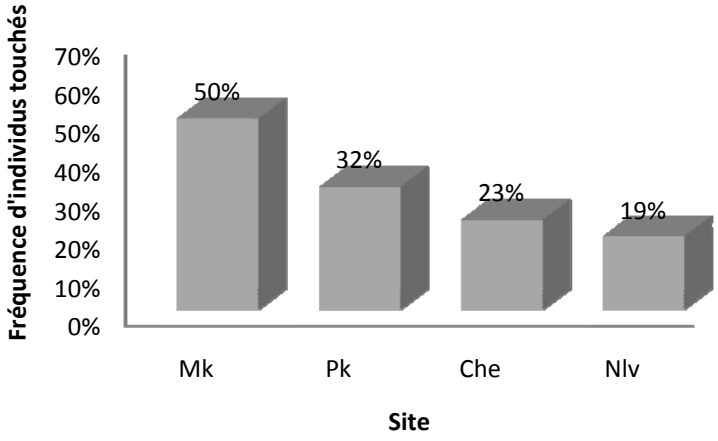


Figure 54 : Proportion d'individus présentant des hypoplasies de l'émail dentaire par site avec le système des séquences de minéralisation dentaire.

Non seulement les individus provenant du site de Mikulčice sont touchés de manière prépondérante mais cette différence est statistiquement significative (test du Chi^2, p<0,05 pour tous les sites). Les autres fréquences ne diffèrent pas statistiquement l'une de l'autre. Ce résultat confirme le fait que les hypoplasies de l'émail dentaire sont plus fréquentes chez les individus moraves au mode de vie urbain (ou en cours d'urbanisation).

Cette nouvelle approche confère donc aux résultats deux avantages : ils confirment ceux précédemment obtenus et ils sont plus proches d'une réalité biologique. Rappelons toutefois, que ces fréquences ne reflètent toujours pas la réalité de la population car des individus restent exclus de par la non-préservation de leurs vestiges dentaires.

2. LES LÉSIONS CARIEUSES : UNE NOUVELLE CALIBRATION À NE PAS NÉGLIGER

Au niveau des lésions carieuses, le système de séquences de minéralisation dentaire permet — au même titre que pour les hypoplasies — de raisonner en termes de nombre d'individus. Nous avons vu, dans la partie concernant l'analyse des fréquences de lésions carieuses par individu (cf. p. 201) que cette fréquence était sous-estimée car on ne comptabilisait que les individus ayant au moins une molaire fonctionnelle. Ce système réducteur ne révélait aucune différence significative entre les sites alors qu'il existe une influence de l'âge prépondérante. L'intérêt des séquences de minéralisation dentaire est qu'il évite le calcul du nombre de dents fonctionnelles qui n'est absolument pas évident au vu des différentes dentitions. Le groupe auquel est assigné l'individu résume en lui-même l'état de la dentition (déciduale, mixte ou permanente). Dans cette logique, on devrait observer une forte augmentation de la prévalence des caries pour le groupe 3 (dentition mixte, émergence des premières molaires et incisives permanentes).

Le Tableau XLII répertorie les fréquences de lésions carieuses par groupe et par site.

	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Groupe 4		Groupe 5		Groupe 6		Total	
Site	*n*	*N*	*n*	*N*	*n*	*N*	*n*	*N*	*n*	*N*	*n*	*N*	*n*	*N*
Mk	0	33	1	24	7	22	3	12	15	30	16	18	43	139
Fréq.	0%		4,17%		31,82%		25%		50%		88,89%		30,94%	
Pk	0	36	2	19	3	11	1	5	3	13	8	13	17	97
Fréq.	0%		10,52%		27,27%		20%		23,07%		61,53%		**17,53%**	
Che	0	19	1	14	3	11	1	5	1	9	0	2	6	60
Fréq.	0%		7,14%		27,27%		20%		11,11%		**0%**		**10%**	
Nlv	0	13	1	4	4	13	1	5	6	19	7	15	19	69
Fréq.	0%		25%		30,77%		20%		31,57%		**46,66%**		*27,54%*	

Tableau XLII : Fréquences de lésions carieuses par groupe et par site (n : nombre d'individus touchés, N : nombre total d'individus pour le groupe, en gras les différences statistiquement significatives relevées par le test du Chi²).

Bien que les effectifs considérés soient plus faibles que pour la fréquence simple par individu (cf. II 1.), ces fréquences sont plus proches de la réalité biologique. Une comparaison inter-sites peut être effectuée par un test de Chi^2 à quatre cases, en appliquant la correction de Yates pour atténuer l'effet des faibles effectifs. Les cases en gras du tableau précédent marquent les différences statistiquement significatives entre les sites.

Cette approche permet de compléter les données établies précédemment. Les individus de Mikulčice sont significativement plus atteints que ceux des sites francs. Cette différence s'explique surtout par celle touchant le groupe 6, c'est-à-dire les individus ayant leur dentition définitive. Même si l'on observe des variations de fréquence dans les autres groupes, celles-ci ne sont pas statistiquement significatives. Il y a donc bien un facteur (environnemental et/ou « populationnel ») qui influence la prévalence des lésions carieuses pour les individus tchèques.

Cette nouvelle calibration adaptée aux individus immatures permet de prendre en considération un maximum d'individus et ainsi d'optimiser les comparaisons. Il faut toutefois se rappeler que les fréquences calculées restent sous-estimées car les pertes *post mortem* et les individus pour lesquels aucune dent n'est préservée sont toujours exclus des calculs. Les faibles effectifs influent sur les comparaisons, mais sur ce point il a fallu choisir entre effectifs et significativité biologique. C'est le second point qui a été privilégié. Cependant ces prévalences se rapprochent d'une réalité car elles prennent en compte le processus de développement dentaire sans avoir recours à l'âge estimé.

3. INTÉGRATION DES DONNÉES AVEC LA POPULATION ADULTE ?

Nous venons de voir que le traitement des données sur les stress et les pathologies dentaire par l'intermédiaire des séquences de minéralisation dentaire apporte à l'étude globale des informations pertinentes et complémentaires des analyses classiques. Mais dans quelle mesure ces données peuvent être intégrées à la population adulte ?

Il est évident que les individus appartenant au groupe 6 peuvent être intégrés au corpus adulte. Dans la plupart des études de populations, les individus possédant une dentition adulte sont

inclus dans les analyses (par exemple, Bocquentin 2003). Cette intégration devient discutable pour le groupe 5. La plupart des dents permanentes sont émergées et en occlusion, mais le temps de présence dans la bouche est relativement court. Particulièrement pour les caries (dont la prévalence augmente avec l'âge), intégrer les individus de ce groupe apparaît comme discutable. Il est préférable de traiter les données au cas par cas.

En revanche, les hypoplasies de l'émail dentaire peuvent être examinées par individu touché, et l'ensemble du corpus immature par groupe peut être intégré. Ce sont toujours des individus supplémentaires et informatifs qui pourront être assimilés dans les analyses statistiques.

Pour conclure, les séquences de minéralisation dentaire apportent réellement un plus aux analyses populationnelles. Plus précises d'un point de vue biologique que l'âge au décès estimé, elles permettent d'intégrer un maximum d'individus dans le corpus de données et de lier les sujets non-adultes aux analyses concernant les adultes. Des comparaisons intergroupes pourraient également être avancées. Nous ne sommes en outre pas la seule à nous intéresser à ce phénomène. Un système similaire pour des analyses de croissance a été mis en place (Coquerelle 2009, communication personnelle).

IV. INTERPRÉTER DES DONNÉES SUR L'ÉTAT SANITAIRE GÉNÉRAL D'UNE POPULATION

Il est maintenant évident que la reconstruction de l'état sanitaire de la population vivante est inaccessible (Goodman 1993 ; Humphrey & King 2000 ; Kramar 1990 ; Lewis & Roberts 1997). Le paradoxe ostéologique est un des premier facteurs limitant car les individus étudiés sont à la fois ceux qui n'ont pas survécu mais aussi ceux qui ont vécu suffisamment longtemps pour développer des lésions osseuses quantifiables (Byers 1994 ; Wood *et al.* 1992). La relation directe entre prévalence des marqueurs de stress, des pathologies et des traumatismes avec le milieu de vie et/ou le niveau socio-économique est donc impossible. Toutefois, certaines études montrent que la convergence de plusieurs facteurs permettrait d'émettre tout de même certaines hypothèses sur les facteurs environnementaux (Golub 2000 ; Goodman *et al.* 1988 ; House *et al.* 1994 ; Kim & Durden 2007), notamment pour les études fondées sur des populations actuelles. Suite à ces remarques, la discussion autour de ce chapitre s'articulera autour de deux principaux points : les comparaisons à d'autres populations quand celles-ci ont été possibles et la corrélation qui existerait entre les indicateurs biologiques observés et le mode de vie de nos populations.

1. UN ENVIRONNEMENT DÉFAVORABLE ?

Bien que les comparaisons s'avèrent difficiles du fait des biais méthodologiques et du manque de reproductibilité des observations (surtout au niveau des hypoplasies de l'émail dentaire et pour les *cribra orbitalia*), il faut mentionner les faibles proportions d'individus touchés de nos populations quel que soit le marqueur de stress, la pathologie ou le traumatisme relevés dans le cadre de cette étude, par rapport aux publications proches de nos problématiques (par exemple Blakey & Armelagos 1985 ; Lukacs & Walimbe 1998 ; Palubeckaité *et al.* 2002 ; Ribot & Roberts 1996).

Aucun des marqueurs de stress ni des traits pathologiques étudiés ne laissent présager un environnement de vie défavorable, même si des épisodes de stress sont relevés. Ce constat est en accord avec les descriptions historiques du haut Moyen Âge (Bonnassie 1990 ; Flandrin & Montanari 1996). L'extrapolation ne peut malheureusement pas aller au-delà de cette évidence étant donné les limites énoncées supra.

2. DIFFÉRENCES BIOLOGIQUES SYNONYMES DE MODES DE VIE CONTRASTÉS ?

Si l'environnement global de nos populations ne semble pas avoir atteint de manière prépondérante l'état de santé de celles-ci, alors que conclure quant aux différences mises en évidence ? Les disparités inter-populations observées sont-elles uniquement biologiques ou sont-elles induites par le mode de vie ? Encore un problème controversé où les avis divergent.

Une certaine homogénéité inter-population doit être mentionnée en premier lieu. En effet, les hypoplasies de l'émail dentaire sur les dents permanentes touchent préférentiellement les dents antérieures et particulièrement les canines. La grande majorité de ces défauts sont linéaires (> 92% des hypoplasies pour tous les sites) avec un périmètre complet pour les sévérités moyennes et fortes et le tiers intermédiaire majoritairement atteint. Ces stress surviennent pour la plupart en période infantile. Toutes ces caractéristiques se retrouvent quasiment invariablement dans les autres études (Cook & Buikstra 1979 ; Goodman & Armelagos 1988, 1989 ; Stodder 1997). Cette homogénéité se retrouve au niveau des lésions carieuses, avec la susceptibilité différentielle des dents postérieures à développer la lésion, la majorité des caries étant occlusales ou interproximales et de taille petite et moyenne (Manzi *et al.* 1999 ; Vodanovic *et al.* 2005 ; Watt *et al.* 1997). Ces remarques sont valables pour des populations géographiquement et chronologiquement très proches (Obertova 2005 ; Obertova & Thurzo 2008). Dans quelle proportion interviendrait alors le mode de vie ?

Les différences statistiquement significatives relevées dans cette étude sont les suivantes :

- La fréquence d'hypoplasie est supérieure à Cherbourg par rapport à Norroy alors qu'il n'existe pas de différence entre les sites tchèques. En revanche la sévérité semble accrue pour les sites ruraux.
- Les caries affectent majoritairement les individus de Mikulčice pour les dents permanentes alors que ce sont les sujets de Norroy en ce qui concerne les dents déciduales. Le rapport au mode de vie est donc limité. La sévérité est encore une fois accrue chez les ruraux.
- Le site de Mikulčice présente dans l'ensemble le plus grand nombre d'individus atteints à la fois de stress, de pathologies et de traumatismes, que ce soit par l'analyse classique ou celle utilisant les séquences de minéralisation dentaire pour les caries et les hypoplasies.

Pour conclure, il est difficile de déduire un mode de vie particulier (Cucina & Iscan 1997) en fonction des indicateurs de stress et des pathologies étudiés, si ce n'est une certaine sévérité des lésions chez les ruraux. Les inégalités socio-économiques et/ou liées au mode de vie restent donc réservées aux populations actuelles pour lesquelles dans certains cas précis, des divergences réelles ont été démontrées (Riva *et al.* 2009 ; Vargas *et al.* 1998 ; Walker & Hewlett 1990). Il existe plus de différences géographiques que de différences liées au mode de vie. La corrélation entre mode de vie et facteurs biologiques reste encore plus difficile puisque nous

n'avons aucun moyen de différencier le côté biologique (tel que la susceptibilité différentielle de l'émail aux caries et/ou aux stress), du côté environnemental ou lié au mode de vie (comme avoir une alimentation plus cariogène).

Enfin, en ce qui concerne les pathologies et les traumatismes, hormis notre cas de lèpre à Prušánky, notre conclusion conforte également les publications antérieures. Les enfants du haut Moyen Âge ne sont pas exempts de pathologies et de traumatismes, seulement ce sont des indicateurs difficiles à qualifier et surtout à quantifier dans les populations non-adultes du passé (Buckley & Tayles 2003 ; Kilgore *et al.* 1997 ; Lewis 2000).

L'apport des données obtenues des squelettes immatures est toutefois non négligeable d'un point de vue synthétique sur la population dans son ensemble. Adapter les analyses aux impératifs de leurs modalités osseuses permet, dans une certaine mesure, leur intégration à la part adulte de la population et montre le potentiel réel qui existe dans cette voie de recherche (Armelagos *et al.* 2005 ; Gluckman & Hanson 2004 ; Tanner 1982).

PARTIE 3

MILIEUX, CONDITIONS SOCIO-CULTURELLES ET MODES DE VIE

CHAPITRE 8

APPROCHE ARCHÉO-ANTHROPOLOGIQUE ET PLACE DES INDIVIDUS IMMATURES DANS LES SOCIÉTÉS DU HAUT MOYEN ÂGE

De la notion « d'enfant biologique », nous passons désormais à celle « d'enfant culturel ». Quels renseignements peuvent être apportés par les données archéologiques et une approche anthropo-biologique (Duday & Masset 1987) des quatre populations étudiées ? La vision que l'on a aujourd'hui de l'enfant n'est pas celle du haut Moyen Âge (Ingvarsson-Sundström 2003). Il faut donc s'affranchir de nos préjugés avant de conclure à certaines pratiques autour de l'enfant. Ce chapitre est par conséquent en premier lieu descriptif et, dans un second temps, analytique, participant par la suite à la discussion générale.

Avertissement

L'approche archéo-anthropologique de cette étude est limitée sachant que les données acquises sont des données reprises de publications et des informations personnelles obtenues des personnes ayant la charge de ces collections. Les fouilles étant plus ou moins anciennes, les données de terrain, notamment sur les modalités d'inhumation, ne sont pas identiques pour les quatre collections. Cette partie apporte donc une approche synthétique plutôt qu'une analyse approfondie comme celle que l'on peut avoir depuis la phase de terrain. Un maximum d'informations a été recueilli, pourtant des lacunes subsistent. En outre, les descriptions sont centrées autour des squelettes immatures, seules quelques références aux adultes sont avancées. La généralisation à l'ensemble de la population n'est donc pas toujours possible. Les comparaisons inter-populations restent limitées et les interprétations mesurées.

I. GESTES ET PRATIQUES FUNÉRAIRES

1. ORGANISATION GÉNÉRALE DES CIMETIÈRES

a. Organisation spatiale

Les quatre cimetières étudiés se distinguent par leur superficie, leur densité d'occupation et le type de site en lui-même (cf. chapitre 2 pour ces informations). Si on se réfère aux plans, alors une certaine organisation peut être décrite rapprochant les sites moraves entre eux d'un côté et les sites français de l'autre.

Une très forte densité de sépultures caractérise les premiers. Ainsi de nombreux recoupements sont à décrire, de deux à une dizaine de tombes pouvant être amoncelées sur un espace réduit. D'un point de vu plus global (cf. plans, chapitre 2, p. 49-62), les sépultures de Mikulčice sont regroupées autour des vestiges de l'enceinte du château. Aucune organisation générale de la

nécropole ne peut être mise en évidence. Elle semble fonctionner plutôt par groupes de sépultures, plus ou moins denses, avec une ébauche de rangées entre deux murs. Les limites de la nécropole sont, elles aussi, plutôt floues car elle est adjacente à celle associée à l'église n°IX. La place des individus immatures ainsi que les modalités d'inhumation viendront étayer cette description. La nécropole de Prušánky est quant à elle plus circonscrite. Un certain alignement nord-sud des sépultures sur plusieurs rangées (6 à 10, si les rangées partielles sont prises en considération) se dégage de l'ensemble du site. De ce fait, les sépultures sont orientées de manière prépondérante selon l'axe est-ouest. En revanche, des regroupements semblables à ceux de Mikulčice se retrouvent aux extrémités sud et nord-est de la nécropole. Cette organisation, bien que partielle, rapproche Prušánky des cimetières français.

Une structuration certaine se dégage des sites français. Bien que l'image de Cherbourg soit tronquée du fait des fouilles non-exhaustives, les quatre secteurs fouillés révèlent tous le même type d'organisation. L'organisation spatiale de la nécropole est visible dans la partie la plus dense. Celle-ci est constituée de rangées parallèles orientées nord-sud (Delahaye 1995). La disposition des sépultures n'est pas homogène. Elles peuvent être serrées les unes contre les autres ou bien séparées par un espace plus important. Aucun recoupement n'a été observé pour une même rangée et pour une même phase d'occupation. En revanche, plusieurs superpositions de rangées ont été mises en évidence, avec un certain décalage entre deux rangées consécutives. La description des modalités d'inhumation reflète cette organisation générale. Enfin, bien que le site de Norroy soit antérieur chronologiquement aux autres, une organisation semblable à celle de Cherbourg peut être décrite. Il a aussi l'avantage d'être bien circonscrit et fouillé de manière exhaustive. La nécropole de Norroy se compose de 17 rangées parallèles où les alignements et orientations nord-sud sont récurrents. Une certaine promiscuité caractérisent quelques sépultures mais d'une manière générale un espace relativement constant est respecté, à la fois pour les rangées et entre deux sépultures.

Dans leur globalité, les sites moraves ne présentent pas d'organisation particulière si ce n'est quelques alignements épars à Prušánky. En revanche, les nécropoles françaises respectent un ordre et une organisation reflétant d'une certaine manière l'organisation de la société.

b. Place des inhumations d'immatures

Si l'organisation générale des cimetières étudiés ne révèle pas de regroupements particuliers ou de division de l'espace funéraire, qu'en est-il de la place des inhumations d'individus non-adultes ?

La nécropole de Prušánky ne possède pas de regroupement particulier au niveau des individus immatures. Aucune sectorisation par classe d'âge n'est à mentionner non plus (cf. plan, ANNEXE A54 p. 413). Notons toutefois que les tout-petits ([0]), ne sont jamais inhumés de manière isolée. On les retrouve plutôt en regroupement de 2 à 4 sépultures.

La densité des inhumations de Mikulčice n'a pas permis de distinguer toutes les sépultures par un code couleur (cf. plan, ANNEXE A55 p. 414). Toutefois, les individus immatures n'occupent pas de place particulière. Ils sont répartis de manière homogène parmi les adultes. En ce qui concerne les éventuels regroupements par classe d'âge, aucune particularité n'est à retenir non plus.

Bien que la nécropole de Norroy soit plus « ordonnée » que les nécropoles moraves (en rangées plus ou moins parallèles), les sépultures d'individus immatures se fondent parmi les adultes. Aucune organisation particulière n'est à noter, si ce n'est un regroupement au nord-ouest de 3 (voire 5) tombes d'individus juvéniles ([5-9] ans). Le plan montre également clairement la lacune de sépultures réservées aux sujets de moins de un an (ANNEXE A60, p. 417).

La non-exhaustivité des fouilles de la nécropole de Cherbourg, rend l'étude globale des inhumations plutôt difficile. Cependant, si on traite les données prises sur chaque plan, alors quelques informations peuvent être glanées (ANNEXE A56 à A59, p. 415 à 416). Les individus immatures ne semblent pas bénéficier d'un territoire particulier au sein de la nécropole. Quelle que soit la campagne de fouille considérée, leurs sépultures sont dispersées parmi celles des adultes. Étant donné la composition de l'échantillon étudié (beaucoup de sujets infantiles, peu de juvéniles et quelques rares préadolescents et adolescents), justifier d'une quelconque répartition reste anecdotique. Toutefois, il faut noter une prépondérance de sujets infantiles ([1-4] ans) retrouvés dans le secteur ouest de la nécropole, lors de la campagne de fouille de 1981. Un second point est à relever : lors de la campagne de fouille de 1979, des vestiges de murs de la chapelle Notre-Dame ont été identifiés ; bien que mal datés (postérieurs au 7e siècle), des sépultures ont été retrouvées à l'intérieur de ceux-ci. Plus particulièrement des sépultures de tout-petits et de sujets infantiles (jusqu'à 4 ans) sont regroupés dans l'abside (Alduc-Le Bagousse & Pilet-Lemière 1986). Ce constat confirme les données sur les inhumations *intra-muros* de bébés et d'enfants en bas âge (Finlay 2000 ; Morel 2004). Notez également que, sur le plan, les sépultures non colorées correspondent également pour la plupart à des inhumations de non-adultes, mais elles sont datées d'une période ultérieure (14e-16e siècles). Elles n'entrent pas dans le cadre de notre étude mais sont la preuve de la perpétuation de la pratique.

Les quatre nécropoles étudiées ne présentent pas d'organisation générale particulière. Elles correspondent au schéma classique des nécropoles du haut Moyen Âge (Durand & Vanhaeke 1987 ; Salin 1954 ; Treffort 1996), notamment pour les deux sites français. Les individus non-adultes n'occupent pas non plus de place particulière dans l'enceinte de celles-ci. Ils sont intégrés (y compris les tout-petits) entre les sépultures adultes et aucun regroupement particulier ne peut être proposé. Cette description générale est complétée par les modalités d'inhumation exposées ci-après.

2. MODALITÉS D'INHUMATIONS

Faute de données exploitables pour le site de Mikulčice, celui-ci ne sera pas pris en compte dans cette partie. En effet, il existe une scission entre les anthropologues et les archéologues tchèques qui traitent leurs données séparément. Nous avons donc repris les carnets de fouilles (quand ils étaient accessibles) conjugués aux quelques publications et monographies (Klanica 2006a, b) afin d'en tirer une synthèse, optimale bien qu'incomplète. Pour les trois autres sites, des données relativement homogènes ont pu être analysées.

a. Caractéristiques générales des fosses

Typologie des tombes

Sur les 334 sépultures étudiées pour les 3 sites, sept modes typologiques de tombe ont été définis (incluant les interprétations taphonomiques sur le terrain) :

- Type 1 : sépultures en fosse avec des traces d'un coffrage de bois (clous, éléments de bois conservés, etc.) ;
- Type 2 : sépultures à entourage de moellons en grès ;
- Type 3 : sépultures à tombe maçonnée ;
- Type 4 : sépultures en coffrage de dalles de schiste ;
- (Type 5 : sépultures en sarcophage, uniquement utilisées chez des adultes de Cherbourg) ;
- Type 6 : simple fosse en pleine terre sans trace de contenant et/ou de construction ;
- Type 7 : sépulture avec organisation complexe et mixte.

Ce dernier type de fosse n'est retrouvé qu'une seule fois à Prušánky (sépulture n° 250). Il s'agit d'une fosse avec les murs badigeonnés d'argile et probablement de chaux, comportant une niche avec un mur en bois dans laquelle était introduit le corps, dans un contenant en bois également. Nous reviendrons sur cette particularité dans les précisions par site.

La Figure 55 reporte les fréquences des différents types de fosses par site.

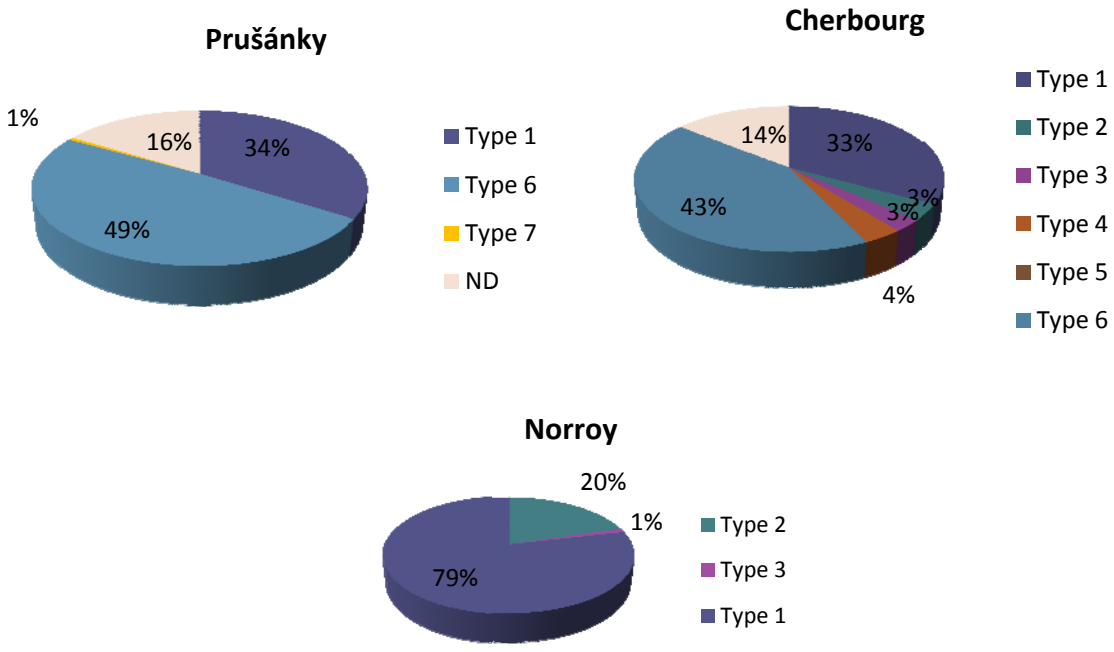


Figure 55 : Fréquence des différents types de sépulture rencontrés par site.

Les fosses simples en pleine terre sont prédominantes suivies des fosses avec coffrage en bois. Trois types de fosse sont représentés à Norroy et à Prušánky, alors que le site de Cherbourg montre une plus grande diversité. L'extension chronologique justifie cette typologie puisque certains individus sont datés du VII-VIII^{e} siècles. Cherbourg possède donc des tombes ayant à la

fois une forme plutôt mérovingienne, et d'autres strictement carolingiennes. Certaines fosses contiennent des aménagements tels que des logettes céphaliques (sépultures n°62, 195, 196, 211, 245) ou encore des coussinets (sépulture n° 208, 211). Ces coussinets céphaliques sont également retrouvés à Norroy pour 5 sépultures (n° 4007, 4042, 4078, 4230 et 4237). En ce qui concerne Prušánky, bien que la typologie générale soit identique à celle des sites francs, il faut noter une certaine complexité dans la forme des fosses. De forme diverses (ovalaires à rectangulaires), onze d'entre elles sont pourvues de niches. Le plus remarquable c'est que ces niches n'accueillaient pas forcément le défunt. De même neuf fosses présentent une ou plusieurs marches à la tête ou aux pieds du corps (pour la description détaillée des sépultures se reporter à Klanica (2006b). Des surcreusements et trous de poteau ont également été découverts. Cette complexité de forme et d'agencement ne se retrouve pas sur les sites français où la plupart des tombes sont de forme rectangulaire et à fond simple. Il est dommage de ne pas avoir pu comparer ces données à celles de Mikulčice, comparaison qui aurait pu mettre en avant un mode d'inhumation morave. Remarquons toutefois que cette typologie se retrouve sur d'autres sites tels que Nechvalin (République tchèque, Empire de Grande Moravie : (Klanica 2006b) ou encore Horb-Altheim (Allemagne, VI^{e} siècle après J.C. : Obertova (2008), caractérisant une pratique attachée à l'Europe centrale.

Cette description permet encore une fois de resserrer les liens géographiques entre ces populations. C'est la culture qui entre ici en jeu avant tout, les populations moraves se distinguant des françaises.

Taille des fosses et relation à l'âge de l'enfant :

La taille des fosses apporte des informations complémentaires quant à la gestion du cimetière et des défunts. La plupart du temps, elles sont adaptées à la taille de l'individu (par exemple Nice 1994). Bien que la taille des fosses par type ait été donnée pour Cherbourg, les données individuelles par fosse n'ont pas pu être récupérées. Les dimensions des fosses de type 1 et 6 varient en longueur de 1,50 m à 1,90 m, et de 0,40 m à 0,60 m en largeur. Les fosses de type 3 (sépultures n° 7, 62 et 197) ont des dimensions à peu près semblables : 1,80 x 0,30 x 0,40 m. Etant donné les différences d'âge ([1-4] pour les individus des sépultures n° 7 et 62 et [10-14] pour la dernière), la taille des fosses ne semble pas corrélée à la taille des individus. La hauteur des maçonneries varie de 20 à 30 cm. Les sépultures en coffrage de dalles de schiste (type 4, sépultures n° 69, 202, 245, 248) avaient une forme de parallélépipède (1,70 à 1,90 x 0,40 x 0,30 m). Une remarque similaire quant à la corrélation à la taille des individus peut être apportée ([0] et [5-9] ans pour des fosses longues). Les fosses les plus larges sont observées pour les fosses les plus anciennes. Le décapage mécanique jusqu'aux sépultures ne permet pas de connaître la profondeur initiale de ces fosses.

Dans un second temps, l'évaluation générale de la taille des fosses se fera à partir des données individuelles de Prušánky et de Norroy. La corrélation des longueurs, largeurs et profondeurs à l'âge et aux classes d'âge a été évaluée par des graphiques catégorisés (Figure 56 et Figure 57 ci-dessous, exemples pour la longueur). L'ensemble des graphiques est reporté en annexes (ANNEXES A61 et A62, p. 418 à 419).

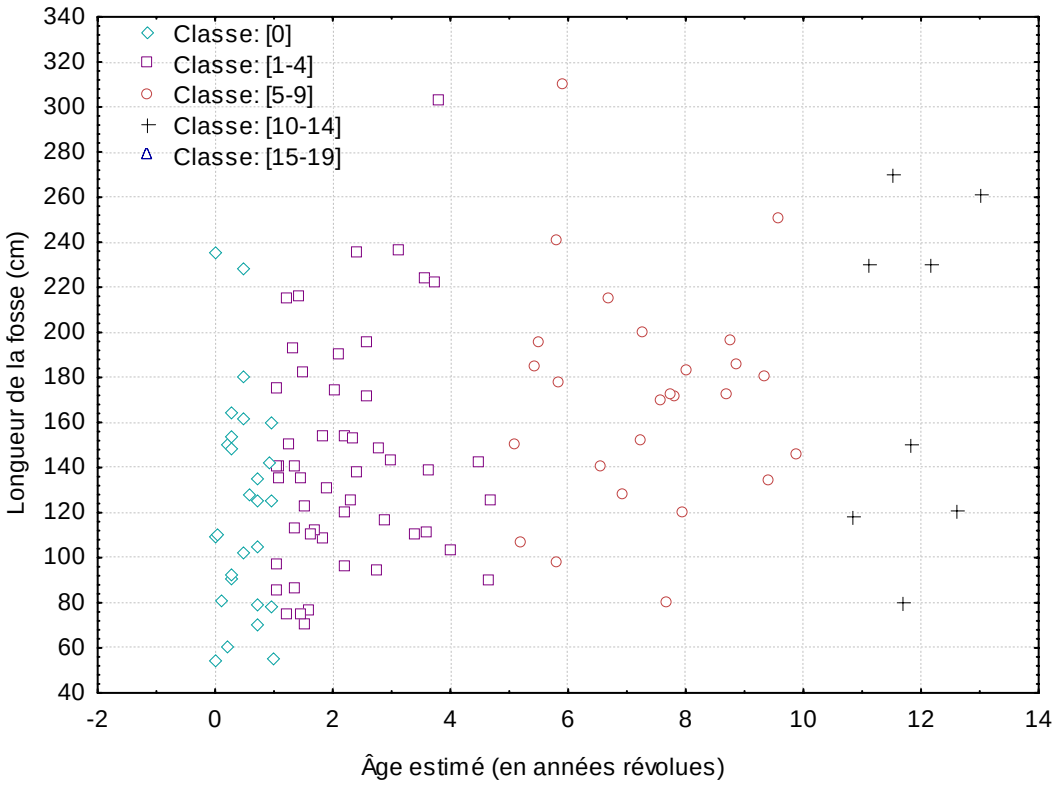


Figure 56 : Longueur des fosses de Prušánky en fonction de l'âge estimé.

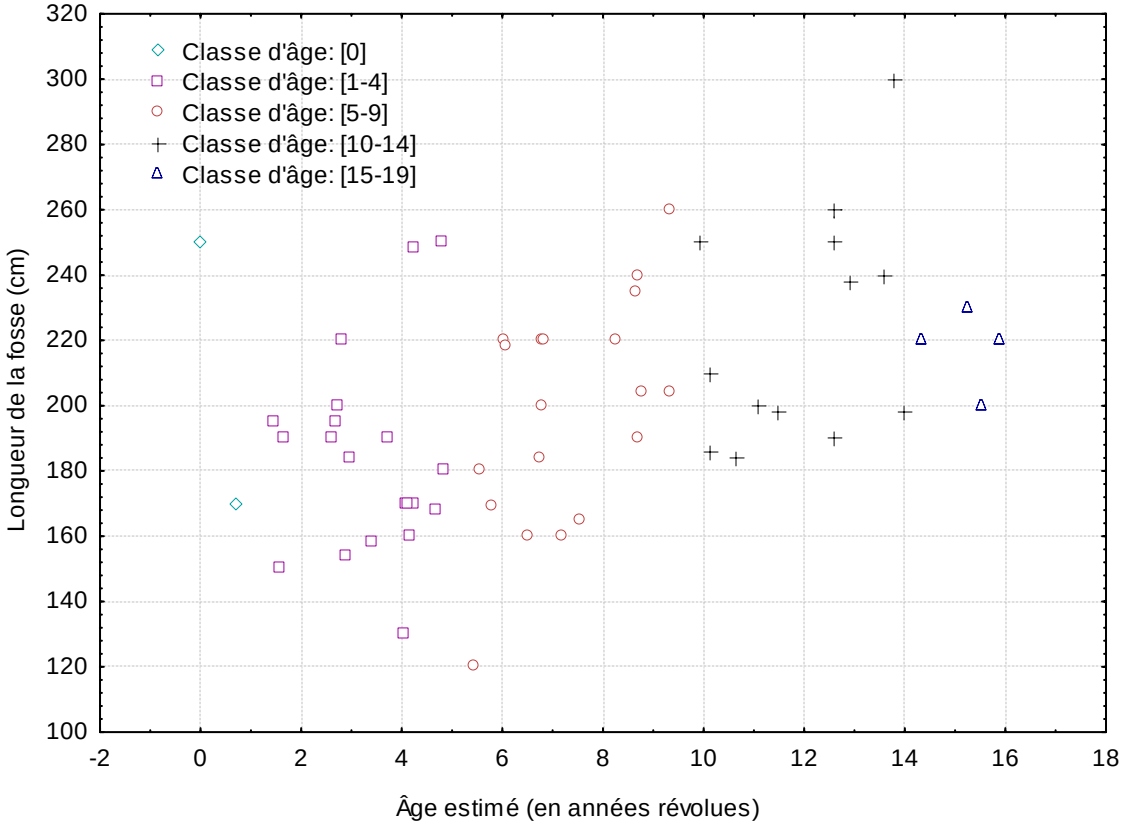


Figure 57 : Longueur des fosses de Norroy en fonction de l'âge estimé.

Les dimensions des fosses semblent avoir été plus ou moins adaptées à la taille du défunt pour les individus de Norroy (r^2 = 0,3122, p = 0,01, pour la longueur par exemple), alors qu'aucune corrélation n'est statistiquement significative pour les individus de Prušánky. Cette remarque est d'ordre général puisque, dans les deux sites, les plus petites tombes restent réservées aux enfants en bas âge et les plus grandes aux adultes. Dans tous les cas, la question de place dans la gestion du cimetière ne devait pas poser de problème. La dimension moyenne des fosses est par ailleurs différente pour les deux sites. Les fosses de Norroy sont en moyenne plus longues et plus larges (2,01 x 0,93 m) que celles de Prušánky (1,42 x 0,69 m). Mais rappelons aussi que nous avons beaucoup d'adolescents à Norroy ce qui augmente artificiellement cette moyenne. En revanche, les tombes françaises sont bien moins profondes (0,42 m en moyenne) que les moraves (1,15 m). Ces dimensions restent toutefois relatives puisqu'elles varient en fonction du type d'inhumation et des sédiments rencontrés.

b. Caractéristiques des inhumations : orientation, position et milieu de décomposition des défunts

Les caractéristiques des inhumations sont plus complètes que la typologie des fosses. Les sépultures de Mikulčice font à nouveau partie des descriptions, bien que les données enregistrées soient lacunaires.

Orientation

Le dénominateur commun pour tous les sites est l'orientation préférentielle des défunts selon l'axe est-ouest, tête à l'ouest. La Figure 58 donne les différentes orientations (au niveau de la tête) sous forme de fréquence par site. Les orientations les plus variables se retrouvent à Prušánky et les plus systématiques à Norroy. Ces orientations reflètent l'organisation générale du cimetière (ordonnée pour les sites français, plus anarchique pour les sites moraves). Gardons tout de même comme référence une nette préférence pour l'inhumation tête à l'ouest. L'orientation confirme que le passage à un rite sous l'impulsion du christianisme (à partir du 5e siècle) a été effectué (Lauwers 1997), pour les quatre nécropoles étudiées, même si des variations subsistent.

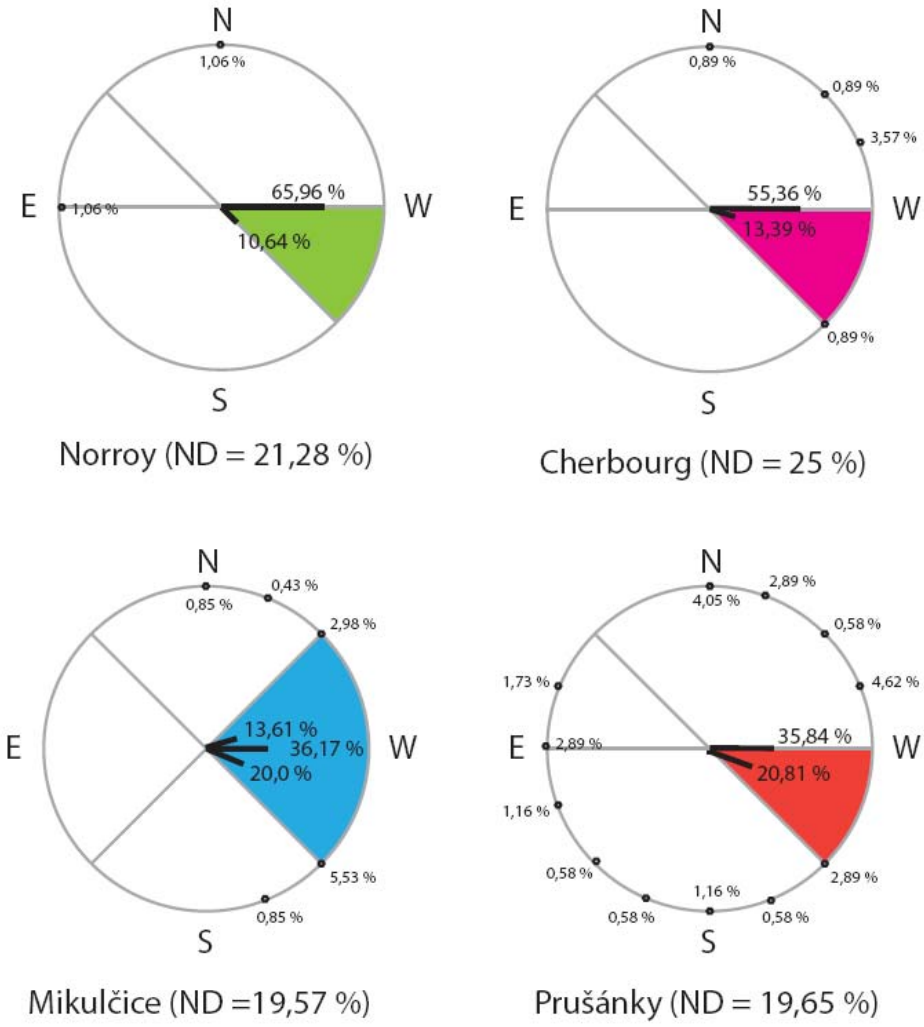


Figure 58 : Orientation des défunts par site (la région colorée représente l'orientation majoritaire).

Position du corps

Les caractéristiques suivantes concernent 3 nécropoles sur 4. En effet, ces données n'ont pas pu être retrouvées pour Mikulčice. Nous savons uniquement que la plupart des défunts étaient allongés sur le dos, les bras le long du corps et la plupart en pleine terre sans contenant (communication personnelle par P. Velemínský). Leur décomposition se serait donc effectuée en espace colmaté.

Plus de détails peuvent être apportés pour les autres nécropoles. Trois grands types de position sont retrouvés :

- Décubitus[18] dorsal (DD) : individus allongés sur le dos ;
- Décubitus latéral (DL) : individus étendus sur un côté (gauche G, droit D) ;
- Décubitus ventral (DV) : individus allongés sur le ventre.

[18] Nous retiendrons comme définition du terme décubitus, un corps allongé à l'horizontale (*Encyclopédie Le Clinicum :* Frémont 1998).

L'extension des jambes (JE) et la contraction générale du corps (JR) ont été relevées. Enfin, pour les individus de Cherbourg et de Norroy, la position des bras est aussi distinguée. Six positions des bras ont été répertoriées pour l'ensemble des individus. Dans les cas où elle n'a pu être déterminée (ND), soit les membres étaient absents (problème de conservation) soit le déplacement des os étaient trop important (décomposition en espace vide et/ou remaniement des défunts). Ces six groupes sont caractérisés par une variation de la position des avant-bras, les humérus étant toujours placés le long du corps :

- Type 1 : avant-bras le long du corps ;
- Type 2 : avant-bras croisés sur le ventre ;
- Type 3 : avant-bras réunis sur le pubis ;
- Type 4 : avant-bras droit sur le pubis et gauche le long du corps (uniquement observé chez les adultes) ;
- Type 5 : avant-bras réunis sur le thorax ;
- Type 6 : avant-bras croisés sur le thorax (uniquement observé chez les adultes).

La Figure 59 résume les différents types de position rencontrés pour les trois sites. Les abréviations correspondent à celles données entre parenthèses ci-dessus : décubitus, contraction et cas échéant numéro de position des bras.

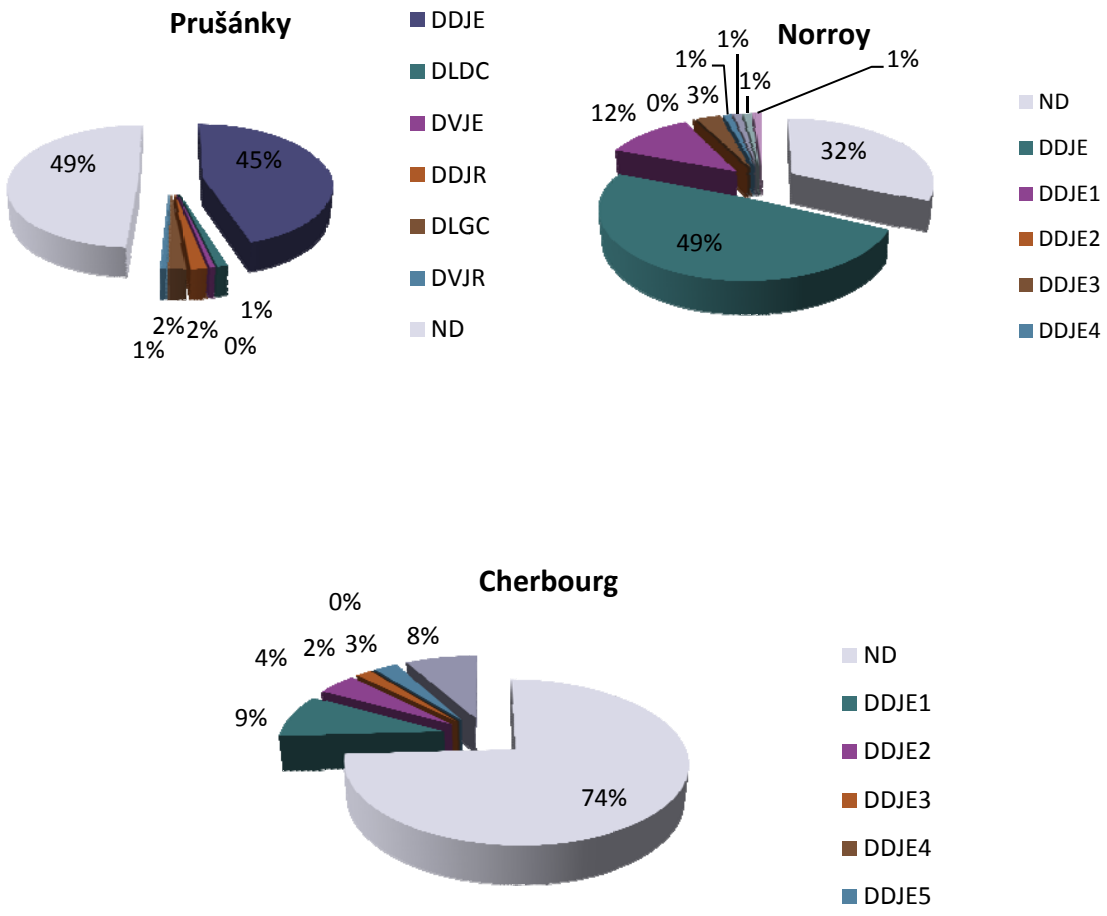


Figure 59 : Positions des défunts rencontrées dans les 3 nécropoles.

Une très grande majorité des individus étaient allongés sur le dos, jambe en extension et les bras et avant-bras le long du corps. Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre le type d'inhumation et la position du défunt ni entre ces deux caractéristiques et les classes d'âge. Ce trait est également caractéristique des inhumations selon les coutumes chrétiennes (Lauwers 1997). On notera que les Carolingiens inhumaient préférentiellement leurs défunts avec les bras croisés sur la poitrine (type 5 et 6). Ce caractère n'est pas du tout répandu pour les sépultures étudiées.

Note : les individus des sépultures n°188 et n° 308 de Prušánky sont les seuls sujets de la nécropole à se présenter en décubitus ventral. Le premier individu mentionné est cet adolescent atteint de lèpre décrit lors du chapitre précédent. Le second ne présente en revanche pas d'anomalie particulière, sachant bien entendu que certaines pathologies ne se distinguent pas sur le squelette que l'enfant peut mourir avant de développer des stigmates observables. Bien qu'ils soient intégrés au sein de la nécropole sans distinction de fosse ou de sectorisation particulière, cette position serait-elle la marque d'une différence, donc de la pathologie sévère du premier ? Toutefois, sans récurrence d'une telle observation, nous ne pourrons conclure quant à un geste funéraire particulier. Il serait intéressant de rechercher de l'ADN bactérien sur ce second individu en priorité (cf. chapitre 7, discussion sur l'individu n°188). Les modalités d'inhumation permettraient donc de mettre indirectement en évidence des modalités biologiques. Mais sans autre argument, nous ne pouvons pas conclure.

Espace de décomposition

Les mouvements d'os ou de parties anatomiques sont liés à deux principaux facteurs : le milieu de décomposition et les remaniements de sépultures (Duday *et al.* 1990). Nous nous focalisons dans un premier temps sur l'espace de décomposition. Encore une fois les données recueillies sont fragmentaires et ne concernent que les nécropoles de Prušánky et de Norroy. Notons que la conservation particulièrement aléatoire à Norroy n'a pas permis de restituer les modes d'inhumation pour un grand nombre de sépultures alors qu'ils apparaissent comme variés et intéressants à décrire.

Considérant les données obtenues comme justes et répondant aux mêmes définitions que celles retenues selon Duday (2006), pour ne retenir que la publication la plus récente, trois espaces de décomposition ont été observés : vide, colmaté et colmaté en différé. Le Tableau XLIII répertorie les milieux de décomposition par type et par site.

	Prušánky		Norroy	
	Effectif	Fréquence	Effectif	Fréquence
Espace vide	45	26,01 %	53	**56,38 %**
Espace colmaté	100	**57,80 %**	1	1,06 %
Colmatage différé	0	/	4	4,26 %
ND	28	16,18 %	36	38,30 %
Total	173	100 %	94	100 %

Tableau XLIII : Milieux de décomposition pour les nécropoles de Prušánky et de Norroy.

Les milieux de décomposition s'opposent dans les deux sites. Ces résultats sont en accord direct avec la typologie des tombes. Une majorité des sépultures de Norroy sont des fosses avec un

coffrage pouvant expliquer la décomposition en espace vide. En revanche à Prušánky, la plupart des décompositions se sont effectuées, d'après Klanica (2006), en espace colmaté. Or la présence de coffrages (59 sépultures) devrait plutôt aller dans le sens d'un espace vide. Il s'agirait alors plutôt d'un colmatage différé non envisagé par l'auteur. Retenons également le nombre important d'individus pour lesquels ces observations n'ont pu être effectuées. Nous n'irons donc pas plus loin dans les interprétations, sachant en outre que les 4 nécropoles ne peuvent être comparées sur ce point.

Cependant, une dernière information peut être apportée pour les nécropoles de Norroy et de Prušánky. D'après la position du corps, les effets de paroi (alignement des vestiges osseux le long du contenant ou des limites de fosse) et les effets de contrainte (présence d'un linceul, de liens, etc.) peuvent être mis en évidence (Duday *et al.* 1990 ; Duday & Masset 1987). Treize individus présentaient un effet de paroi pour le site morave (cf. Figure 60). La taille de la fosse n'est pas en cause, car ses leurs dimensions sont largement adaptées à la taille des corps (cf. paragraphe a.) ; c'est un contenant en matière périssable qui a certainement provoqué cet effet. Les clavicules de l'individu de la sépulture n° 281 ont pris, lors de la décomposition, une position verticale, suggérant un contenant étriqué (la fosse étant par elle-même étroite) voire la présence d'un linceul, les pieds étant resserrés eux-aussi alors que la fosse ne les contraignait pas. Mais sans autre information nous ne pourrons conclure. Remarquons également que l'individu de la sépulture n° 11 portait des liens métalliques aux poignets. Au vu de la conservation, l'auteur n'a pu définir si ces liens étaient plutôt des parures ou un moyen de contention (Klanica 2006b). C'est le seul exemple relevé chez un enfant, qui plus est un tout-petit ([0]) pour ce site. En ce qui concerne Norroy, 14 sépultures pour lesquelles la préservation des vestiges était suffisante, présentent un effet de paroi dénotant, la plupart du temps, un contenant aux dimensions inférieures à celles de la fosse (d'après la base de données mise gracieusement à disposition par A. Lefebvre). Les clous retrouvés permettent aussi de déterminer la présence d'un contenant en matière périssable lorsque la conservation faisait défaut mais ils ne sont pas systématiquement présents. Enfin deux individus témoignent d'un effet de contention : celui de la sépulture n° 4129 semble entièrement sous l'effet d'une contrainte laissant suggérer un linceul ; en revanche, celui de la sépulture n° 4256 semble avoir une ligature au niveau des genoux seulement. Hormis ces deux cas, aucun autre effet particulier n'a été observé.

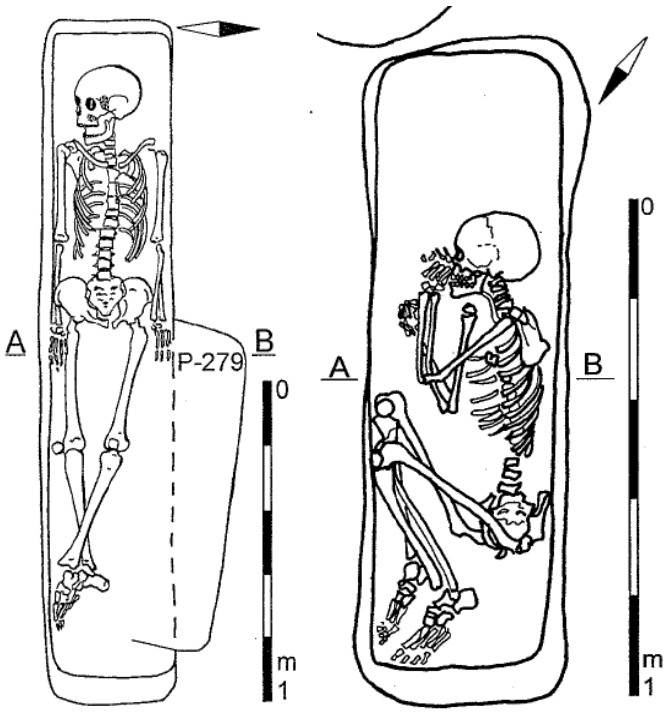
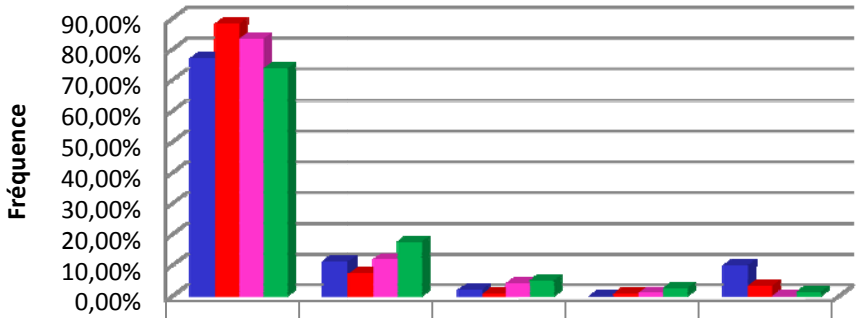


Figure 60 : Exemples d'effets de paroi observés à Pružánky, tombes n°281 (à gauche) et n°72 (à droite), d'après Klanica (2006a, b).

c. Association et remaniements de défunts

Catégories d'inhumation

Le principal mode d'inhumation au haut Moyen Âge (en particulier pour l'époque carolingienne) est la sépulture individuelle primaire (Gleize 2006). Nos quatre nécropoles ne dérogent pas à la règle (Figure 61).



	Simple	Double	Triple	Multiple	Autre
Mikulčice	77,00%	11,27%	1,88%	0,00%	9,86%
Pružánky	88,16%	7,24%	0,66%	0,66%	3,29%
Cherbourg	83,33%	11,76%	3,92%	0,98%	0,00%
Norroy	73,75%	17,50%	5,00%	2,50%	1,25%

Figure 61 : Répartition des catégories d'inhumation par site.

En effet, une large majorité des inhumations sont des sépultures primaires. Très peu de sépultures plurielles sont répertoriées. Notons que la simultanéité des dépôts n'a pas pu être réellement analysée car cette précision n'était pas toujours mentionnée par les informations recueillies et ou les rapports de fouilles. Quelques repères peuvent néanmoins être apportés en ce qui concerne les sites de Norroy et de Prušánky. Dans ce dernier, seules les n° 579 et n° 268, sont des sépultures doubles, considérées comme un dépôt simultané. A Norroy, la fouille scrupuleuse a permis d'obtenir plus de précisions. Sur les 14 sépultures doubles retrouvées, la simultanéité des dépôts a été précisée pour deux d'entres elles (n° 4211 et n° 4261) alors que les dépôts des sépultures n° 4194, n° 4169 sont qualifiés de successifs. La sépulture triple n° 4089 est encore plus intéressante puisque la simultanéité du dépôt des individus A et B est attestée mais succède à l'inhumation de l'individu C. Une autre sépulture triple (n° 4264), est par ailleurs constituée uniquement de dépôts successifs, séparés par une mince couche de sédiment (différent du sédiment de remplissage). Cette spécificité permet de montrer une gestion de l'espace sépulcral sur le long terme et une réouverture (voire plusieurs) des tombes (Edeine 1961). Les réductions vont également dans ce sens. Les sépultures dites « multiples » sont par conséquent des structures contenant 4 individus ou plus, sans toutefois faire de distinction réelle entre sépulture multiple et sépulture collective. La rubrique « autre » répertorie les cas étudiés ne rentrant pas dans les autres catégories. Ce sont les cas de réduction et les cas de vestiges retrouvés dans le sédiment de remplissage des fosses (cf. paragraphe suivant). Une structure qualifiée d'ossuaire a été répertoriée à Norroy et à Cherbourg, mais ces individus n'ont pas été intégrés à l'ensemble de l'étude. Mentionnons qu'ils contiennent tous deux, parmi les adultes, des individus immatures (toutes classes d'âges confondues) voire même des très jeunes bébés (prématurés ou autour du terme).

La notion de sépulture secondaire (Duday 2006 ; Duday *et al.* 1990) est également difficile à aborder dans notre cas. En effets, le remaniement des défunts (certain pour nos quatre nécropoles) ne signifie pas nécessairement une première décomposition dans un autre lieu que celui où il est inhumé. La pauvreté de nos renseignements à ce sujet ne permet pas de détailler ce paragraphe. En ce qui concerne les deux structures nommées « ossuaires », en revanche, la représentation différentielle des vestiges et l'absence ou quasi-absence de certaines parties anatomiques (os de la main par exemple) traduit très vraisemblablement un dépôt secondaire. Toutefois ces deux structures ne sont pas traitées dans le cadre de cette étude, leur mention vient simplement compléter les modalités d'inhumations de nos sites français.

Les réductions et remaniement des défunts

Le terme de réduction doit être défini afin d'éviter toute confusion ou utilisation mal appropriée dans notre contexte. Distinguons tout d'abord le terme de réduction du terme de réinhumation (« reburial » en anglais). Ce mot est utilisé dans la littérature comme le fait d'inhumer à nouveau un individu après l'avoir exhumé une première fois (Ousley *et al.* 2005 ; Ubelaker 1978). Dans ce cas, il est difficile de distinguer cet acte d'un dépôt secondaire (Duday 2005). Cependant certains auteurs appellent réduction tout remaniement de défunt qu'il soit à l'intérieur ou à l'extérieur de la fosse ou du contenant originel (Bonvalot 1988a, b). Encore une fois, comment la distinguer alors des dépôts secondaires ? Nous préfèrerons donc, au vu de nos données, utiliser la définition de Duday et Sellier (1990), mentionnant une réduction comme étant « un regroupement intentionnel de tous les ossements d'un individu (ou du moins de la majorité d'entre eux) dans l'espace où s'est effectué le dépôt initial » (Duday & Sellier 1990). La question de vocabulaire à ce sujet reste délicate (Bonvalot 1988b) ; apporter plus de précisions telles que

tenter d'identifier des vidanges de tombe, des réutilisations ou encore des superpositions ne nous a pas paru approprié dans ce contexte. Nous conserverons le terme de réduction lorsque, dans une structure contenant plusieurs individus, les premières inhumations ont été repoussées pour laisser la place aux suivantes et le terme de remaniement des défunts lorsque les vestiges ont été déplacés par un acte volontaire mais à des fins inconnues ou non observables.

Les réductions sont présentes dans les 4 nécropoles étudiées. Ainsi à Cherbourg, un individu est certainement réduit alors qu'à Norroy, dix individus sont concernés. Pour les sites moraves 5 individus de Prušánky sont réduits, alors qu'on note encore une fois une lacune d'information pour Mikulčice, sachant qu'au moins deux individus ont été très probablement réduits. Rappelons que ces tendances ne sont mentionnées ici que pour les sépultures contenant au moins un individu non-adulte et non pour l'ensemble des sépultures. Cette pratique semble toutefois limitée dans le cadre de notre étude. En revanche, les nécropoles moraves comprennent un grand nombre de vestiges épars sans inhumation particulière et contenus dans la terre de remplissage (17 individus à Prušánky et 21 à Mikulčice). Après avoir évalué les recoupements possibles avec les autres sépultures, ils entrent entièrement dans le NMI général pour les deux sites. Bien que souvent fragmentaires et peu conservés, certains représentent des individus à par entière et sub-complets. Quelle est donc la signification de ces vestiges dans un cadre funéraire ? La gestion des sépultures et de l'espace sépulcral semble, au vu de ces informations et de la description générale des cimetières, être moins rigoureuse pour ces deux sites par rapport aux sites français. Une explication plausible comme sépultures antérieures remaniées car non identifiées ?

Enfin, la réintervention dans certaines tombes et le remaniement des défunts semble également avoir été une pratique relativement courante au haut Moyen Âge (Gleize 2006). Des os déplacés délibérément, sans pour autant en déduire une réduction de corps, sont observables dans nos quatre nécropoles. Ces faits suggèrent une signalisation des tombes ainsi qu'une localisation précise afin de permettre leur réouverture. Si des plaques de schistes couvrant les sépultures ont été retrouvées pour les deux cimetières français, la signalisation des inhumations moraves n'a été mentionnée à aucun moment. Ce qui confirmerait bien entendu les interprétations quant à une gestion différentielle du site sépulcral.

Le dernier point à aborder est celui du pillage. Le remaniement intentionnel des défunts est aussi lié à cette pratique. Si les tombes sont complètement démunies de mobilier à Cherbourg, il est présent voire même abondant dans les trois autres cimetières (cf. I3. *infra*). Malheureusement, les pillages n'ont clairement été identifiés et mentionnés que pour six tombes de Norroy, pillages très vraisemblablement d'époque. Aucune comparaison n'est donc possible. Cependant, vu la richesse du mobilier et des autres objets funéraires dans les cimetières moraves, les tombes vides avec les os bouleversés et/ou mal préservés laissent présager de tels actes.

Le cas particulier des sujets périnatals

L'âge des tout-petits ayant été estimé avec précision (cf. chapitre 4), il est intéressant de comparer les associations de défunts en fonction de ces classes d'âge. La Figure 62 exprime les associations de défunts avec des bébés de moins de un an.

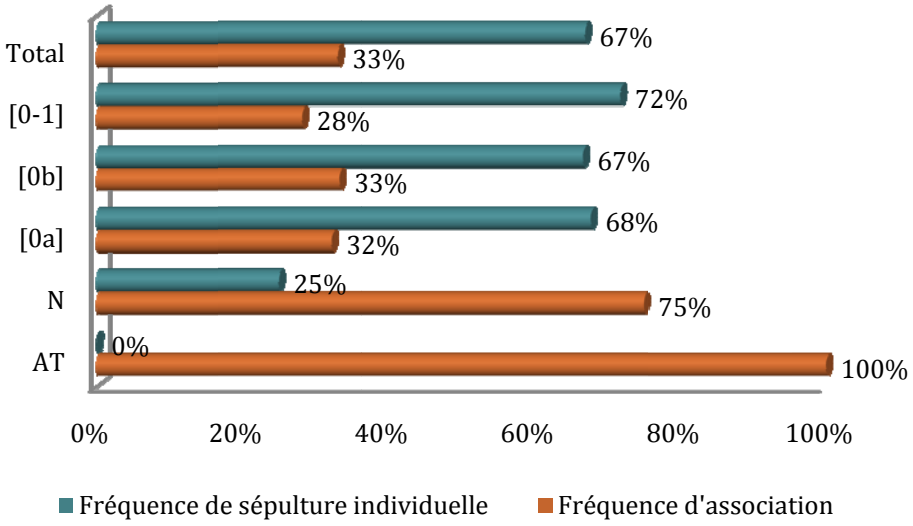


Figure 62 : Fréquence d'association de défunts pour les sujets de moins de 1 an (AT =sujets avant terme ; N = sujets néonatals ; [0a] = sujets entre 0 et 6 mois ; [0b] = sujets entre 6 mois et un an ; [0-1] = sujets entre 0 et 1 an sans précision possible).

Ce graphique démontre la prépondérance des associations des individus périnatals et l'individualisation des sépultures des bébés après l'âge de un mois. Les quatre nécropoles ont été prises en compte afin d'augmenter les effectifs. Une différence significative ($p < 0,05$) est observée pour les sujets avant terme (AT) et les sujets néonatals (N) par rapport aux classes plus âgées.

Le seul individu qualifié de fœtus a été inhumé à Norroy en association avec un homme et une femme jeunes (18-25 ans, sépulture n° 4296). Un sujet néonatal a aussi été identifié à Norroy (sépulture n° 4055). La même configuration d'inhumation auprès de deux adultes est retrouvée dans ce cas. En revanche, la préservation des vestiges adultes ne permet pas de détermination du sexe fiable. On aurait pourtant envie de conclure à une association identique. Cependant, ces cas étant les seuls observés (observables ?), ne laissons pas aller notre imagination et évitons les interprétations vite faites et abusives… En ce qui concerne les autres nécropoles, la mauvaise préservation des squelettes de la sépulture n° 272 à Prušánky ne permet pas de préciser le type d'association entre le sujet périnatal et l'autre individu. A Cherbourg, deux sujets sont inhumés de façon individuelle (sépultures n° 69 et n° 71) dans l'enceinte de la chapelle ou à proximité, ce qui confirme la volonté d'inhumation des tout-petits (baptisés ?) au plus proche de l'église (Treffort 1996). Le troisième sujet néonatal (sépulture n° 59) est associé à un squelette adulte jeune (20-30 ans) très vraisemblablement de sexe féminin. Enfin, à Mikulčice, les deux associations que l'on peut décrire sont celle de la sépulture n° 1823 où le nouveau-né est associé à un autre enfant plus âgé et celle de la sépulture n° 1913 où, encore une fois, le sujet néonatal accompagnait un individu adulte de sexe féminin. Ces descriptions vont dans le sens de ce que l'on retrouve à ces périodes : soit une volonté d'inhumation des tout-petits le plus proche des lieux saints (*ad sanctos* voire *apud ecclesiam*) (Treffort 1996) soit en association avec un sujet préférentiellement adulte et de sexe féminin, même si le nombre de cas rencontrés est insuffisant pour pourvoir conclure à une association systématique et récurrente (Orme 2003).

3. MOBILIER, DÉPÔTS ET PARURES FUNÉRAIRES

a. De la simplicité à une richesse exubérante

Bien que les données recueillies soient inégales selon les nécropoles, deux tendances sautent rapidement aux yeux :

- Soit les tombes sont quasiment toutes dépourvues de mobilier ou d'autre objet accompagnant le défunt (nombre moyen d'objet par tombe proche de zéro).
- Soit on observe une abondance d'objets et d'association d'objets, allant de quelques pièces jusqu'à plus d'une vingtaine !

Bien entendu, nous citons ici les extrêmes, la synthèse par site donnera une meilleure idée de l'ensemble des inhumations. Le haut Moyen Âge, phase de transition entre l'Antiquité et le Moyen Âge correspond à l'évolution des pratiques funéraires, tant d'un point de vue de la gestion des défunts que de celui du mobilier. Si l'on s'en tient à la littérature, la description générale des tombes devrait suivre ce schéma général :

- Époque mérovingienne (en France) : les sépultures mérovingiennes renferment généralement du mobilier. Il n'est pas rare également de rencontrer des sépultures habillées, c'est-à-dire des vêtements et des parures portés par le défunt (Stutz 2000 ; Young 1977). Ces dépôts peuvent correspondre à diverses explications : objets personnels du défunt, accompagnement dans la mort (fonction prophylactique), magnification de certains personnages lors des funérailles (Dierkens 1981), démonstration du statut de l'individu, etc. (Effros 2000 ; Treffort 2002). Cette diversité de fonction des dépôt rend très difficile toute interprétation quand à la volonté réelle de ces pratiques (Testart 2004).
- L'abondance des dépôts funéraires perdure jusqu'à l'époque carolingienne, même si l'on peut observer une raréfaction de ceux-ci dès le 7e siècle (Dierkens 1981 ; Young 1977). Il n'existe pourtant pas de décret religieux pouvant être mis en rapport avec cette diminution des dépôts, l'expansion du christianisme étant, la plupart du temps, proposée comme élément d'explication (Salin 1952 ; Treffort 1996). L'Église aurait toutefois fortement contribué à cette action régulatrice et préconisait largement l'inhumation dans la modestie, diminuant fortement les dépôts ostentatoires (Effros 1997). Les modes d'inhumation changent également selon le milieu de vie (rural ou urbain) (Tranoy 2004).

La distribution géographique et chronologique de nos nécropoles devrait permettre de retrouver ces tendances.

b. Synthèse par site

Afin d'avoir une vision d'ensemble des modalités des dépôts funéraires associés aux inhumations de sujets non-adultes, à la fois en Grande Moravie et durant le haut Moyen Âge français, les objets retrouvés dans les tombes ont été analysés de la manière suivante : décompte des sépultures contenant du mobilier, types d'objet représentés et associations, et enfin quelques notions de « démographie funéraire », c'est-à-dire la relation entre l'âge au décès et le type de dépôt. Nous verrons que cette troisième partie apporte des informations inédites.

Les nécropoles moraves, pratiques usuelles et particularités

Commençons par Mikulčice mais rappelons que ce site est constitué de pas moins de 9 nécropoles adjacentes, intimement corrélées à la stratification de la société de cette agglomération en expansion. Les informations relatées ici, sont donc relatives à une classe de commerçants et artisans et ne caractérisent donc pas l'ensemble du site. 107 sépultures contiennent du mobilier funéraire, parure ou autres objets associés au défunt, représentant 53,23% des inhumations. Elles renferment en moyenne entre 1 et 2 objets mais on en trouve jusqu'à 58 dans une même tombe (sépulture n° 1702) ! Si le nombre de perles est la principale raison de cette abondance, il n'est pas rare de compter une vingtaine d'objets différents (par exemple, sépulture n° 1703). Les grandes catégories d'objets rencontrées sont : les céramiques, la parure, les armes, le verre et quelques autres ustensiles divers (fourreau en bois, pierre à feu, seau à eau, etc.). Aucune monnaie ni aucun dépôt intensionnel de faune ne sont mentionnés. En ce qui concerne les associations particulières, aucune n'est statistiquement significative. Cependant, on note l'association entre parure et armes pour 16 sépultures, avec du verre pour 10 sépultures, et avec des objets divers pour 24 sépultures. Cette redondance est remarquable et il serait intéressant de pouvoir la retrouver sur des effectifs plus importants. Dans un second temps, des assemblages particuliers ont été retenus. En effet, il semble que pour certaines sépultures, on ait des assemblages plus « féminins » et pour d'autres plus « masculins ». C'est le cas, par exemple, des sépultures n° 1730 et 1735 (correspondant à un adolescent et à un adolescent tardif voire jeune adulte) où de nombreuses armes (haches de style Bradatice, couteux divers, etc.) sont associées à des éperons et à d'autres objets à consonance masculine (pierre à feu, briquet, seau, etc.). Si l'on considère les associations plus féminines (par exemple sépulture n° 1818 et 1829), on retrouve des parures (plus particulièrement des boucles d'oreilles, bagues et colliers de perles) avec des récipients en céramique, des fuseaux d'argile et d'autres objets de vaisselle. Toutefois, même s'il semble aisé de classer ces sépultures selon leur genre (Mizoguchi 1993 ; Ucko 1969), la préservation de l'os coxal et/ou l'âge des individus n'a pas permis d'évaluer leur sexe biologique. Cette information ne sera donc pas interprétée au-delà de cette simple description. En ce qui concerne les matériaux du mobilier, une large prédominance du fer est attestée quel que soit le type d'objet (arme, parure ou autre). Viennent ensuite le bronze et l'argent. Toutefois, pour beaucoup d'entre eux, l'alliage métallique n'est pas spécifié. Quelques objets en or sont retrouvés (sépultures n° 1675 et n° 1959, enfant entre 5 et 9 ans et âge indéterminé pour le second) mais aucune corrélation n'est significative quant à la richesse de la sépulture. Enfin de nombreux objets dorés sont mentionnés sans pour autant savoir si nous sommes en présence d'or ou non. Notons également que le cuivre n'est jamais associé avec d'autres métaux. Enfin, il existe un rapport à l'âge, avec une augmentation du nombre d'objets dans la tombe avec l'âge (exception faite de la classe [10-14] ans, mais la différence n'est statistiquement pas significative avec la classe précédente). La Figure 63 montre cette tendance.

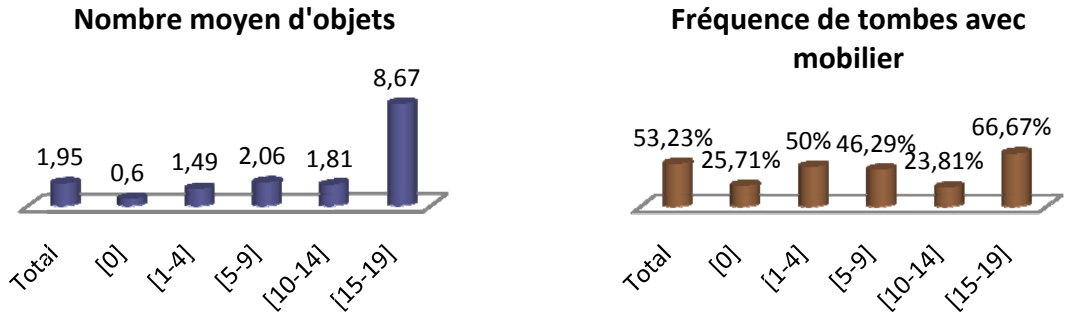


Figure 63 : Relations entre l'âge au décès et le mobilier retrouvé dans les tombes à Mikulčice.

En revanche, il n'existe pas de relation significative entre le nombre de tombes avec et sans mobilier et l'âge au décès (du moins pour les classes prises en considération). Il n'existe pas non plus de composition particulière du dépôt en fonction de l'âge. La parure est prépondérante chez les [1-4] et [5-9] ans (avec des fréquences respectives de 28,2% et 24,07%) ainsi que la présence d'arme (16,66% et 22,22%). On ne peut pas non plus distinguer de matériau particulier en fonction des classes d'âge, si ce n'est une large prépondérance du fer chez les enfants et les individus juvéniles et l'absence totale de cuivre pour les plus jeunes (classe [0]).

Qu'en est-il de leurs homologues ruraux ? Le mobilier et les autres dépôts funéraires de Prušánky sont d'autant plus complexes qu'ils présentent des types différents. On retrouve le mêmes grands types (céramiques, parures, armes, etc.) qu'à Mikulčice mais il faut ajouter le dépôt volontaire de vestiges fauniques. La monnaie est également absente des sépultures. Outre une complexité des modes d'inhumation (cf. § 2a et 2b), les dépôts funéraires sont également d'une grande richesse. Avec 99 sépultures comportant du mobilier, représentant 65% des inhumations, la nécropole de Prušánky contient significativement plus de mobilier dans son ensemble que celle de Mikulčice. Le dépôt majoritaire est la céramique qui se retrouve dans 54 sépultures. On la retrouve en association avec la parure, les armes, la faune et les objets annexes (15 sépultures à chaque fois, souvent les mêmes). La typologie des poteries est complexe (récipient en forme de « tonneau », en forme de « casserole », etc. pour les traductions littérales). Ces associations sont statistiquement significatives contrairement à celles de Mikulčice. Le verre est moins présent et représente uniquement de la parure (perles et pendentifs divers). Le second dépôt le plus fréquent est la parure avec une abondance de bijoux de tête (jusqu'à 8 différents par sépulture, 34% du nombre total de sépultures). Le cuivre est le matériau de base pour les parures de tête et se retrouve dans toutes les sépultures concernées. Le fer, le bronze, l'argent et l'or constituent les matériaux secondaires de ces parures mais leur présence dépend de la richesse des sépultures. L'or n'est retrouvé que dans une seule sépulture (n° 575, un enfant âgé entre 1 et 4 ans), ce qui diffère aussi de Mikulčice. Aucune autre association particulière d'objet et de matériau n'est à mentionner. Une particularité pour cette nécropole reste cependant à mentionner : les squelettes et vestiges de l'avifaune. En effet, les oiseaux semblent tenir une place à part entière dans les inhumations. On retrouve ainsi des coquilles d'œuf, des oiseaux en connexion anatomique et des vestiges de repas (poulet), placés soit dans des petites fosses sur-creusées soit dans des plats. La faune concerne 17,1% des sépultures et les oiseaux 9,9%, ce qui n'est pas négligeable. Cette pratique concerne en outre uniquement les enfants de moins de 10 ans. Plus précisément, les coquilles d'œuf semblent destinées uniquement aux tout-petits ([0] largement majoritaires) et les vestiges de repas aux [5-9] ans. Les deux cas d'oiseaux

en connexion accompagnent un enfant de moins de un an (sépulture n°33) et un sujet juvénile (sépulture n°78). Cette particularité n'a pas été décrite pour d'autres sites moraves même si peu d'études funéraires ont été publiées. En revanche, une étude exhaustive sur les vestiges d'oiseaux a été menée sur le site de Mikulčice (Mlikovsky 2003). Les oiseaux représentés dans ce site sont majoritairement des poules, des canards et des oies domestiques. Toutefois, d'après cet auteur, ils ne représentaient qu'une faible part de la nourriture des Slaves (0,1%) ; les œufs n'étaient également que rarement consommés et étaient préparés plus dans un cadre rituel qu'alimentaire (Mlikovsky 2003). Cette interprétation concorde parfaitement avec les données recueillies pour Prušánky. Les oiseaux devaient donc entrer dans les pratiques funéraires des Moraves entre le 9e et le 10e siècle. Ce même auteur se risque même à interpréter la présence de ces restes d'oiseaux comme un vestige de paganisme alors que la christianisation s'étendait sur l'Empire de Grande Moravie. Nous ne nous permettrons pas de conclure à ce sujet, bien que ce phénomène semble récurrent dans les nécropoles moraves (comme à Břeclav-"Pohansko").

En ce qui concerne la répartition par classe d'âge, tous les types d'objets sont retrouvés dans les sépultures, sans distinction. La vaisselle est en revanche préférentiellement retrouvée chez les [1-4] ans ainsi que les perles en verre. A titre comparatif, la Figure 64 rend compte des relations entre l'âge et le mobilier retrouvé à Prušánky.

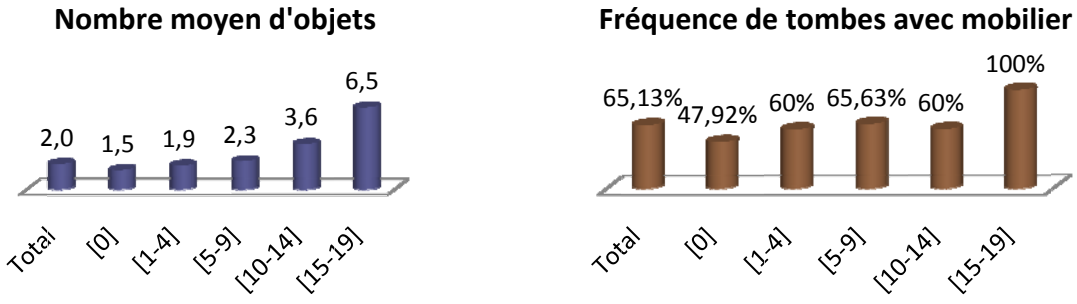


Figure 64 : Relations entre l'âge au décès et le mobilier retrouvé dans les tombes à Prušánky.

Les tendances énoncées à Mikulčice se confirment nettement pour Prušánky. Le nombre moyen d'objet par tombe augmente avec l'âge alors que la fréquence des tombes avec mobilier est quasiment égale jusqu'à l'adolescence (pas de différence significative en termes de fréquence), puis nette augmentation pour se rapprocher des adultes pour la dernière classe d'âge [15-19] ans. Enfin, les compositions de dépôt à tendance masculine ou féminine se retrouvent également à Prušánky. On trouve en association des faucilles et des fuseaux avec des poteries dans les sépultures n° 27 et 205, par exemple, alors que, dans la sépulture n° 112, la hache de Bradatice est retrouvée avec d'autres armes et des pierres à feu. Encore une fois, les individus immatures étant trop jeunes pour permettre l'estimation du sexe biologique, cette remarque restera sans interprétation définitive. Notons quand même les similitudes des associations pour ces deux sites très proches géographiquement et culturellement.

Cette proximité culturelle se retrouve dans les parures et la typologie des armes. En effet, celles-ci sont typiquement moraves et ne sont pas retrouvées plus à l'ouest. A titre d'exemple, les photos ci-dessous illustrent la hache de Bradatice et le « gombík » (sorte de bouton creux la plupart du temps, forgé dans des métaux variés et utilisé comme parure), matériel présent dans

les deux nécropoles moraves. La manufacture locale de ces objets est ancienne et prend sa source dans la culture de l'ancienne Moravie (Velemínský & Poláček 2008).

Figure 65 : Exemple d'objets fréquemment retrouvés dans les tombes moraves : hache de Bradatice et gombík (crédit photo : www.arstignaria.com/sekery.htm ; www.uhm-prednasky.fpf.slu.cz/)

De l'abondance à la nudité : le dépouillement carolingien à l'œuvre ?

Le caractère mérovingien de la nécropole de Norroy est indéniable. Le nombre de tombes contenant du mobilier est plus élevé que pour les sites moraves (64 sépultures c'est-à-dire 68,08%) avec un nombre moyen d'objets dans les fosses également plus grand (3,2). Tous les types enregistrés pour les quatre nécropoles sont représentés : poteries, parures, verre et objets en verre, armes, monnaie, faune et objets divers. Remarquons notamment la présence de monnaies dans trois sépultures mais aussi de véritables objets de verre (comme des gobelets) et pas seulement des éléments de parure. La prédominance de la poterie, des armes et de la parure est en revanche similaire aux nécropoles moraves. Deux associations prévalent significativement pour la parure : d'abord avec la poterie (29 sépultures concernées soit 36,25%) puis avec les armes (27 sépultures soit une fréquence de 33,75%). Ces deux types d'associations concernent majoritairement les mêmes tombes. En ce qui concerne la typologie des objets retrouvés : encore une fois ils sont nettement mérovingiens (James 1989 ; Salin 1951, 1954):

- De nombreux peignent en os ainsi que des fusaïoles (en os alors qu'elles sont généralement en cérammique) accompagnent les défunts. Les anneaux, plaques-boucles et colliers diffèrent véritablement des parures moraves.
- Les armes sont aussi caractéristiques : scramasaxes, pointes de lance, poignards, couteaux, etc.
- La diversification des autres objets est à remarquer : présence de forces, fiches de béliaires, divers objets métalliques, etc.

Cette courte description met aussi en relief le caractère plus « guerrier » des objets accompagnant les défunts, même en bas âge. Cette remarque correspond bien aux traumatismes et aux traces de violences plus nombreux pour ce site (mis en avant dans le chapitre 7).

Le matériau le plus courant est le fer, même si du bronze est aussi retrouvé. Au niveau des parures, des perles en ambre reviennent également plusieurs fois mais aucune relation à l'âge ne peut être attestée. Toujours concernant l'âge, la parure est majoritaire chez les [1-4] et [5-9] ans, mais le mobilier est présent pour toutes les classes. Seuls les tout-petits ([0]) ne sont pas inhumés accompagnés d'arme. Leur faible effectif ne permet cependant pas de généraliser. Les relations à l'âge sont exprimées par la Figure 66.

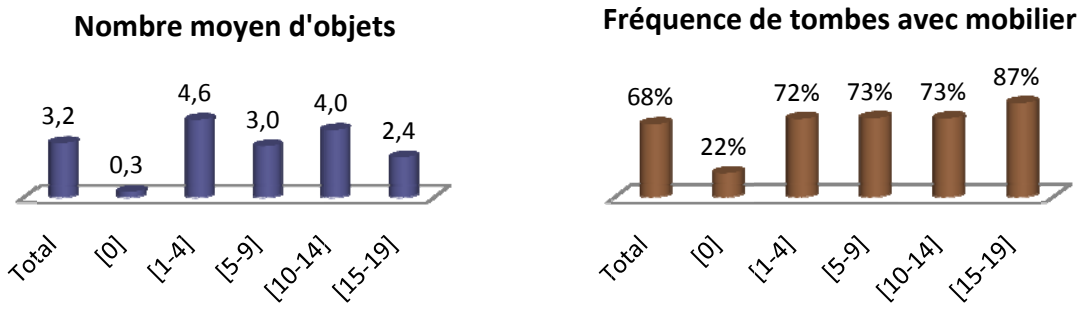


Figure 66 : Relations entre l'âge au décès et le mobilier retrouvé dans les tombes à Norroy.

Contrairement aux nécropoles moraves, le nombre d'objets dans les tombes n'augmentent pas avec l'âge et le nombre de tombes avec du mobilier ne varie que très peu. Le sous-effectif des plus jeunes (classe [0]) est significatif et il est évident qu'un traitement à part entière leur était dédié même si le type de mobilier est sensiblement identique à celui des classes plus âgées. Les inhumations classiquement mérovingiennes ne correspondent pas aux inhumations moraves. S'il est difficile de distinguer les modalités biologiques des populations françaises par rapport aux populations moraves, les deux cultures matérielles se distinguent dans cette analyse.

L'abondance du mobilier à Norroy, typique de l'époque mérovingienne, est en opposition à la quasi-absence de dépôt funéraire retrouvé lors des fouilles successives à Cherbourg. Rappelons cependant que les données de fouille restent très incomplètes. La composition du mobilier à Cherbourg peut se résumer en cinq points :

- Deux monnaies ont été retrouvées dans la sépulture n° 197 (individu âgé entre 10 et 14 ans).
- Une poterie est préservée dans la sépulture n° 205 (sujet de moins de 1 an).
- Une dent de bovin accompagne les sépultures n° 205 et 208 (individus âgés entre 1 et 4 ans).
- Un silex en contact avec le sujet de la sépulture n° 208 atteste de son dépôt volontaire mais sans autre précision particulière.
- Enfin, des clous vraisemblablement utilisés pour un coffrage ont été identifiés pour au moins 5 sépultures.

Il est remarquable que ces 3 sépultures contenant du mobilier appartiennent à la phase précoce de la nécropole de Cherbourg (7e-8e siècles). Les données étant relativement complètes au moins pour la campagne de fouille de 1995, on peut affirmer que les sépultures ultérieures (donc carolingiennes) sont dénuées de tout mobilier. Serait-ce la marque de l'appauvrissement du mobilier lors de cette phase de transition (cf. §a) ? Le contexte urbain avéré conforte également cette hypothèse avec une structuration des cimetières et une gestion des défunts bien plus organisée qu'en milieu rural (Galinié & Zadora-Rio 1996 ; Périn 1987). Le contraste avec la nécropole de Norroy est d'autant plus frappant.

c. Des données comparables ? Discussion sur la place des enfants dans ces sociétés

La disparité des données recueillies selon les sites rend très difficile les comparaisons globales. Cette courte synthèse relève simplement les grandes tendances qui se dégagent de l'analyse archéothanatologique de nos quatre nécropoles.

Tout d'abord, elles regroupent un certain nombre de dénominateurs communs :

- ✓ Les individus immatures sont tous inhumés dans un contexte similaire à celui des adultes sans sectorisation ni regroupement particuliers. L'espace funéraire ne comporte aucune division remarquable.
- ✓ Six grands types d'inhumation peuvent être décrits avec une large prédominance des sépultures en pleine terre suivies des fosses contenant un coffrage de bois. Les aménagements sont également courants avec des marches, logettes céphaliques voire coussinets pour caler la tête des défunts.
- ✓ Le mode d'inhumation reflète largement ce qui a déjà été décrit pour le haut Moyen Âge : la majorité des inhumations sont des sépultures primaires individuelles, orientées est-ouest, le défunt reposant allongé sur le dos, tête à l'ouest, les jambes en extension et les bras le long du corps. Les avant-bras présentent des positions plus variables.
- ✓ Les sujets périnatals sont préférentiellement associés à des adultes (de sexe féminin ?), peu sont retrouvés en sépulture simple. Les réductions sont présentes dans les quatre nécropoles à une faible fréquence. En revanche les réinterventions et remaniements des défunts semblent avoir été une pratique plus commune.

Toutefois quelques divergences ont pu être mises en évidence :

- ✓ L'organisation spatiale des cimetières est plus définie pour les sites français (organisation en rangées parallèles, sépultures espacées de manière homogène), même si l'extension chronologique de Norroy est antérieure aux autres sites.
- ✓ La taille des fosses varie d'un cimetière à l'autre et semble être plus ajustée à la stature du défunt pour le site français de Norroy.
- ✓ Le mobilier étudié regroupe les mêmes types d'objets : poteries, parures, armes, faune, etc. Toutefois la typologie précise est caractéristique des cultures. Les sites moraves recèlent des objets typiques de l'Europe centrale alors que Norroy présente un ensemble mérovingien local du Nord de la France. De même que les monnaies sont uniquement retrouvées dans les nécropoles françaises. Enfin, les vestiges de faune semblent avoir joué un rôle particulier mais dans des contextes encore une fois différents (les oiseaux à Prušánky et l'exemple de la mandibule de porcelet associée à l'individu périnatal n° 4296 à Norroy).

Pour conclure, la proximité géographique influence plus les gestes et pratiques funéraires que la proximité chronologique. Plus précisément, les cultures s'expriment largement dans ce chapitre, scindant l'Europe selon les empires en présence : d'un côté les francs et la culture mérovingienne puis carolingienne pour les sites français ; de l'autre l'Empire de Grande Moravie et la mise en place de la culture slave influencée par les peuples de l'Est. L'évolution diachronique et l'urbanisation en rapport bien entendu avec l'influence de l'Eglise reflète aussi ce qui avait été décrit auparavant : une organisation récurrente des cimetières en rangées

parallèles orientées nord-sud pour que les défunts soient étendus sur le dos, tête à l'ouest ainsi qu'un appauvrissement voire la disparition complète des dépôts funéraires, symbole de charité pour les carolingiens (Tranoy 2004 ; Treffort 1996, 2002 ; Young 1977). L'enfant culturel a sa place dans les cimetières au même titre que les adultes. Peu de différences dans le traitement du défunt et les modalités d'inhumation sont à retenir. Seuls les tout-petits restent en marge avec la proximité des lieux religieux pour certains et les associations avec les adultes pour d'autres (Alduc-Le Bagousse & Blondiaux 2002 ; Morel 2001, 2004).

II. APPROCHE PALÉODÉMOGRAPHIQUE ET RECRUTEMENT DES POPULATIONS INHUMÉES

1. POUR OU CONTRE LA PALÉODÉMOGRAPHIE ? UN BREF ÉTAT DES LIEUX

a. Ce qu'il existe ; les débats actuels

De nombreux débats et controverses existent puis les prémices d'une adaptation des données démographiques aux populations du passé (Acsadi & Nemeskéri 1970 ; Angel 1969a, b), et la fondation des études « paléodémographiques » (Matiegka 1912 ; Hooton 1920). Si la solution la plus simple semblait passer par la construction de tables de mortalité pour les populations archéologiques (Ewbank *et al.* 1983 ; Gage & Dyke 1986) et par l'estimation de quelques caractères démographiques des populations inhumées, tels que la mortalité juvénile ou encore le taux d'accroissement de la population (Bocquet-Appel & Masset 1977 ; Masset 1973b), ces approches ont rapidement montré leurs limites et leurs inexactitudes (par exemple Gage 1985 ; Greene *et al.* 1986 ; Masset & Parzysz 1985). La petitesse des populations et les nécessaires hypothèses *a priori* ont également poussé les paléodémographes à modifier leurs méthodes pour les ajuster aux ensembles considérés (Bocquet-Appel 1985 ; Howell & Lehotay 1978 ; Ward & Weiss 1976 ; Weiss 1976b).

La discipline, engendrant un enthousiasme certain, a donc connu de nombreux rebondissements avec tantôt des phases de franc pessimisme où toutes les études semblaient caduques (Bocquet-Appel & Masset 1982, 1985, 1996 ; Buikstra & Konigsberg 1985 ; Chamberlain 2000), tantôt des périodes plus optimistes couplées la plupart du temps avec des avancées méthodologiques (Konigsberg & Frankenberg 1994 ; Metcalf & Pavard 2007 ; Paine 2000 ; Van Gerven & Armelagos 1983). De très bonnes synthèses sur le sujet jalonnent aussi ces 30 dernières années en fonction des avancements et controverses (Buchet & Séguy 2002 ; Frankenberg & Konigsberg 2006 ; Masset 1990 ; Meindl & Russell 1998 ; Simon 1990).

Le dernier état de lieux correspond aux deux workshops organisés au Max Planck Institute for Demographic Research en juin 1999 et août 2000 ayant donné naissance à l'ouvrage de Hoppa et Vaupel (2002) relatant les débats et perspectives résultant de ces réunions de spécialistes (Hoppa & Vaupel 2002a).

La situation actuelle est la suivante :

- Les méthodes classiques telles que les tables de mortalité restent très utilisées par leur facilité d'approche. Cependant leurs limites étant reconnues, elles constituent plutôt un

argumentaire pour le recrutement de la population inhumée (Masset 1987 ; Sellier 1994, 1995).

- Le développement de nouvelles approches statistiques et simulations mathématiques constituent la perspective actuelle sans pour autant vraiment les confronter entre elles ou tout simplement les tester (Jackes 2003 ; Paine & Harpending 1996).

La recherche actuelle est essentiellement théorique. Elle évalue et modélise dans un premier temps les dynamiques des populations du passé et traite des données sur la mortalité nécessairement incomplètes, peu fiables et trop précises (Wood 1998 ; Zens & Peart 2003). Dans un second temps, ces modèles souvent complexes sont publiés sur une population donnée (Luy & Wittwer-Backofen 2005 ; Margerison & Knüsel 2002 ; Wiley & Pike 1998) sans pour autant avoir de moyens de comparaisons. Retenons que la tendance actuelle est de « déconstruire la mortalité » (Konigsberg *et al.* 1997 ; Konigsberg & Frankenberg 2002), en inversant le concept de profil de mortalité. Plutôt que de construire un profil par accumulation de données individuelles (par le biais des âges estimés), la mortalité de la population dans son ensemble est modélisée avant de retrouver les données individuelles (par exemple Alesan *et al.* 1999 ; Holman *et al.* 2002 ; Konigsberg & Herrmann 2002 ; Love & Müller 2002 ; Müller *et al.* 2002 ; Wood *et al.* 2002).

La toute dernière synthèse relatant les récents progrès et perspectives en paléodémographie (Bocquet-Appel 2008), va également dans ce sens sans pour autant tenir compte de l'histoire de la discipline. Partageant plutôt un point de vue pessimiste sur les applications de tous ces modèles, mais intéressée par l'analyse du recrutement des populations inhumées, nous tenterons donc de nous placer à l'intersection des points de vue, c'est-à-dire de mener à la fois une approche classique des tables de mortalité avec comparaisons à des tables types et d'utiliser les nouveaux concepts afin dévaluer quelques facteurs paléodémographiques des populations dans leur ensemble.

b. Biais inhérents à ce type d'étude et perspectives de résolution

Après de nombreux rebondissements dans l'histoire de la discipline, ses désillusions, ses controverses et ses nouveaux espoirs, il est désormais primordial d'envisager dès le départ, les biais inhérents à ce type d'étude. Au risque d'être en partie redondante avec le chapitre 1, il m'a pourtant semblé nécessaire de revenir sur ces points primordiaux. Voici donc les biais incontournables lorsqu'on s'intéresse à la démographie des populations du passé. Lorsque des réponses ou des voies de recherche existent, elles seront également abordées.

Les biais d'échantillonnage et les collections étudiées

Le premier problème rencontré est la fluctuation dans les données dont on dispose pour l'étude envisagée. En effet, il existe un biais d'échantillonnage général qui se répercute forcément sur les résultats qui en découlent (Jackes 2000). En effet, les sources utilisées en paléodémographie sont de nature multiple (échantillons squelettiques, données historiques, plaques commémoratives, etc.) et rarement totalement fiables (Chamberlain 2006 ; Chamberlain 2000). Même au niveau des collections de référence (donc au moins d'âge et de sexe connus), il subsiste des incertitudes et des inexactitudes.

Le second biais d'échantillonnage commun est un problème taphonomique (Bello *et al.* 2002 ; Masset 1987). Tous les vestiges ne se conservent pas de manière identique, on a donc une

préservation différentielle des squelettes sans que l'on connaisse de facteurs de compensation valables d'un site à l'autre. On ne peut par conséquent pas mener une étude uniforme sur ceux-ci. Des lacunes de données surviennent irrémédiablement (Müller *et al.* 2002). Les analyses seront donc toutes transversales avec des données le plus souvent fragmentaires (Paine & Harpending 1998).

Les biais liés aux populations du passé

Ces biais englobent à la fois les modalités des populations en elles-mêmes et les répercussions sur l'échantillon étudié. Comment influent-elles indirectement nos analyses ?

Le premier paramètre à envisager est l'influence sur les individus inhumés. En effet, on ne peut pas omettre les facteurs culturels, économiques et les pratiques funéraires dans la constitution de l'assemblage que l'on va étudier (Chamberlain 2006). Ils diffèrent fortement d'une population à l'autre et leurs comparaisons s'avèrent difficiles voire impossibles. Ces variations se retrouveront donc dans l'analyse de l'ensemble.

Le second problème à envisager est la façon inexacte que la population décédée (donc ce que l'on possède) a de refléter la population vivante à l'époque considérée. On retrouve alors irrémédiablement le concept de paradoxe ostéologique (Wood *et al.* 1992) et la notion de survivants par rapport aux non-survivants (Saunders & Hoppa 1993) déjà évoqués à plusieurs reprises.

On aura donc dans tous les cas une hétérogénéité dans les collections étudiées liée à une mortalité de toute façon sélective (Milner *et al.* 2000).

En outre, il faut envisager la notion de variabilité (Jackes 1993, 2003). Qu'elle soit individuelle ou populationnelle, elle dépend à la fois des facteurs génétiques et environnementaux. De nombreuses études rendent également compte des variations séculaires au niveau de paramètres tels que la stature ou encore les modalités de croissance (Susanne *et al.* 2001). Cela met en évidence les fluctuations des populations dans le temps (Chamberlain 2000). Il faut prendre un compte ces variations afin de pouvoir faire des analyses comparatives qui sont, par conséquent, délicates si elles concernent des populations d'époques différentes.

Suite à ce qui a été relaté ci-dessus on observera en général dans l'échantillon étudié une sous-représentation des individus immatures en bas âge (et plus particulièrement les sujets périnatals), une prédominance des adultes jeunes et enfin une sous-représentation des plus de 60 ans. Ce dernier constat provient à la fois des caractéristiques des populations mais également des méthodes d'étude utilisées. C'est ce que nous envisagerons dans la partie suivante.

Les biais méthodologiques

Les données ne sont pas toujours le facteur limitant des études, ce sont également les méthodes qui sont inappropriées ou biaisées (Jackes 2003) !

Le biais majeur faussant toute étude paléodémographique est l'estimation de l'âge des adultes (Meindl *et al.* 1983). Ce biais est récurrent et de nombreux auteurs en sont conscients (Hoppa & Vaupel 2002a, b). Pourtant à l'heure actuelle aucune méthode fiable n'existe, même si de nouvelles démarches sont en cours d'élaboration. Ce problème d'estimation se répercutera donc forcément sur la distribution par âge du profil démographique. Les méthodes concernant les

sujets immatures sont bien plus fiables (cf. chapitre 4), même s'il subsiste des inexactitudes quand la conservation des vestiges est insuffisante et que l'on se réfère au squelette infra-crânien. L'estimation de l'âge est également influencée par la structure de l'échantillon (Konigsberg & Frankenberg 1992). La structure est elle-même très biaisée par les paramètres énoncés ci-dessus. Enfin, il est reconnu que la distribution par âge mime celle de la population de référence à partir de laquelle la détermination est fondée (*e.g.* Bocquet-Appel & Bacro 1997 ; Bocquet-Appel & Masset 1982). La population de référence utilisée est alors primordiale (Usher 2002). Il s'en suit alors le problème des classes d'âges utilisées. Dans tous les cas, elles ne seront pas uniformes ni représentatives de la véritable répartition par âge de la population (Chamberlain 2000). Il faut donc essayer de les caractériser au préalable afin de rendre l'étude la plus crédible possible.

L'estimation du sexe produit l'effet inverse. S'il existe aujourd'hui des méthodes fiable pour les sujets adultes (Bruzek *et al.* 2005 ; Murail *et al.* 2005), les méthodes d'estimation du sexe chez les juvéniles sont à proscrire (cf. chapitre 4). Il en découle un biais sur le calcul du taux de masculinité.

Un autre problème majeur concerne les effectifs étudiés. Ils sont en général trop faibles pour permettre d'y appliquer des statistiques de manière fiable (Milner *et al.* 2000). Par cet intermédiaire on en vient alors aux problèmes d'estimation des paramètres démographiques en eux-mêmes :

- Les premiers essais de transposition avec la démographie actuelle ont été l'élaboration de tables de mortalité. On reconnaît aujourd'hui qu'avec les biais dans l'estimation de l'âge et les hypothèses lourdes *a priori*, elles doivent être interprétées avec parcimonie (Bocquet-Appel 2005 ; Chamberlain 2006). La sous-représentation des individus immatures influence également systématiquement les tables donc tous les paramètres calculés qui en découlent (quotients de mortalité, espérance de vie, etc.) (Zarina 2006).

- Le second problème est la quantification des migrations dans les populations étudiées. Or on ne peut pratiquement pas les estimer à part pour des périodes très récentes (Hoppa 2002). Ce non-résultat biaise considérablement l'évaluation des paramètres de croissance de la population.

- En effet, l'accès au taux de croissance d'une population du passé est inconnu (Johansson & Horowitz 1986 ; Konigsberg & Frankenberg 2002). On ne peut pas identifier clairement, si ce n'est par des indices annexes (nombre de foyer, données historiques, etc.), la croissance ou la décroissance de cette population (Jackes 2000 ; Pennington 1996). On n'a donc que peu d'informations sur les dynamiques d'une population ancienne. L'hypothèse que l'on doit obligatoirement faire pour continuer l'étude est l'hypothèse que la population étudiée est stationnaire (Bocquet-Appel & Masset 1977). Or cette hypothèse est lourde de conséquence puisque l'on sait qu'une population naturelle ne peut pas suivre ce schéma. Elle est au mieux stable (peu naturel également, Milner *et al.* 2000). Ces simplifications donneront donc dans tous les cas des résultats approximatifs et non réels.

- Enfin vient l'hypothèse obligatoire d'uniformité (Chamberlain 2006). Si l'on veut effectuer une étude démographique quelle qu'elle soit, l'uniformité permet les comparaisons. Pourtant elle devient de plus en plus controversée. En effet, si les profils

démographiques d'un groupe moderne et d'une population archéologique sont identiques alors cette hypothèse nous permettrait de conclure à des populations égales… Or c'est une approximation fausse ! Néanmoins on ne peut pas encore s'en affranchir à l'heure actuelle.

Les résultats actuels montrent la plupart du temps des populations archéologiques qui suivent un même schéma démographique. Ces populations sont-elles donc toutes égales ou avons-nous introduit dans ces analyses une erreur systématique (Bocquet-Appel & Masset 1982) ? De nombreuses questions méthodologiques mais également des problématiques mieux définies au préalable restent encore à élucider. Pourtant après un pessimisme général sur cette discipline dans les années 1990, de nouvelles perspectives apparaissent avec une approche des populations globalement différente, donnant un nouvel espoir à la paléodémographie.

Perspectives en paléodémographie

Sur la problématique

Vu le niveau de biais qu'engendre une étude paléodémographique, il est absolument indispensable de bien définir sa problématique au préalable et de cerner toutes les éventuelles erreurs ou approximations qu'elle produit.

La question de base est donc le problème de faisabilité ou non faisabilité de l'étude (Jackes 1992 ; Konigsberg & Frankenberg 2002 ; Milner *et al.* 2000). Le débat est toujours d'actualité. Certains considèrent qu'il n'est pas possible d'approcher les modalités démographiques des populations du passé, alors que d'autres estiment que ce sont certes des informations générales et approximatives mais utiles dans notre compréhension.

Milner *et al*. (2000) ont donc proposé une démarche à effectuer pour envisager les écueils de l'étude avant de l'aborder. Six questions résument cette problématique de base :

- Quelles questions théoriques peuvent être résolues à partir d'échantillons squelettiques ?
- Comment peut-on comprendre les processus d'échantillonnage qui biaisent les collections étudiées ?
- Comment peut-on obtenir une estimation de l'âge et du sexe moins biaisée, surtout au niveau des individus adultes ?
- Comment les erreurs d'estimation peuvent-elles être honnêtement minimisées ?
- Comment le problème « non-stationnaire » peut-il être résolu ?
- Comment peut-on ajuster nos études face au problème d'hétérogénéité des populations et au problème de mortalité sélective ?

Ces six points ne sont pas forcément solubles mais ils permettent d'aborder une étude en étant conscient de ses limites… En acceptant certaines limites, on en vient à émettre différentes hypothèses nécessaires si l'on veut rendre l'étude démographique valide. En effet elle ne reflètera pas la démographie réelle de la population vivante mais elle contribuera néanmoins à sa compréhension générale.

La seconde avancée autour de la problématique de la paléodémographie est la volonté générale d'analyser d'abord les biais, avant de se lancer dans l'étude démographique à proprement parler.

Cette volonté se traduit dans l'ouvrage de Hoppa et Vaupel (2002), élaboré, à la suite du « Rostock Manifesto », invitant les spécialistes de la discipline à faire le point sur leur science (Hoppa & Vaupel 2002a). Un accent est donc mis désormais sur la méthodologie.

Notons enfin l'effort de pluridisciplinarité indispensable dans ce genre de reconstitution du passé (Margerison & Knüsel 2002). Toutes les sources d'information sont à envisager, la confrontation des données étant des plus profitables.

Sur les méthodes

Le dernier gros effort pour tenter de combler les biais inhérents à la paléoanthropologie est une volonté de progresser dans les méthodes.

Le point de vue des paléodémographes sur la distribution par âge des individus et le profil de mortalité a changé. On voudrait établir une méthode d'estimation de l'âge universelle alors que l'âge est un phénomène individuel (Kemkes-Grottenthaler 2002). Ils ont alors inversé leur démarche. A partir de maintenant ils cherchent à s'affranchir de la distribution par âge et de l'estimation de l'âge individuel. Ils ont donc une approche populationnelle (Buchet & Séguy 2002), qui s'applique à construire d'abord le profil démographique général avant d'obtenir un âge individuel (Bocquet-Appel & Masset 1996 ; Müller *et al.* 2002). De nombreuses approches pour obtenir les estimations de distributions par âge sont alors abordées (Chamberlain 2006). On peut également partir de la moyenne d'âge au décès estimé pour reconstruire la distribution par âge de la population (Bocquet-Appel & Masset 1996). On n'arrive pas à de véritables distributions mais à différentes hypothèses intéressantes à exploiter. Cette approche reste néanmoins critiquée et critiquable (Jackes 2000). Pourtant ce point du vue inversé (bien qu'au départ on injecte quand même des données individuelles sans les exploiter en tant que telles), est une avancée non négligeable.

D'autres approches minimisent (ou tentent de minimiser) les biais méthodologiques. Par exemple, le développement de modèles paramétriques de mortalité par âge spécifique (avec la méthode statistique du maximum de vraisemblance) semble valable même pour de faibles effectifs — biais majeur de nos collections — (Milner *et al.* 2000). Les approches statistiques probabilistes s'affranchissent des probabilités *a priori* concernant les populations de référence. Cela permettrait d'éviter le mimétisme des résultats par rapport aux collections de référence, ce qui est considérable (Bocquet-Appel & Naji 2006). Rappelons tout de même que ces biais subsistent et que les études sont loin d'être finalisées. Ce sont toutefois des perspectives non négligeables.

Enfin la recherche de la signification et de la représentativité de l'échantillon est également une conception novatrice (Konigsberg & Frankenberg 2002 ; Konigsberg & Herrmann 2002). Avec le développement des modélisations on peut ainsi formuler différentes hypothèses à discuter plutôt que d'affirmer des résultats de toute façon critiquables (Chamberlain 2006).

Pour conclure, de nombreux biais jalonnent une étude démographique. Ils sont d'ailleurs à l'origine du débat sur la faisabilité ou non-faisabilité de ce type d'étude, nourri depuis plus de trente ans maintenant. Pourtant, nous pensons que le changement de point de vue sur l'orientation de la discipline et les efforts pour minimiser ces limites lui font prendre un nouveau départ. Les nombreuses études émergentes prouvent que les perspectives sont bien réelles et que la paléodémographie ne s'essouffle pas encore. Cependant, il faut se souvenir que ce sont les

applications qui sont primordiales ; l'étude du recrutement des cimetières nécessite-t-elle alors autant de modélisations et de complexité dans les modèles ? L'analyse du recrutement et de la signification de l'échantillon archéologique est une étape primordiale puisqu'elle conditionne toutes les autres interprétations. Elle est donc, malgré tout, très informative en bioachéologie et il ne faut pas la négliger.

2. OUTILS POUR L'INTERPRÉTATION DES ANOMALIES DÉMOGRAPHIQUES

Nous avons choisi de nous placer à mi-chemin des deux façons de penser : analyser le côté pratique et évaluer le recrutement par les approches classiques des tables de mortalité et des comparaisons aux tables types ; mais aussi, modéliser, dans un second temps, quelques facteurs démographiques de nos populations (tels que l'espérance de vie ou la mortalité juvénile) à l'aide des approches récentes.

a. Hypothèses *a priori*

Les analyses classiques ne doivent pas passer outre les hypothèses *a priori*. Elles sont le fondement de la mise en œuvre méthodologique et des interprétations qui en découlent.

Alesan *et al*. (1999) ont rappelé une série d'hypothèses à émettre avant de réaliser des tables de mortalité et d'autres analyses plus complexes. Elles sont au nombre de trois :

- L'utilisation du cimetière est liée à une seule population ou type de population.
- Tous les individus de la communauté sont enterrés au sein de ce cimetière sans pratique différentielle.
- Les fouilles du lieu ont été exhaustives.

Les analyses biologiques sur nos quatre cimetières démontrent effectivement qu'il est peu probable que leur utilisation soit liée à plusieurs types de population. Le début de ce chapitre montre qu'il n'existe *a priori* pas de pratique différentielle au sein de chaque cimetière. La troisième hypothèse en revanche est difficile à tenir. En effet les fouilles sont exhaustives ou peuvent être considérées comme telles pour trois des quatre nécropoles. La nécropole de Cherbourg a fait l'objet de plusieurs campagnes de fouilles mais celles-ci ne sont absolument pas exhaustives (Delahaye 1995). Les interprétations devront donc être encore plus mesurées pour ce site.

Enfin, l'élaboration de tables de mortalité nécessite la formulation de l'hypothèse de Halley pour appliquer la méthode des décès et considérer le nombre de survivants égal au nombre de décès. La population étudiée doit être stationnaire[19], c'est-à-dire que sa structure par âge est invariable et que son taux d'accroissement est nul (Williams 1992). Cette uniformité se traduit également par un taux de migration nul ou parfaitement équilibré (nombre d'émigrants égal au nombre d'immigrants) et des taux de natalité et de mortalité identiques. Cette hypothèse, totalement irréelle (bien qu'il existe de bons arguments en démographie historique : *e.g*. Bideau 1983 ; Dupâquier 1972, 1979, 1988 ; Le Roy Ladurie 1969, 1974) est pourtant obligatoire. Notons cependant qu'il existe des mécanismes d'autorégulation des populations (Sellier 1994, 1995 ;

[19] Cette définition est encore plus restrictive que la notion de population stable qui autorise un taux d'accroissement constant (Howell 1976 ; Sattenspiel & Harpending 1983).

Weiss 1976a) qui à long terme permettent d'équilibrer le taux d'accroissement d'une population traditionnelle (fort taux de fécondité associé à un fort taux de mortalité). Rappelons également que nous utilisons cette approche dans le but de démontrer des anomalies flagrantes et non de calculer des paramètres démographiques précis. Cette hypothèse lourde n'aura par conséquent que peu d'influence sur l'étude générale par exemple : Drusini *et al.* 2001 ; Howell 1982).

b. Tables de mortalité

Consciente des hypothèses *a priori* lourdes de conséquences, les tables de mortalités ont pu être élaborées pour nos quatre populations du haut Moyen Âge. La répartition des effectifs par classes d'âges est faite selon les classes habituelles : [0] ; [1-4] ; [5-9] ; [10-14] et [15-19] ans. L'effectif des décès adultes a été pris en compte dans les tables sans toutefois le scinder en classes particulières. Les adultes n'apparaîtront pas non plus sur les profils de mortalité et les comparaisons avec les tables-types. Les tables répertorient les données suivantes pour chaque classe : les effectifs de décès (D_x) et de survivants (S_x) ; les quotients de mortalité ($_aq_x$) ; le nombre d'années révolues par classes (a) ; l'effectif moyen de sujets vivants (V_x) ; le total cumulé des années vécues (T_x) ; et enfin l'espérance de vie ($e°_x$) calculée à partir des deux facteurs précédents. Le Tableau XLIV reporte les tables de mortalité pour les 4 populations étudiées. L'espérance de vie a été calculée à partir d'une durée de vie de 60 ans.

i. Mikulčice

Classe	Effectifs	D_x	S_x	$_aq_x$	$e°_x$
[0]	34	34	450	75,56	28,36
[1-4]	86	86	416	206,73	29,64
[5-9]	61	61	330	184,85	32,84
[10-14]	24	24	269	89,22	34,72
[15-19]	16	16	245	65,31	32,88
Adultes	229	229	229	1000,00	30,00
Total	450	450	/	/	/

ii. Prušánky

Classe	Effectif	D_x	S_x	$_aq_x$	$e°_x$
[0]	48	48	336	142,86	28,48
[1-4]	65	65	288	225,69	32,14
[5-9]	32	32	223	143,50	36,93
[10-14]	10	10	191	52,36	37,70
[15-19]	2	2	181	11,05	34,64
Adultes	179	179	179	1000,00	30,00
Total	336	336	/	/	/

iii. Cherboug

Classe	Effectif	D_x	S_x	${}_aq_x$	$e°_x$
[0]	24	24	264	90,91	33,17
[1-4]	50	50	240	208,33	35,44
[5-9]	16	16	190	84,21	40,24
[10-14]	6	6	174	34,48	38,71
[15-19]	0	0	168	0,00	35,00
Adultes	168	168	168	1000,00	30,00
Total	264	264	/	/	/

iv. Norroy

Classe	Effectif	D_x	S_x	${}_aq_x$	$e°_x$ (60 ans)
[0]	9	9	377	23,87	40,23
[1-4]	29	29	368	78,80	40,19
[5-9]	27	27	339	79,65	39,40
[10-14]	14	14	312	44,87	37,52
[15-19]	8	8	298	26,85	34,13
Adultes	290	290	290	1000,00	30,00
Total	377	377	/	/	/

Tableau XLIV : Tables de mortalité des quatre populations étudiées.

Le comportement de chaque population est différent mais les profils de mortalités comparés à ceux des tables types mettent mieux en valeur ces différences.

c. Comparaisons à diverses tables-types

Au début du développement des analyses paléodémographiques, les tables établies par G. Acsádi et J. Nemeskéri (1970) ou par K.M. Weiss (1973) étaient préférentiellement utilisées (cf. citations dans Séguy *et al.* 2006). Cependant, uniquement fondées à partir de populations archéologiques et très biaisées, on se réfère désormais aux tables types contemporaines comme celles de Lerdermann (1969). Nous avons choisi, dans un premier temps, de comparer nos données à celles-ci. Pour cela, il faut au préalable choisir une entrée afin de définir le profil théorique. Nous comparerons donc nos populations à une table type élaborée à partir de l'espérance de vie à la naissance et sexes confondus puisque nous sommes dans l'impossibilité de connaître le sexe de nos individus. L'encadrement choisi est celui d'espérances de vie à la naissance entre 25 et 35 ans puisque nos populations tendent vers ces âges (cf. Tableau XLIV ci-dessus). En effet, pour les populations traditionnelles, l'espérance de vie à la naissance tourne en effet autour de 30 ans (Sellier 1994, 1995), les intervalles de confiance à 95% calculés pour les quotients de mortalité par classe d'âge englobent donc ces paramètres. La Figure 67 compare les profils de mortalité des quatre populations étudiées aux données de Ledermann (1969).

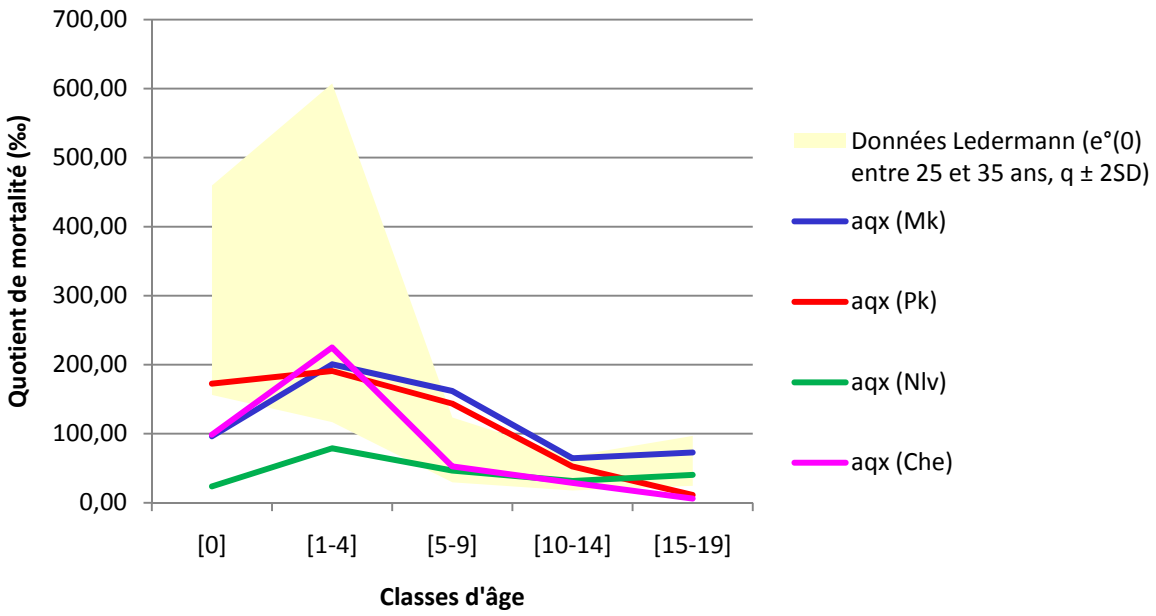


Figure 67 : Comparaisons des profils de mortalité des 4 populations étudiées en fonction des données de Ledermann (1969), espérance de vie à la naissance entre 25 et 35 ans, sexes confondus.

Ces profils reflètent les tendances classiquement observées pour les populations archéologiques, c'est-à-dire une sous représentation des individus de moins de 1 ans puis des quotients qui entrent dans une mortalité plus naturelle. Remarquons toutefois la surreprésentation des individus entre 5 et 14 ans dans les populations moraves et plus particulièrement à Mikulčice. Il faut aussi mentionner que cette première étape ne minimalise pas les anomalies d'effectifs (Sellier 1994) liées aux méthodes d'estimation de l'âge. Cette rectification apparaîtra au paragraphe suivant.

Le modèle de Ledermann fondé sur des populations contemporaines suppose également qu'il y ait continuité des comportements de la Préhistoire à nos jours (Bocquet-Appel & Masset 1982, 1985). Nous proposons donc de comparer, dans un second temps, nos modalités de mortalité aux modèles mis en œuvre par Séguy *et al.* (2008) correspondant à un schéma de mortalité propre aux populations pré-industrielles (Séguy *et al.* 2006 ; Séguy *et al.* 2008). Leurs modèles sont constitués à partir de 292 tables de mortalité pour les sexes réunis. Selon les modèles, toutes les tables ne sont pas conservées. Le taux de croissance de la population peut également être déterminé et les comparaisons faites en fonction de celui choisi. Pour notre part, nous ne voulons ajouter aucune approximation, le taux de croissance retenu est égal à zéro, c'est-à-dire qu'il correspond à une population stationnaire comme dans les premières comparaisons. L'espérance de vie à la naissance se situe entre 25 et 30 ans. Le graphique correspondant à ces nouvelles comparaisons est donné par la Figure 68.

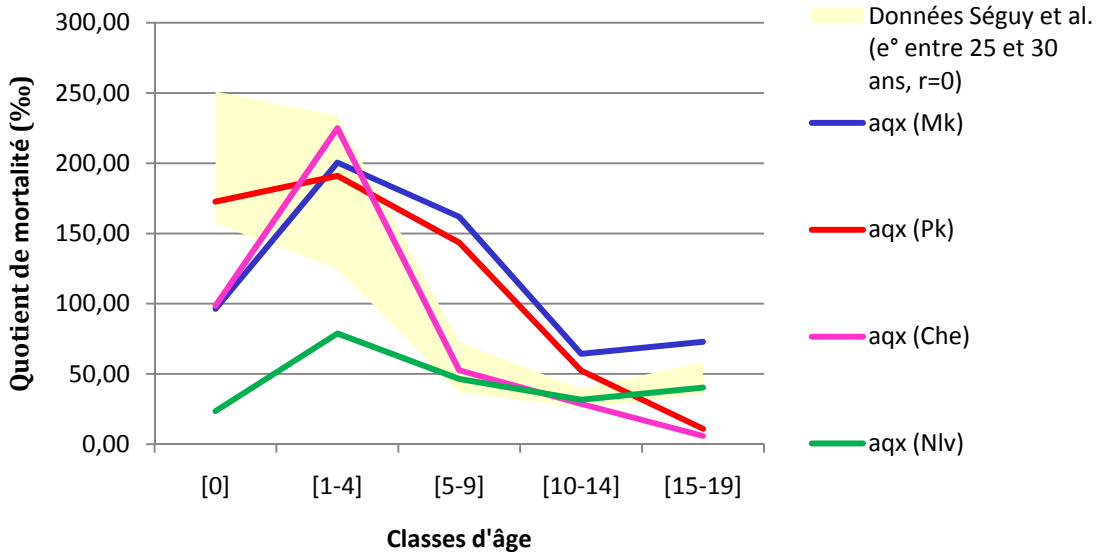


Figure 68 : Comparaisons des profils de mortalité des 4 populations étudiées en fonction des données de de Séguy et al. (2008), sexes confondus.

En termes de résultats, les intervalles obtenus avec les données de Séguy *et al.,* sont proches de ceux de Ledermann, notamment pour les limites inférieures, bien qu'ils soient beaucoup plus restreints. La mise en évidence d'anomalies n'est donc que très peu influencée par le choix entre ces deux tables types, si ce n'est que les aberrations seront plus marquées (comme par exemple ici pour les classes [5-9] ans et [10-14] ans des populations tchèques) avec la seconde comparaison. Ces auteurs ont également proposé d'autres calculs *a posteriori* en jonglant avec les variables d'entrées (indice de juvénilité, âge moyen au décès des adultes, modèle mixte, etc.). Toutefois, notre pessimisme vis-à-vis de telles estimations obtenues sur des populations passées et biaisées, limite nos analyses à ces simples comparaisons.

3. Recrutement de la population immature inhumée

Discuter en termes de recrutement de la population inhumée (Masset 1987), revient à détecter les aberrations au niveau des effectifs (donc se reflétant sur les quotients de mortalité calculés) d'individus présents dans les nécropoles étudiées. Or ces anomalies ne sont pas nécessairement liées à la composition directe de la population retrouvée. Ce paragraphe recherche donc un moyen de les appréhender au mieux sans toutefois avoir recours à des indicateurs trop biaisés.

a. Minimalisation des anomalies : de réelles différences ?

La répartition par classe d'âge quinquennale est relativement aisée pour les individus non-adultes car l'estimation de l'âge individuel est précise et fiable surtout pour les plus jeunes (cf. Chapitre 4). La méthode d'estimation de l'âge secondaire permet également de classer un grand nombre d'individus au préalable écartés des analyses. Toutefois, certains sujets voient leur âge estimé chevaucher deux classes. Comment répartir ces individus ? Sans entrer à nouveau dans les débats, nous avons choisi d'appliquer le principe de conformité (Sellier 1994, 1995), stipulant la répartition de ces individus conformément au schéma de mortalité traditionnel et selon la plus grande probabilité donnée par la mortalité théorique. Ce principe de

minimalisation des anomalies tend à lisser les profils de mortalité obtenus. Nous considérons alors les aberrations persistantes comme des anomalies irréductibles et donc comme un potentiel recrutement particulier de la population non-adulte. Toutes les distributions sont envisagées, seule la plus conforme au schéma théorique est retenue. La Figure 69 donne les profils de mortalité après minimalisation des anomalies.

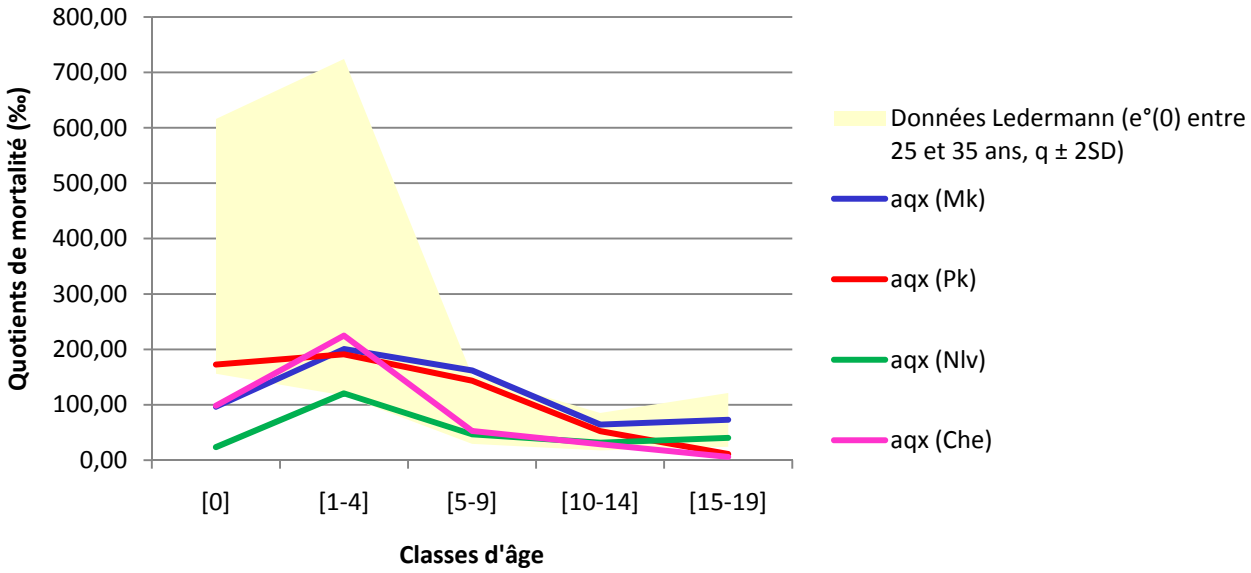


Figure 69 : Comparaisons des profils de mortalité des 4 populations étudiées après minimalisation des anomalies, en fonction des données de Ledermann (1969), espérance de vie à la naissance entre 25 et 35 ans, sexes confondus.

Peu de différences sont à remarquer par rapport aux profils sans ventilation des individus. Le déficit des tout-petits reste marqué pour Mikulčice, Cherbourg et Norroy. La classe de [5-9] ans reste élevée pour les sites moraves même si l'on est proche des limites de la population théorique. Le reste de la distribution semble tout à fait cohérente.

Le sous-effectif des individus de moins de un an est un résultat classique pour les populations archéologiques (bien qu'il dépende du site étudié). La profondeur des tombes ne peut expliquer ce déficit puisque nous avons vu dans la première partie de ce chapitre qu'il n'y a avait pas ou peu de relation entre profondeur et âge au décès dans les sites pour lesquels nous avions des données. En admettant que ce soit un élément explicatif, notamment pour les sites français, il ne suffit pas à l'expliquer totalement. Les méthodes d'estimation de l'âge n'entrent que peu en compte dans notre cas également puisqu'elles ont été au plus précis pour chaque individu. Le déficit est donc bien réel et les sujets de moins de un an n'ont pas tous été inhumés dans la nécropole. Faut-il lier ce fait à la christianisation et l'obligation d'inhumation des enfants baptisés uniquement (Morel 2001, 2004) ? Cet élément de réponse ne doit pas être négligé.

La surreprésentation des enfants moraves entre 5 et 9 ans est particulière car les profils sont très proches et tranchent avec ce que l'on retrouve classiquement au haut Moyen Âge par exemple (Castex 1994). Ce profil ne reflète pas non plus une crise de mortalité (type épidémie) (Castex 2007). Les individus juvéniles et adolescents suivent un schéma de mortalité traditionnel. Une interprétation d'ordre biologique pourrait expliquer (encore une fois partiellement) ce fait : puisque l'âge au décès de tous les individus a été estimé de la même

manière et qu'il est fondé préférentiellement sur l'âge dentaire, alors on peut émettre l'hypothèse que les moraves avaient un développement dentaire avancé par rapport à leur développement osseux et par rapport aux enfants français. Cette différence biologique ne peut pas être vérifiée mais elle serait un argument explicatif. Encore une fois les pratiques funéraires n'entrent pas dans l'argumentation. Les [5-9] ans ne font pas l'objet de gestes, dépôts ou pratiques particuliers.

Enfin, remarquons, encore une fois, le rapprochement géographique des profils. Il existe un parallèle frappant entre les deux sites moraves et un autre entre les deux sites français (cf. §c, bien que Prušánky se distingue par un effectif important d'individus de moins de 1 an). Pour conclure, la minimalisation des anomalies dans notre cas a conservé les anomalies mises en évidence dans la première partie. Elle ne change cependant pas fondamentalement les interprétations que l'on peut apporter si ce n'est qu'elle conforte les arguments en lissant un maximum les profils.

b. La place des individus immatures dans la population globale, autres indicateurs démographiques

Replacer les sujets immatures dans la population globale revient en premier lieu à connaître la proportion de ceux-ci par rapport à l'ensemble des individus. La Figure 70 exprime la proportion des sujets non-adultes pour chaque nécropole étudiée.

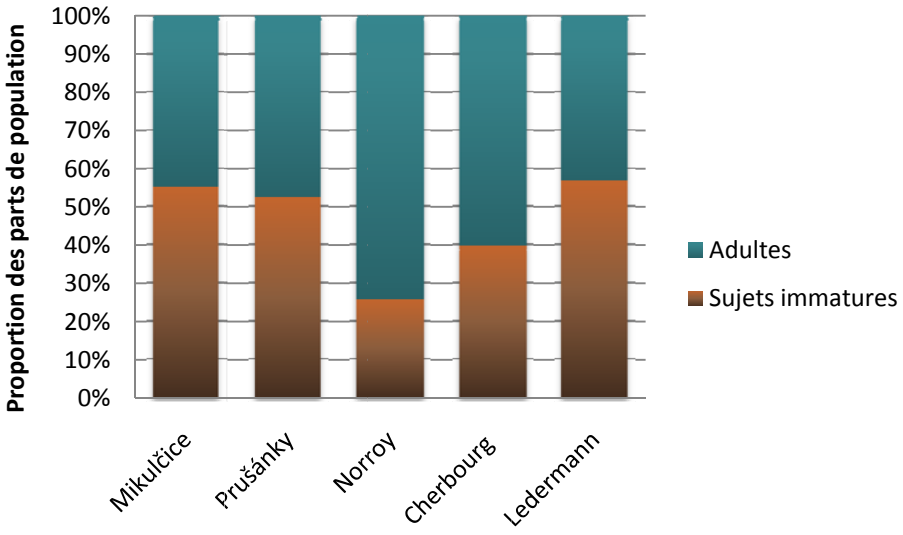


Figure 70 : Proportion des individus non-adultes par rapport à l'ensemble de la population par site. Comparaison avec les données proposées par Ledermann.

Les effectifs des sites moraves approchent les effectifs théoriques idéaux. Cette composition est rarement observée dans les collections archéologiques. En revanche, un net déficit existe chez les populations françaises, surtout pour le site de Norroy. La non-exhaustivité des fouilles permettrait d'expliquer cette déficience à Cherbourg. Mais à Norroy, étant donné l'exhaustivité des fouilles, il manque réellement des enfants par rapport à l'ensemble de la population. Cette composition va dans le sens d'un recrutement particulier des individus et de la fonction même du site. Le caractère guerrier de celui-ci pourrait être un élément de réponse.

Afin de préciser les informations d'ores et déjà obtenues, nous souhaitons appliquer désormais un approche plus actuelle de la paléodémographie, à savoir partir du concept de l'ensemble de la population non adulte au lieu d'établir des données individuelles. Cette approche utilise les programmes élaborés lors de l'université d'été en paléodémographie organisée J. Boldsen et collaborateurs en août 2007. Nous proposons de modéliser nos profils de mortalités à partir des étapes suivantes (l'ensemble des statistiques sont élaborées sous le programme R) :

- La courbe de survie en fonction de l'âge est modélisée à partir de l'ensemble de nos données brutes par l'intermédiaire des distributions de Gompertz et Gompertz-Makeham.
- Cette courbe possède des données censurées ce qui signifie que le modèle doit répondre à divers paramètres finis. Par exemple, l'ensemble de la population ne meure pas dans sa première année sinon le renouvellement de génération ne peut être établit. Ces paramètres de censure sont introduits dans un second temps dans le modèle.
- En utilisant les principes de maximum de vraisemblance sur nos modèles, on peut obtenir pour chaque population les courbes de risque de mortalité par âge.

Ces trois étapes ont été réalisées pour chacune de nos populations. La Figure 71 et la Figure 72 montrent les résultats de ces trois simulations. Le premier résultat à expliciter est le comportement similaire des populations pour les courbes de survie, quel que soit le modèle choisi (Gompertz ou Gompertz-Makeham, d'ailleurs très proches). Elles accusent toutes une décroissance forte dès la naissance et ne semblent que peu influencées par les différences d'effectif des populations. En revanche, les densités de probabilité montrent un comportement différent pour Norroy qui n'apparaît pas sur les profils de mortalité classiques : la plus forte probabilité de décès se situe entre 5 et 7 ans alors que pour les 3 autres cimetières la mortalité infantile est privilégiée. Sans parler de recrutement particulier (car les effectifs entrent dans le schéma de mortalité naturelle d'une population traditionnelle), la susceptibilité de décès à Norroy est accrue à ces âges. Quel mode de vie conduit à un tel schéma ? Deux éléments de réponse peuvent être apportés. Soit il s'agit d'un caractère culturel, ce qui peut permettre de prolonger l'hypothèse du site « guerrier », en relation avec les traces de violence et les autres indicateurs de stress ; cette caractéristique correspondrait à une activité particulière des enfants à ces âges. Soit on revient vers une hypothèse plus biologique où l'estimation de l'âge serait biaisée par les nombreux problèmes dentaires rencontrés (rétention des dents déciduales, agénésies, etc.). Les autres analyses comportant l'âge estimé ne montrent pas de problème ou d'aberration particulière, le caractère culturel est donc préféré. Toutefois, sans moyen de vérification, les interprétations doivent rester modérées.

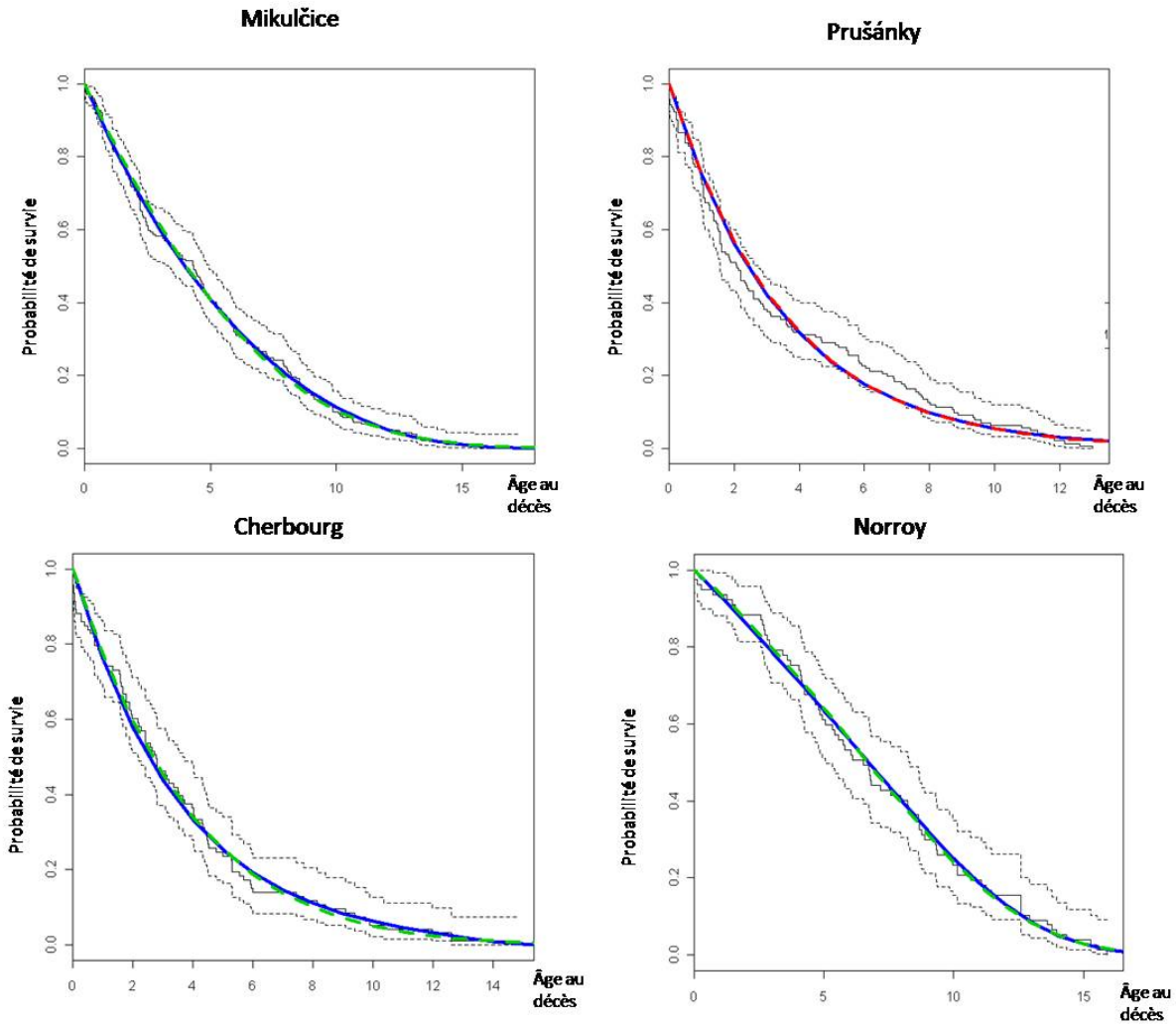


Figure 71 : Courbes de survie modélisées à partir des distributions de Gompertz et de Gompertz-Makeham.

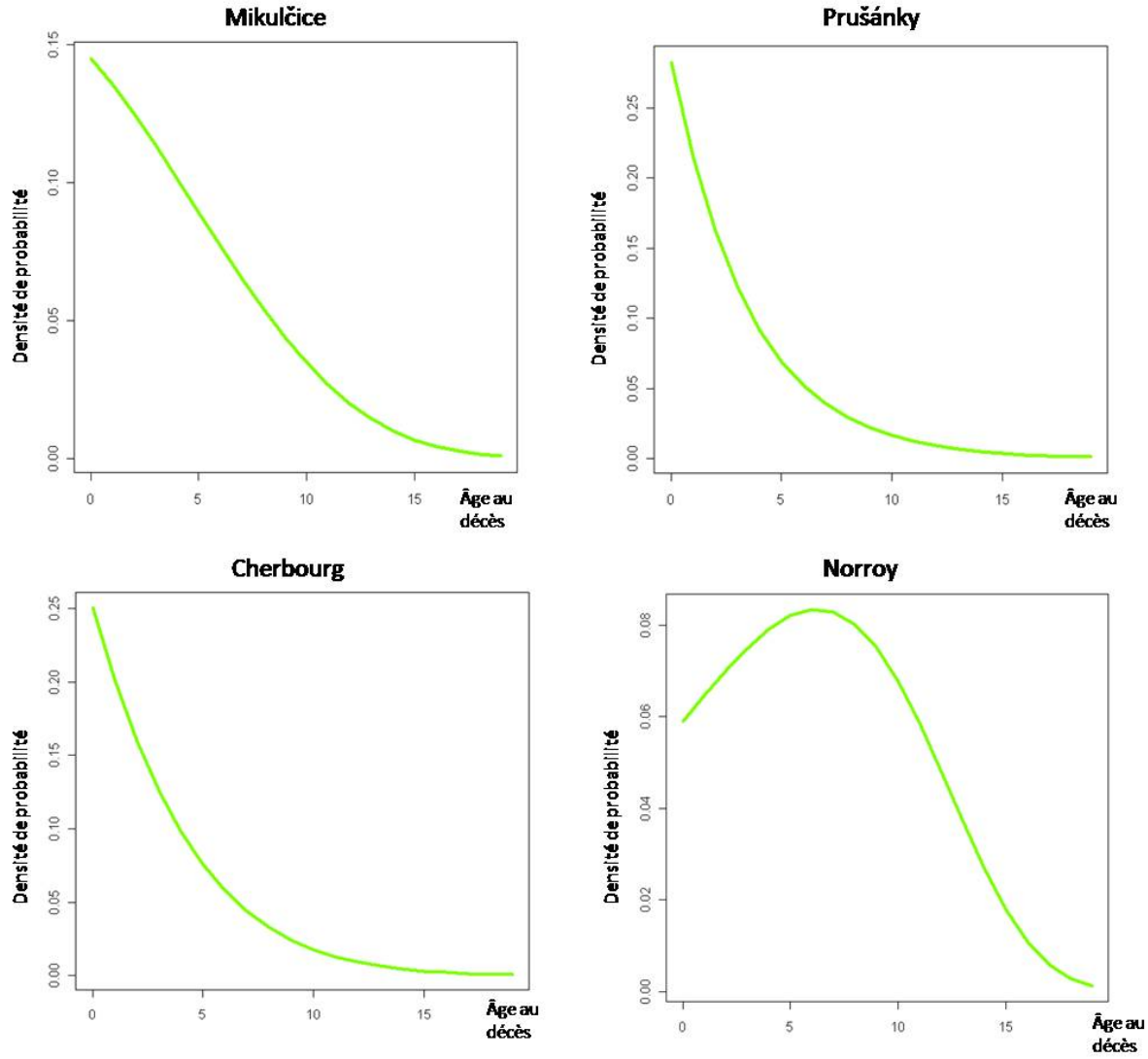


Figure 72 : Risque de mortalité par âge et par site.

Les nouvelles techniques utilisées en paléodémographie apportent un point de vue différent sur les populations (mais est-ce réel pour autant ?). Elles mettent en évidence des caractères non observables par les tables de mortalité et les profils associés comme ici la densité de probabilité en fonction de l'âge au décès. En ce qui concerne nos sites, seul Norroy se différencie des autres par la susceptibilité maximale de mourir entre 5 et 7 ans. En revanche, les courbes de survie et de risque suivent les mêmes tendances et aucune distinction ne peut être apportée.

c. Comparaisons inter-populations

D'un point de vue synthétique, l'analyse du recrutement des quatre populations étudiées démontre 4 principaux points :

- Les profils de mortalité et de survie des quatre populations montrent des tendances d'ores et déjà connues pour les populations du passé. Les enfants de moins de 1 an sont systématiquement sous-représentés sans pouvoir trouver une explication dans les pratiques funéraires observées (sauf, par exemple, une inhumation dans un autre lieu).

Les enfants « manquants » ne sont pas inhumés dans les nécropoles. De plus, les classes [10-14] et [15-19] ans entrent parfaitement dans un profil de mortalité archaïque.

- Cependant, des différences peuvent être relevées. Ces différences vont encore une fois dans le sens de divergences géographiques plutôt que de différences de mode de vie. En effet, le profil particulier au niveau de la classe [5-9] ans des sites tchèques ne se retrouve pas pour les français. De même que la sous-représentativité générale des enfants pour les sites français n'est pas valable dans les populations moraves.
- Encore une fois, le site de Norroy se distingue des autres. L'âge pour lequel la susceptibilité de décès est maximale, est particulièrement élevé (5-7 ans). Les modalités démographiques de cette population s'écartent donc d'un schéma archaïque. Les fouilles étant exhaustives et les modalités d'inhumations sans particularité pour un site mérovingien, cette anomalie dénote probablement une caractéristique populationnelle particulière.

Quelques compléments d'analyse peuvent être apportés à cette synthèse. Les différents et multiples niveaux d'influence touchant la mortalité et plus particulièrement la mortalité infantile (par exemple, l'environnement, le climat familial, le niveau socioéconomique, les soins, etc.) sont extrêmement difficiles à cerner au niveau des populations archéologiques (Williams & Galley 1995 ; Yankauer 1950, 1990). La distinction entre milieu urbain et milieu rural ne suffit donc pas à expliquer les différences rencontrées. Par exemple, l'industrialisation en revanche est un facteur visiblement suffisamment marquant pour avoir un impact au niveau des profils démographiques (Betsinger 2007 ; Huck 1994). La mise en place de structures étatiques et l'urbanisation « en sommeil » (cf. chapitre 2) au haut Moyen Âge ne semble donc pas avoir d'impact visible sur la démographie des populations inhumées. Les textes mentionnent une croissance démographique qui ne peut cependant pas être relevée dans nos études (Lewis & Gowland 2007). Les niveaux socio-économiques semblent également avoir un impact sur la paléodémographie (Nagaoka & Hirata 2007 ; Nagaoka *et al.* 2006 ; Sullivan 2004). Il serait donc intéressant de comparer des sites proches mais aux niveaux socio-économiques distincts et non une simple différence de mode de vie (ruraux *vs.* urbains). Pour cela, le site de Mikulčice dans son intégralité et sa population stratifiée (des aristocrates aux commerçants inhumés dans des nécropoles distinctes) pourrait apporter des éléments de réponse à ces questions.

L'approche de la mortalité des populations inhumées est informative en termes de recrutement malgré les nombreux biais et limites de la paléodémographie. Nous sommes d'ailleurs peu partisane de cette appellation puisqu'elle insinue une reconstruction partielle des modalités démographiques de la population vivante, ce qui à notre avis reste une utopie. Les comparaisons simples doivent le rester et les nouvelles approches contribuer à celles-ci et non modéliser des fantômes.

CHAPITRE 9

SYNTHÈSE & DISCUSSION : LES ENFANTS SONT-ILS LE REFLET DES CONDITIONS SOCIOCULTURELLES DES POPULATIONS AUXQUELLES ILS APPARTIENNENT ?

Nous avons proposé une synthèse des principaux résultats à la fin de chaque chapitre sans toutefois réellement les discuter ni les confronter. Nous souhaitons exposer dans ce neuvième chapitre, au terme de ce travail, les différents facteurs biologiques et culturels permettant de caractériser (ou non) un milieu de vie, leur corrélations (ou absence de corrélation) et répondre ainsi aux quatre objectifs énoncés au début de cette étude. Les squelettes d'enfants se révèlent une mine d'informations pour répondre à ce type de problématique. Toutefois, la complexité du matériel étudié et les nécessaires analyses spécifiques limitent l'exploitation des résultats, si nous voulons rester rigoureux. Néanmoins, les sujets non-adultes n'ont pas encore livré toutes leurs modalités biologiques et culturelles : cette étude met en évidence un nouvel apport informatif réel.

I. VERS UNE APPROCHE SYSTÉMATIQUE DE LA POPULATION DANS SON ENSEMBLE

Le premier point abordé est celui de l'intégration des individus immatures en tant que sujets d'étude à part entière. Celui-ci permet d'aborder conjointement les problématiques de ce travail se voulant synthétique dans un premier temps et comparatif dans un deuxième. Le côté méthodologique reste indissociable et intervient pour soutenir les deux autres points précédemment énoncés.

1. UN SCHÉMA INTERPRÉTATIF DES POPULATIONS IMMATURES

Qu'apportent donc les sujets immatures comme information supplémentaire et quels sont les principaux résultats obtenus dans ce sens ? Ce premier point est avant tout une synthèse des données bioarchéologiques de chaque population étudiée. Il répond seulement en partie au premier objectif de ce travail qui était de comprendre la part informative réelle apportée par les squelettes immatures et de voir dans quelle mesure on peut qualifier et quantifier des modalités biologiques dans les échantillons archéologiques.

a. Synthèse de l'étude biologique

Le fondement d'une étude biologique rigoureuse est avant tout une identification des individus précise et fiable. Eliminons directement le problème de l'estimation du sexe des individus non-adultes (cf. chapitre 4). A l'heure actuelle, c'est un challenge irrésolu mais est-il soluble ? Notre

pessimisme quant à l'expression d'un dimorphisme sexuel par le squelette en cours de développement est partagé (Badyaev 2002 ; Lewis 2007 ; Mays & Cox 2000) et nous considérons la détermination du sexe sur de larges échantillons comme les nôtres non fiable. L'ensemble des analyses a donc porté sur l'ensemble des échantillons sans tentative de distinction du sexe.

En revanche, une analyse approfondie de l'estimation de l'âge a été menée afin de définir clairement différents groupes comparables. Bien que nous ayons peu de choix quant à l'estimation de l'âge dentaire et devons nous fier aux méthodes existantes (loin d'être parfaites), elle reste la plus fiable et la plus reproductible (Liversidge *et al.* 1998 ; Scheuer & Black 2000a ; Sema *et al.* 2009). L'estimation de l'âge selon Moorrees *et al.* (1963a, b) constitue donc notre âge de référence. Cependant, nous avons vu que la proportion d'individus pour lesquels un âge a pu être estimé varie en fonction de la conservation des vestiges (entre 55% et 83%, cf. chapitre 4, p. 101). Le recours à l'estimation d'un âge statural (squelettique) pour les individus ne possédant pas de dent fut donc obligatoire. Or, les méthodes d'estimation associées au développement squelettique sont dépendantes du format, donc de la population et confèrent une précision et une fiabilité aléatoire (Braga & Treil 2007 ; Groell *et al.* 1999 ; Johnson *et al.* 1973 ; Lewis 1991). Après comparaison de différentes méthodes sur la collection de référence de Spitalfields, nous avons choisi d'établir une nouvelle méthode fondée sur la variabilité intra-population plutôt que sur une énième collection de référence inadaptée (Garcin *et al.* 2009). Jusqu'ici de nombreux auteurs ont utilisé une approche similaire sans toutefois fonder une estimation fiable et reproductible (Alduc-Le Bagousse 1988 ; Bocquentin 2003 ; Castex 1994). L'ESA ou Estimation Secondaire de l'Âge au décès a permis d'estimer un âge pour un maximum d'individus (entre 69% et 95%, cf. chapitre 4 p. 113). Les estimations se font sous forme de classes d'âge (adaptables en fonction des intervalles désirés). Les tests sur la collection de Spitafields démontrent une grande précision (> 85%) par rapport à l'âge réel ainsi qu'une fiabilité cohérente en fonction de l'état de préservation des squelettes (> 80%, majoritairement > 95%). Une attention particulière a également été portée sur les sujets de moins de 1 an. Ainsi nous avons pu préciser, dans certains cas, le caractère périnatal, néonatal voir prématuré de ces individus. Cette précision dans l'estimation de l'âge des individus immatures sur l'ensemble de nos collections a permis pour la suite des analyses des comparaisons homogènes et une discussion au niveau du recrutement des différentes populations. Nous sommes convaincue que l'estimation de l'âge des individus immatures peut être encore améliorée et clarifiée.

Toujours au niveau de l'identification individuelle, bien que l'origine ethnique (« ancestry » en anglais) soit couramment utilisée dans le domaine médico-légal, elle n'est que peu évaluée en bioarchéologie. De plus, alors qu'un symposium remet en question la qualité de cette estimation (Edgar & Hunley 2009) et démontre certaines perspectives, les méthodes restent anciennes et désuètes (Albanese & Saunders 2006). Cette identification n'a donc pas été tentée non plus afin de rester cohérente dans la rigueur de l'étude.

Enfin, l'identification individuelle passe aussi par la stature. Peu d'études évaluent la stature des individus immatures (Ruff 2007 ; Visser 1998) et ajouter encore une référence et une approximation supplémentaire ne nous a pas paru judicieux. La stature n'a donc pas été directement estimée mais évaluée via les données brutes sur le format squelettique et les analyses biométriques. Les sujets immatures apportent des informations complémentaires à celles des adultes à ce niveau.

En ce qui concerne chaque population immature, la définition d'un morphotype est délicate du fait de la variabilité inter-individuelle et de l'évolution du squelette au cours du développement. Toutefois en comparant des classes d'âge homogènes, nous avons pu démontrer certains schémas biologiques. Le plus simple et le plus évident est **l'augmentation de la variabilité** du format squelettique avec l'âge et surtout à partir de l'adolescence (e. g. Hoppa 1992 ; Humphrey 2003 ; Lewis 2007 ; Saunders 2000). La très **forte homogénéité** et la **faible variabilité** des individus de moins de un an quel que soit le site considéré, confirme le postulat d'une variation de taille à la naissance limitée et donc d'un **impact environnemental réduit** (Cameron 2007 ; Cardoso 2007b ; Gruenwald *et al.* 1967 ; Guihard-Costa & Papiernik 2004). Ensuite, l'analyse approfondie du format et de la conformation par les indices anthropométriques et les relations allométriques a permis, dans un second temps, de mettre en évidence l'évolution de certaines proportions corporelles au cours du développement (par exemple, l'allongement des os longs au cours de la croissance ou encore l'élargissement de l'ilium, cf. chapitre 5). Cette évolution décrite dans plusieurs ouvrages (Scheuer & Black 2000b ; Ulijaszek *et al.* 1998) sur des populations actuelles peut donc également être mise en avant sur des populations archéologiques. Ces facteurs biologiques (augmentation de la variabilité avec l'âge, homogénéité des tout-petits) sont confirmés et approfondis par les analyses d'**allométrie** du squelette et l'étude de **variables de conformation** (Wang *et al.* 2009). L'influence de l'âge sur l'ensemble des analyses (y compris celle sensées s'en affranchir) est un résultat novateur puisqu'en définitive on se retrouve toujours face au problème de son estimation et des limites liées à celle-ci. Il faut donc toujours veiller à comparer des groupes d'individus homogènes. Mais le point fort des analyses allométriques est la démonstration des grandes **phases de croissances** classiquement décrites dans les ouvrages de référence (Bogin 1999 ; Lewis 2007 ; Scheuer & Black 2000b ; Ulijaszek *et al.* 1998) à savoir : la **période infantile** (0-4 ans), la **période juvénile** (qui s'étend jusqu'à 8-10 ans) et l'**adolescence** (cf. chapitre 4). La biométrie du squelette peut donc être informative quant aux modalités biologiques observées sur le vivant. Les **collections archéologiques** bien que biaisées peuvent donc se révéler sous certaines conditions **informatives** et primordiales dans la **caractérisation** de populations.

Enfin, les résultats concernant l'état sanitaire contribuent au schéma interprétatif des populations immatures en confirmant encore une fois certains paramètres. Ils seront plus informatifs quant aux comparaisons inter-populations. Les paramètres biologiques confirmés caractérisent la plupart du temps les hypoplasies de l'émail dentaire et les lésions carieuses (cf. chapitre 7). Les HLE touchent préférentiellement les canines permanentes, atteignent le périmètre complet et sont d'autant plus marquées que la sévérité de l'atteinte est forte ; au niveau des caries, la susceptibilité différentielle des dents jugales est confirmée ainsi que la localisation occlusale et interproximale des atteintes. Les indicateurs de stress non spécifique et les autres pathologies aident à la définition d'une population mais le rapport à l'environnement et au mode de vie est difficile à éclaircir bien que de nouvelles perspectives de recherche semblent émerger telles que de nouvelles hypothèses sur l'étiologie des *cribra orbitalia* et de l'hyperostose poreuse (Walker *et al.* 2009) ou sur la réponse adaptative à une maladie infectieuse (Wander *et al.* 2009).

Les modalités biologiques étudiées isolément n'ont pas de raison d'être en bioarchéologie. Il faut nécessairement les lier à des facteurs plus culturels afin d'envisager des interprétations abouties et réintégrées dans leur contexte. Le paragraphe suivant synthétise ces modalités archéologiques et démographiques.

b. Synthèse de l'étude archéologique et paléodémographique

Les analyses des modes d'inhumations et du contexte funéraire permettent de traiter un aspect plus culturel des populations étudiées. Rappelons une dernière fois que les données recueillies varient d'une collection à l'autre et sont très dépendantes des documents de fouille. Les résultats présentés ici sont donc généraux et ne permettent pas d'interprétation plus précise.

Le dénominateur commun et prépondérant dans les quatre nécropoles est le contexte d'inhumation des sujets non-adultes. En effet, les individus immatures sont tous inhumés dans un **contexte similaire** à celui des **adultes sans sectorisation** ni regroupement particuliers. L'espace funéraire ne comporte pas non plus de division remarquable. Le mode d'inhumation est celui classiquement décrit pour la période du haut Moyen Âge (Aries 1975 ; Treffort 1996, 2002 ; Turcan 2001): sépultures **primaires individuelles** orientées **est-ouest**, défunt reposant sur le **dos**, **tête à l'ouest**, jambes et bras en **extension**. Les associations de défunts sont préféremment représentées par un enfant de moins de 1 an voire même périnatal accompagnant un sujet adulte ou grand adolescent. Les réinterventions et remaniements des défunts sont communs.

Les cultures (franques *vs.* moraves) s'expriment largement au niveau du mobilier funéraire dépeignant ainsi les populations et leurs pratiques autour des défunts. Le côté archéothanatologique s'intègre donc dans les comparaisons inter-sites. L'organisation des sociétés joue ici un rôle prépondérant.

Pour finir, en ce qui concerne le recrutement, bien que des différences soient relevées par les profils de mortalité, les principales caractéristiques des populations immatures sont retrouvées quelle que soit la nécropole considérée. On observe un **déficit** plus ou moins large des individus de **moins de 1 an**. Ce déficit peut difficilement s'expliquer par une conservation différentielle et des pratiques funéraires intra-site particulières. Les enfants ne sont *a priori* pas inhumés dans le locus commun (mais il faut quand même faire attention aux fouilles qui ne sont pas nécessairement exhaustives, cf. chapitre 2). L'utilisation de techniques paléodémographiques nouvellement publiées (Hoppa & Vaupel 2002a ; Séguy *et al.* 2006 ; Séguy *et al.* 2008) n'apportent pas réellement de **résultats inédits** et les sempiternelles **limites en paléodémographie** restreignent grandement les interprétations. Somme toute, hormis les enfants de moins de 1 an, les populations étudiées ne présentent pas de profil de mortalité particulier et l'apport informatif de ces données reste restreint.

Le **contexte culturel,** au contraire du contexte biologique, joue un **rôle majeur** dans la différenciation des populations. Ce point sera donc discuté de manière plus approfondie dans le paragraphe 2.

c. Apport des analyses populationnelles

Pour répondre à une problématique à la fois synthétique et comparative, de larges effectifs doivent être étudiés. Or en contexte archéologique, peu d'études aux problématiques proches des nôtres intègrent un grand nombre de vestiges immatures (Bennike *et al.* 2005 ; Budnik & Liczbinska 2006 ; Lewis 2002 ; Pinhasi *et al.* 2005). Les analyses populationnelles complètent donc les données et interprétations dans ce domaine peu exploité.

3 grandes analyses ont été menées de manière à intégrer l'ensemble de la population immature (ou du moins un maximum d'individus) aux interprétations, en considérant les groupes entiers plutôt que l'accumulation de données individuelles juxtaposées. Elles sont :

- La mise en place de l'**ESA** : l'estimation secondaire de l'âge au décès ne compare pas un individu à une population de référence afin d'établir un intervalle d'âge pour celui-ci, mais intègre la **variabilité intra-population** avant de calculer une probabilité d'appartenance à une classe d'âge particulière. On s'affranchit donc du recours à une énième **population de référence** ne correspondant jamais exactement à la population étudiée. L'ESA permet l'estimation d'intervalles d'âge pour un maximum d'individus. Les analyses subséquentes se fondent sur des effectifs robustes pour appliquer des statistiques comparatives. Cette méthode pourrait être utilisée largement à d'autres fins que celles de ce travail (en paléodémographie par exemple).
- Travailler sur des **profils de croissance** remaniés : la **modélisation** de profils de croissance squelettiques fondés sur l'**analyse de transition** de Boldsen *et al.* (2002) permet, de manière analogue à l'ESA, d'envisager la variabilité intra-population avant de modéliser un profil de croissance squelettique. Les profils classiques utilisant les régressions sont très dépendants des effectifs et de la composition de l'échantillon. Dans notre cas, ces biais sont lissés. On pourrait les qualifier d'approximation. Au contraire, le traitement des données est identique pour chaque population. De ce fait, telle la mise en évidence d'**anomalie** démographique, les différences en termes de **trajectoires de croissance** sont mises en évidence. Les limites statistiques des profils classiques sont ainsi évités et les différences persistantes mises en relief.
- Enfin, pour comparer ce qui est comparable, le recours aux **stades de minéralisation dentaire** plutôt qu'à l'âge moyen estimé permet d'homogénéiser les comparaisons et, dans une certaine mesure, d'intégrer les individus immatures à la population adulte. Cette dernière analyse élimine les individus ne possédant pas de dents mais réintègre ceux pour qui l'âge dentaire n'a pu être estimé faute de dent utilisées par Moorrees *et al.* (1963a,b) et Liversidge & Molleson (2004). Cet **équilibre** réorganisé ne change que peu les effectifs sur de larges échantillons comme les nôtres.

Ce travail entre entièrement dans la **problématique méthodologique**. Il permet de mettre en évidence des données interprétables non utilisées jusqu'ici. L'apport informatif de ces techniques et méthodes est considérable par rapport à une étude de population et peut être intégré sans problème à des études de peuplement voire des analyses archéoanthropologiques fondées essentiellement sur les pratiques funéraires. Ce paragraphe met également en évidence l'**imbrication forte** entre les **trois problématiques** qui ont jalonné ce travail : sans analyse au niveau de la population, pas de comparaison fiable ni d'apport informatif complet ; et, sans raisonnement méthodologique pas d'analyses populationnelle. Ces compléments méthodologiques, nous mène aux diverses comparaisons établies dans ce travail et aux conclusions qui en découlent.

2. LES ENFANTS EN CONTEXTE RURAL, PÉRIURBAIN ET URBAIN

Ce deuxième point répond à l'objectif de ce travail qui était de déterminer et de caractériser les différences en termes ontogéniques et culturels induites par des milieux de vie contrastés. Les enfants sont-ils le reflet des populations auxquelles ils appartiennent ?

a. Synthèse des comparaisons inter-sites

La recherche de différence inter-sites a été un des fils conducteurs de ce travail. Pour chaque analyse, les comparaisons suivantes ont été menées :

- Comparaisons générales : tous les sites sont inclus dans l'analyse, les différences globales sont mises en évidences (le cas échéant).
- Comparaisons par mode de vie : Mikulčice et Cherbourg, les deux sites urbains sont confrontés aux deux sites ruraux, Prušánky et Norroy.
- Comparaisons par entité géographique (donc en termes de peuplement) : les deux sites moraves sont comparés entre eux puis aux deux sites francs et inversement.
- Comparaisons par mode de vie selon l'entité géographique : Mikulčice est comparé à Cherbourg, Prušánky à Norroy.

Ces comparaisons ont été réalisées sur l'ensemble des individus puis par classe d'âge afin de minimiser l'effet de la composition par échantillon sur les statistiques.

Le résultat majeur et frappant de cette partie du travail est la **grande homogénéité** qui existe entre les 4 collections étudiées, que ce soit pour l'ensemble des populations ou pour les comparaisons par groupe d'âge. Les enfants au haut Moyen Âge se comportent d'abord de manière identique (au niveau biologique) et peu de différences statistiquement significatives sont relevées. Cette homogénéité se retrouve aussi bien au niveau de la **variabilité inter-populations** du format osseux brute qu'au niveau des **indices**, de l'**allométrie** du squelette ou encore des **profils de croissance** squelettique. Elle s'exprime également dans les caractéristiques des **hypoplasies de l'émail dentaire** et des **lésions carieuses** mais dans une moindre mesure. Enfin, bien que les comparaisons fussent plus difficiles du fait des données hétérogènes concernant les pratiques funéraires, il existe encore une fois plus de similitudes dans le **mode de dépôt** des défunts que de dissemblances. La **représentativité** des sujets immatures est également proche d'un site à l'autre et traduit un schéma classiquement retrouvé en paléodémographie.

Le peu de divergences inter-sites démontrées méritent donc d'être rappelées individuellement afin de pouvoir les caractériser et les interpréter en termes de conditions de vie, de marqueur culturel ou ontogénique. Il faut également remarquer que ces différences sont redondantes dans la plupart des analyses.

Les différences selon les entités géographiques

Ce sont celles que l'on retrouve majoritairement. Il y a donc une question de spécificité de la population et du peuplement dans leur signification. La variabilité inter-populations sur des mesures simples distingue les individus moraves au niveau du membre inférieur, notamment pour les largueurs de métaphyse distale du fémur (F7) et de métaphyse proximale du tibia (T5), mais aussi au niveau du pied avec les longueurs des talus (Tal1) et calcanéus (Calca1). Elle intervient quelle que soit la classe d'âge considérée.

Les comparaisons à partir de données combinées (indices anthropométriques, allométrie du squelette, etc.) apportent des résultats plus probants, notamment en ce qui concerne les **proportions squelettiques**. C'est les cas des indices brachial (IH3) et crural (IT3) pour lesquels les enfants moraves possèdent un segment distal des membres plus courts pour un même âge.

Les divergences des proportions au niveau du genou (IF4 et IT4) sont également confirmées (les individus moraves possèdent des métaphyses plus robustes que les sujets francs). Cette robustesse se retrouve sur les indices des os longs du membre inférieur (IF1 et IT1) mais dans une moindre mesure.

Alors que le format squelettique n'est que peu informatif, les indicateurs de stress et les pathologies le sont bien plus. Il existe une nette différence générale entre les sites moraves et les sites francs. En effet, bien que leur effectif soit supérieur, les proportions et les prévalences d'atteinte le sont aussi également. Les prévalences d'hypoplasies de l'émail dentaire et de lésions carieuses sont plus fortes chez les Moraves que chez les Francs. La quasi-absence d'indicateurs de stress (tous confondus) et de lésions carieuses chez ces derniers est d'ailleurs remarquable. Par exemple, aucun cas d'hyperostose poreuse n'est relevé sur les individus francs alors que les 7 cas enregistrés se trouvent à Mikulčice ! Il en va de même pour les quelques pathologies relevées, même si ce sont des indicateurs difficiles à qualifier et à quantifier sur les sujets immatures des populations du passé (cf. chapitre 7, p. 203).

Les données d'archéologie et d'anthropologie funéraire, bien que partielles, alimentent la discussion d'un point de vue culturel. Elles mettent nettement en évidence les différences existant entre l'Empire Franc et l'Empire de Grande Moravie. Alors que les modes d'inhumation et les pratiques funéraires de Norroy sont typiques de l'exubérance mérovingienne (mobilier riche et foisonnant, présence de monnaie, organisation des cimetières, etc.) et des pratiques du Nord de la France, celles observées à Cherbourg intègrent complètement les coutumes carolingiennes (individu en décubitus dorsal, tête à l'ouest, absence de mobilier, contenant en matière périssable courant, etc.). Ces pratiques ainsi que le mobilier funéraire contrastent avec ce qui a pu être observé dans les nécropoles moraves. Elles traduisent, elles aussi, parfaitement les coutumes d'Europe centrale entre le 8^{e} et le 10^{e} siècle. Et alors que les enfants ne semblent pas bénéficier d'un traitement particulier (sauf cas exceptionnel, cf. chapitre 8), c'est ce point de vue culturel qui marque essentiellement les populations. De manière sous-jacente, l'influence de l'Eglise marque ces pratiques et elles sont aussi un signe de la christianisation de l'Europe.

Nous pouvons conclure sur ces différences selon les entités géographiques en mentionnant le recrutement divergeant des [5-9] ans dans les populations moraves. Aucune explication particulière ne peut être apportée ni au niveau du mode d'inhumation ni au niveau de l'état sanitaire. Une possible réponse se trouve dans la biologie du squelette, le développement squelettique différant vraiment du développement dentaire. Toutefois, l'absence de dissemblance en termes de format osseux, ne conforte pas cette hypothèse.

Alors que les entités géographiques se démarquent relativement bien lorsqu'on dresse un bilan de toutes les comparaisons, celles liées au mode de vie sont plus restreintes voire anecdotiques ; elles semblent donc plus liées à la collection en elle-même qu'à l'influence du milieu, urbain ou rural.

Les différences selon le mode de vie

Aucune singularité ne peut être démontrée par l'ostéométrie simple. En revanche, dès que l'on combine les mesures afin d'évaluer d'une certaine manière la conformation des sujets, des différences statistiquement significatives se démarquent et sont récurrentes (analyses des indices, allométrie du squelette, etc.). C'est le cas de la mandibule : les enfants issus d'un milieu urbain possèdent des **mandibules** proportionnellement plus longues et plus étroites que leurs

homologues ruraux. Cette morphologie peut être appréhendée seulement après un an (fusion de la symphyse mandibulaire) mais se retrouve par la suite à tous les âges.

Si l'ostéométrie ne distingue que peu les 4 populations, les indicateurs de stress et les pathologies (surtout dentaires) sont bien plus diagnostiques. La fréquence d'hypoplasies de l'émail dentaire est plus élevée à Cherbourg qu'à Norroy, différence non retrouvée au niveau des sites tchèques. En revanche, la sévérité des atteintes est clairement supérieure pour l'ensemble des individus ruraux. La caractérisation de ces stress est-elle le reflet de périodes plus dures dans les campagnes (voir §d) ? Les distinctions sont moins claires pour les lésions carieuses. Toutefois, chez les Moraves, les individus urbains présentent une prévalence de caries nettement supérieure à celle observée à Prušánky. Serait-ce une question d'alimentation cette fois ? La grande proportion d'individus présentant à la fois stress, lésions dentaires et pathologies à Mikulčice, qu'elle soit obtenue par les analyses classiques ou via les séquences de minéralisation dentaire, montre que ces facteurs convergent tous vers un environnement si ce n'est défavorable plutôt contraignant pour ce site.

Pour conclure, remarquons la grande concordance des résultats quels que soient les tests réalisés (univariés paramétriques, ANOVAs et tests *a posteriori*). Cette correspondance statistique ajoute à la robustesse des résultats. Ces quelques différences, qu'elles soient liées aux entités géographiques ou au mode de vie, ajoutent à notre pessimisme quant à l'impact de ceux-ci sur les enfants. Sont-ils réellement représentatifs de la population d'où ils sont issus ? Le mode de vie et/ou l'environnement marquent-ils réellement le squelette en cours de développement ? Le paragraphe suivant apporte une seconde partie de la réponse.

b. Analyses discriminantes et variables ségrégatives

Spécificités statistiques

Afin de répondre à la question : « les enfants sont-ils le reflet des populations d'où ils sont issus ? », nous avons effectué une dernière analyse permettant de conforter les résultats précédemment établis. L'analyse discriminante est utilisée pour déterminer les variables qui permettent de distinguer deux ou plusieurs groupes naturels (Van Vark & Howells 1984). Elle fait partie des techniques exploratoires multivariées, c'est-à-dire qu'elle prend en compte l'effet des différentes variables entre elles (covariants) (Van Vark & Howells 1984). Du point de vue des calculs et sans entrer dans les détails, le principe de discrimination se rapproche d'une analyse des variances (ANOVA, cf. chapitre 3). L'idée de base d'une analyse discriminante est de déterminer si des groupes sont différents par rapport à la moyenne d'une variable particulière, et d'utiliser cette variable pour prédire l'appartenance (ou non) à un groupe spécifique. Nous avons donc réalisé un ensemble d'analyses discriminantes autour des variables du format osseux, des données brutes, des indices anthropométriques et des données log-transformées (par type d'os ou par partie anatomique), d'abord sans distinction d'âge puis par classe d'âge pour confirmer ou infirmer les résultats précédemment établis. Ces dernières analyses alimentent la discussion sur le pouvoir discriminant des enfants dans les populations du passé.

Résultats

Les résultats des analyses discriminantes reposent en grande partie sur le lambda et le lambda partiel de Wilk qui qualifient la discrimination (Van Vark & Howells 1984). Ils varient entre 0 (discrimination parfaite) et 1 (aucune discrimination). La valeur *F* associée s'interprète de manière analogue au *F* des ANOVAs. En revanche, la significativité de *p* est moins importante, un *p* significatif (< 0,05) ne signifie pas nécessairement que la variable est plus discriminante qu'une autre comportant un $p > 0,05$ (Van Vark & Howells 1984). Dans des analyses telles que les nôtres, il est inutile de retenir des variables comportant un lambda de Wilk supérieur à 0,5 (Van Vark & Schaafsma 1992). Les tableaux A63 à A65 (ANNEXES p. 421 à 423) décrivent les statistiques relatives aux trois types de variables testés (données brutes, indices, données log-transformées).

Les résultats confirment largement la synthèse des comparaisons inter-populations. La première série d'analyses, portant sur l'ensemble de la population sans distinction d'âge, montre le faible pouvoir discriminant des variables métriques par rapport au mode de vie. En effet, aucun lambda de Wilk (même partiel) n'est inférieur à 0,5 ; ils sont même majoritairement supérieurs à 0,8 (cf. tableau p. 421). Mais l'influence de l'âge, donc du développement, peut agir sur ces résultats car les données globales sont lissées (homogénéisation des variances).

Les analyses par classe d'âge apportent un peu plus de résultats, même s'ils restent modestes. On retrouve préférentiellement les variables de robustesse (avec les périmètres en milieu de diaphyse, par exemple, ou les largeurs d'épiphyses) dans les variables les plus discriminantes (cases grisées des tableaux ANNEXES A66 à A80 p. 424 à 438). Les mesures et/ou indices au niveau du membre inférieur sont privilégiés sur quasiment toutes les classes d'âges (par exemple, T5, F6, ou IT4 et IT5 ; définitions ANNEXE A19, p. 371). Toutefois, certaines mesures au niveau du membre supérieur ont un pouvoir discriminant qui se retrouve dans plusieurs classes d'âge, telles que le diamètre sagittal au milieu du radius (R3) ou l'indice brachial (IH3) démontrant que, combinées, elles sont plus informatives que prises isolément comme dans les comparaisons du chapitre 5.

Cependant, quelle que soit la combinaison évaluée, bien que quelques variables soient ségrégatives, le pouvoir discriminant des enfants par l'ostéométrie en rapport avec le mode de vie est faible. Ce résultat amène plusieurs explications : soit le fait d'étudier des non-survivants (Saunders & Hoppa 1993) biaise ce type de comparaisons soit l'homogénéité des populations est bien réelle (il faudrait alors évaluer l'homogénéité des populations adultes) soit les classes d'âge utilisées (qui n'ont pas de signification biologique) masquent les éventuelles différences de format en fonction des modes de vie. Ces trois interprétations seront discutées dans le paragraphe *d* ci-dessous.

c. Le diagramme d'Ishikawa

Quel moyen trouver pour illustrer et synthétiser à la fois les différences mises en évidence et les lier (ou non) au mode de vie ? Il nous a paru judicieux d'utiliser un diagramme de cause à effet, aussi nommé diagramme d'Ishikawa ou diagramme en arête de poisson. Il consiste en un schéma qui met en relation tous les facteurs, positifs comme négatifs, et les causes produisant un effet (Ishikawa 1972 ; Labruffe 2008). Le diagramme a été conçu pour le contrôle de la qualité dans les industries mais est aujourd'hui utilisé dans de nombreux domaines. On peut l'adapter à toutes sortes de questionnements et il offre l'avantage d'être visuel et modulable.

Nous avons donc choisi de synthétiser notre problème à l'aide de ce diagramme. Nous mettrons donc en présence les facteurs permettant ou non de distinguer le mode de vie d'une population et nous évaluerons ainsi la pertinence de l'utilisation des squelettes d'enfants à cet effet.

Ce diagramme montre très clairement le faible pouvoir discriminant des enfants par rapport aux modes de vie, du moins dans le cadre de cette étude. Pourtant, trois autres tendances apparaissent :

- La circonscription géographique (donc d'une certaine manière le peuplement) est bien mieux caractérisée. Par conséquent, les caractéristiques intra-population qui s'attachent à des groupes définis au sens large (par exemple ici les Moraves) sont prépondérantes par rapport à l'influence du mode de vie urbain ou rural.
- La seconde tendance est l'importance des facteurs culturels. Ce sont eux qui caractérisent le mieux les populations étudiées. La corrélation entre le terrain et la biologie est d'autant plus importante. L'enfant culturel définit donc mieux sa population que l'enfant biologique.
- Le troisième point est la mise en évidence de modalités biologiques à partir de populations archéologiques. Ce point, inattendu, valorise les collections archéologiques et ouvre des perspectives quant à la bioarchéologie des enfants.

Ces trois points sont discutés dès le prochain paragraphe.

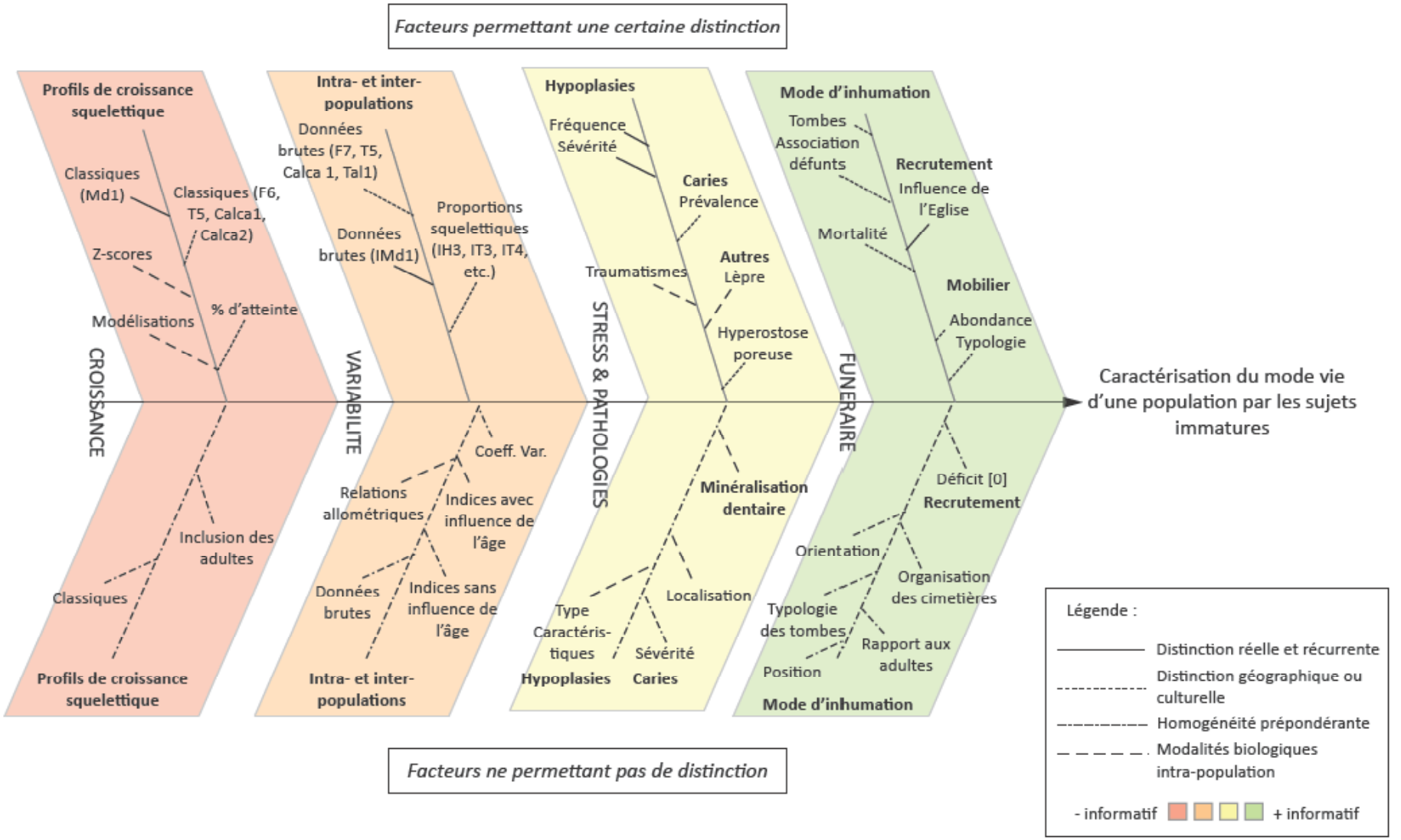


Figure 73 : Diagramme d'Ishikawa synthétisant les facteurs permettant ou non de distinguer le mode de vie des populations.

d. Discussion : pouvoir discriminant des enfants dans les populations du passé

Les résultats de l'ensemble des analyses tendent tous vers une interprétation commune. Le format squelettique des individus immatures n'est pas un facteur discriminant du mode de vie des populations. En revanche, les indicateurs de stress et différentes pathologies (dentaires et osseuses) sont plus diagnostiques.

Cette conclusion est en accord avec un certain nombre de publications récentes. Par exemple, Lewis (2002) montre qu'il n'existe pas de différence significative au niveau de la croissance des os longs pour 4 sites urbains et ruraux datés du Moyen Âge et de l'époque moderne (Lewis 2002). Elle trouve en revanche, un fort impact de l'industrialisation, ce que nous ne pouvons évaluer. Cet impact se retrouve dans les facteurs de morbidité (indicateurs de stress et pathologies) et les enfants urbains sont plus touchés que leurs homologues ruraux. Nos résultats sont identiques. Il en va de même avec l'étude de Pinhasi *et al.* (2005) qui ne trouve pas de différence significative sur les mesures de longueur (os longs) mais sur les largeurs des métaphyses (équivalentes à F7 et H5 de notre étude). Ils ne démontrent pas non plus de différences attendues entre les populations géographiquement éloignées (Pinhasi *et al.* 2005). Ce second résultat n'est pas en accord avec les nôtres puisque nous trouvons un certain nombre de différences géographiques. Dans un autre registre, nous sommes, d'une certaine manière, en accord avec Budnik & Liczbinska (2006) qui observent un plus grand nombre de pathologies variées chez les urbains que chez les ruraux. Hormis le cas de lèpre démontré à Prušánky qui va aussi dans leur sens, nous avons trop peu de données sur les maladies infectieuses pour confirmer une prévalence supérieure chez les enfants ruraux (Budnik & Liczbinska 2006). Nos résultats ne contrastent pas non plus avec certaines études fondées sur des populations actuelles (Van de Poel *et al.* 2007). Les enfants urbains n'ont pas un état sanitaire général meilleur que les enfants ruraux, bien au contraire… Ces auteurs concluent sur des différences intra-populations à partir de statut socio-économiques (SES) divergents. Or dans notre cas, il est très difficile de distinguer de réels SES. Par conséquent, conclure à des populations plus ou moins favorisées comme d'autres auteurs le font (Aubenque 1967 ; Bennike *et al.* 2005) serait une surinterprétation. Il est certain qu'une combinaison de facteurs convergents vers un désavantage social peut être un argument, mais il reste risqué quant aux données contextuelles dont on dispose. Il serait cependant intéressant d'étudier des populations au SES précis car il semble le facteur le plus influent sur la croissance et le développement (Pinhasi *et al.* 2006, Bogin *et al.* 2007), même s'il faut distinguer le développement dentaire du développement squelettique (Cardoso 2005) et tenir compte des éventuels facteurs environnementaux, populationnels et chronologiques.

Dans notre cas, il faut mentionner le regroupement des populations géographiquement proches plutôt que celles au mode de vie proche. Pour les enfants moraves, il est évident qu'on a affaire à une population slave homogène et d'origine proche. Ce point peut être discuté en termes de peuplement. En revanche, bien que les deux autres populations appartiennent à l'Empire Franc, la distance géographique et chronologique peut suffire à expliquer les différences démontrées. Il est plus délicat dans ce contexte de parler de peuplement.

Enfin, l'importance des facteurs culturels tend également à caractériser chaque population indépendamment (même si les deux nécropoles slaves restent proches). L'action de la variabilité inter-populations est donc prépondérante sur le mode de vie, confirmant un postulat plusieurs fois avancé (Cardoso 2005 ; Cardoso & Garcia 2009 ; Pinhasi *et al.* 2005).

Il convient, en dernier lieu, de discuter des limites de cette étude et de biais favorisant cette homogénéité. Trois grandes catégories de biais entre en jeu : (1) L'homogénéité des résultats est liée au fait que nous étudions uniquement des individus n'ayant pas survécu (Saunders & Hoppa 1993). Il est très fortement probable que nos données soient lissées par ce biais. Toutefois, il existe aussi des différences significatives qui ne peuvent pas provenir d'erreurs d'évaluation ou de calcul statistique. Nous comparons uniquement des « non-survivors », ce biais n'explique donc pas complètement cette homogénéité. (2) Cette homogénéité est réelle parce que chez des enfants qui n'ont pas survécu, il existe plus de ressemblances que de divergences au niveau du format squelettique. Bien que ce soit le cas chez les tout-petits (Lampl 1993 ; Lampl & Jeanty 2003 ; Susanne 1993 ; Susanne *et al.* 2001), les différences inter-populations devraient se marquer au cours du développement et majoritairement à la puberté (Coleman & Coleman 2002 ; Legge 2005 ; Mitani & Sato 1992). Le facteur âge est prépondérant dans nos analyses mais les différences statistiquement significatives ne s'illustrent pas plus dans une classe que dans une autre. (3) Ce facteur âge induit l'homogénéité. Alors qu'il est évident qu'il faut tenir compte de celui-ci dans les analyses, les classes d'âge utilisées influencent aussi la composition des groupes. Les classes d'âge démographiques n'ont aucune (ou presque) signification biologique. Or, nous avons démontré que les populations archéologiques peuvent décrire certains stades de croissance. Des comparaisons utilisant des classes d'âges plus biologiques pourraient changer les interprétations. Mais on en revient toujours au commencement et au problème d'estimation de l'âge des enfants. (4) Mais c'est aussi que les changements environnementaux et du mode de vie sont mineurs (contrairement à l'industrialisation au 19e siècle), et n'engendrent peut être pas de modifications biologiques très marquées.

Il est évident que les quatre points sont liés et qu'aucun des quatre n'explique entièrement les résultats obtenus. Les enfants des populations du passé sont très informatifs quant aux données complémentaires qu'ils peuvent apporter dans les études de population mais leur pouvoir discriminant est faible et semble plus corrélé aux modalités intrinsèques de la population qu'aux facteurs extérieurs. Il est donc temps de regrouper les trois problématiques de cette étude : la synthèse, les comparaisons et l'apport méthodologique afin de faire le point sur la bioarchéologie de ces enfants dans leur contexte.

II. LA BIOARCHÉOLOGIE DES ENFANTS : ACQUIS, DISCUSSION ET PERSPECTIVES

La synthèse de la partie précédente nous mène à la discussion finale de ce travail. Elle replace l'ensemble de l'étude dans son contexte et dans la bioarchéologie des enfants à l'heure actuelle.

1. UN CONTEXTE

Ce travail est fondé sur 4 populations du haut Moyen Âge européen. Les nécropoles de cette période ont l'avantage de comporter un grand nombre d'individus et donc un effectif potentiellement important de sujets immatures. C'est le cas des nécropoles étudiées. Mais au-delà de l'effectif, cette période historique est un contexte privilégié.

Il correspond à la fois à une rupture avec l'Antiquité mais aussi à une certaine continuité (Belcastro *et al.* 2007 ; Brather 2004 ; Graham 1987). Cette phase de transition correspond à la mise en place progressive de la féodalité mais également à la diffusion du christianisme et à la

fondation de structures étatiques aux confins de l'Europe (Reuter 1985 ; Turcan 2001). Les quatre populations étudiées correspondent à cette transition. Cette société en mutation se reflète dans les paysages et dans les vestiges archéologiques retrouvés (Rippon 2000). Ainsi, alors que l'urbanisation et la diffusion de christianisme sont clairement visibles dans les sites moraves, c'est plutôt la continuité et l'expansion de l'Empire Franc qui s'illustrent dans les sites français. Ce contexte particulier est peu étudié d'un point de vue de l'enfance et des enfants. Cette étude apporte donc sa part informative à ce sujet.

Le second point à traiter dans ce paragraphe est la relation entre le contexte historique, les statuts socio-économiques et le mode de vie des populations. Le phénomène de transition rend difficile la différenciation entre mode de vie et statut socio-économique. En effet, un individu vivant dans un milieu urbain ne possède pas nécessairement un statut socio-économique bas, de même qu'un agriculteur n'est pas nécessairement défavorisé. Nous pointons là une des limites de notre étude qui, de par les populations analysées, ne peut pas distinguer autre chose qu'un mode de vie rural d'un mode de vie urbain. La finesse de la hiérarchisation des sociétés à cette période ne se reflète donc pas dans l'étude et les comparaisons sont limitées. Il serait donc intéressant d'avoir accès à la stratification d'une population (par exemple à Mikulčice où cette distinction est possible) afin de pouvoir discuter réellement en termes de statut socio-économique. Dans le cadre de ce travail, le statut discuté est moyen quelle que soit la population considérée. Toutefois, les grandes mutations de ces sociétés sont visibles à travers nos collections :

- Le phénomène de christianisation se reflète à la fois dans les différences de pratiques funéraires entre la collection mérovingienne de Norroy et celle, carolingienne, de Cherbourg mais aussi dans les variations subtiles entre les modes d'inhumation de Mikulčice et de Prušánky.
- La fondation de structures étatiques est essentiellement observée dans les populations moraves. Et bien que les avis divergent sur les modalités de ces structures (Merínsky 2002, 2006 ; Trestik 2001), il existe des différences réelles entre le centre de pouvoir qu'est Mikulčice et les secteurs ruraux dépendants dont fait partie Prušánky. Ce glissement progressif vers la féodalité est donc démontrable dans des ensembles aussi proches.

Enfin, il est évident qu'au haut Moyen Âge, la zone d'habitation (milieu de vie) est intimement liée aux activités pratiquées (donc liée d'une certaine manière au statut socio-économique). Bien que ce fait ne puisse pas se rapporter aux populations actuelles, du moins dans les pays industrialisés (par exemple, les cadres et autres travailleurs fuient les grandes villes pour habiter à la campagne), il devait exister certains mouvements de population mais qui, sans documents historique, ne peuvent pas être mis en lumière (Aubenque 1967). C'est le cas par exemple de l'envoi des enfants dans les campagnes pour être sevrés (phénomène connu au 16e-18e siècles : Herring *et al.* 1998 ; Whitehead 1985). Les conclusions de ce travail concernent donc des populations à un moment donné dans un milieu donné et les comparaisons et interprétations diachroniques seront forcément limitées. La bioarchéologie des enfants dépend en premier lieu du contexte d'étude ; toute comparaison doit être raisonnée et raisonnable (ce qui n'est pas vraiment le cas aujourd'hui).

2. DES MODALITÉS BIOLOGIQUES ET CULTURELLES

La problématique générale de ce travail invitait à répondre à trois points sur la bioarchéologie des enfants : comprendre, caractériser et développer. A l'aide des modalités biologiques et culturelles mises en évidence dans cette étude nous répondrons point par point à ce questionnement.

a. Comprendre

Derrière le verbe comprendre, deux idées sont en réalité exprimées : rechercher, dans un premier temps, la part informative réelle apportée par les squelettes immatures et, dans un second temps, examiner la place de ces individus dans les sociétés du haut Moyen Âge étudiées.

Comprendre la part informative réelle apportée par les squelettes immatures

Le premier point à mentionner est sans doute les limites inhérentes aux squelettes immatures qui sont confirmées par cette étude. La difficulté principale réside à travailler avec des échantillons à la fois transversaux et représentant des individus en cours de développement. La catégorisation devient donc indispensable si on veut comparer des données comparables. La répartition en classes d'âge démographiques est aisée et communément utilisée mais nous avons vu qu'elle n'a que peu de sens d'un point de vue biologique. Cette limite est doublée du problème d'estimation de l'âge pour un maximum d'individus. En revanche, le problème de conservation n'en est pas réellement un, du moins dans le cadre de cette étude puisque les squelettes immatures sont préservés de manière analogue aux adultes. Le fait également que nous travaillons uniquement sur des individus n'ayant pas survécu (Saunders *et al.* 1995 ; Saunders & Hoppa 1993) restreint les informations obtenues notamment au niveau de la croissance. L'apport informatif est donc limité par la structure de ces échantillons plutôt que par les vestiges squelettiques et dentaires en eux-mêmes.

Toutefois, le pessimisme du premier point est contrebalancé par les résultats généraux de cette étude démontrant qu'un protocole et un traitement des données adaptés aux impératifs exigés par ces squelettes permettent d'apporter des données inédites. C'est le cas de la démonstration des divers stades de croissance par les relations allométriques ou par les profils de croissance squelettique par segment. Un traitement adapté signifie un protocole systématique, fiable et reproductible ainsi que des analyses statistiques pondérées et réfléchies. Nous avons démontré dans le chapitre 6, qu'il est inutile de se lancer dans des mathématiques complexes si les données brutes n'apportent pas assez d'information. Nous avons donc établi que les individus immatures pouvaient apporter des informations proches des individus adultes sur : les caractéristiques métriques d'une population, sur l'état sanitaire de celle-ci, sur les modalités de croissance dans le passé et sur la perception des enfants au haut Moyen Âge. N'est-ce pas suffisant pour légitimer à juste titre les individus non-adultes et les replacer systématiquement dans les analyses de population ? Il nous en fallait moins que ça pour être convaincue mais ce travail montre que la bioarchéologie des enfants ne nous a pas encore tout révélé, surtout que nous avons fondé nos analyses sur les données classiquement utilisées en paléobiologie.

Ce vaste objectif a été rempli dans une certaine mesure bien que les données recueillies soient variables d'une collection à l'autre et qu'il ne faille pas généraliser à l'ensemble des populations (cf. §1). Dans le cadre de ce travail, en contexte funéraire, les enfants sont traités de manière analogue aux adultes. Bien que l'on puisse enregistrer quelques variantes (par exemple les dépôts de vestiges d'avifaune à Prušánky), le mode d'inhumation est très proche quel que soit le site pris en considération. Nous avons également observé que les tout-petits (moins de un an) occupent une place particulière dans ces populations. Ils sont la plupart du temps inhumés en association avec des enfants plus grands ou des adultes. D'ailleurs, si l'on pousse le raisonnement plus loin, en reprenant le type de mortalité de Bourgeois-Pichat (1951a, b), alors on comprend une autre facette de la relation population/environnement. Bien qu'il faille se limiter à l'observation sans interpréter outre mesure (l'adaptation aux populations passées est délicate), le concept vaut la peine d'être envisagé. Cet auteur définit deux types de mortalité infantile (mortalité avant 1 an, mais surtout dans les tous premiers mois) : la mortalité endogène qui est liée à des causes antérieures à la naissance et bien souvent associée à la naissance elle-même et la mortalité exogène liée à des facteurs extérieurs donc à l'environnement (Bourgeois-Pichat 1951a, b). En général, la mortalité endogène survient dans le premier mois de vie. S'il on reporte cette donnée aux âges précis estimé pour les individus de moins de 1 an (cf. chapitre 4) alors on observe la tendance de la figure 74.

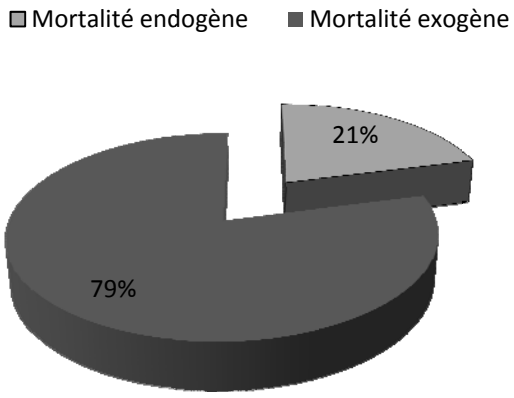
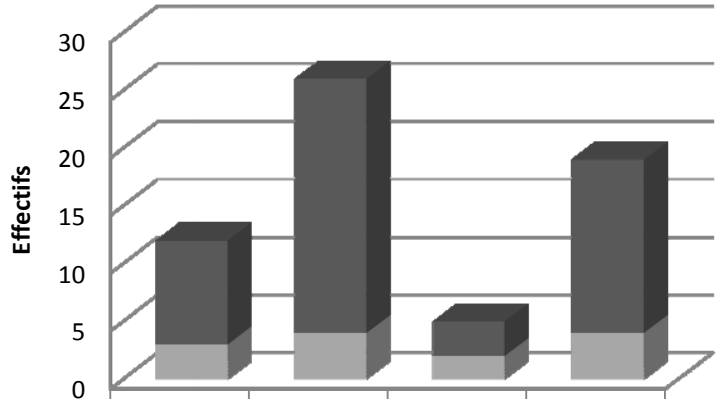


Figure 74 : Proportion des types de mortalité (endogène et exogène) parmi les 62 individus de moins de 1 an pour lesquels un âge a pu être précisé.

La mortalité endogène représente une faible part de la mortalité infantile (21%). Il est difficile de déterminer une réelle mortalité endogène (surtout pour nos données) mais on voit qu'elle est limitée dans les populations étudiées. De plus, si les effectifs sont rapportés par site alors on retrouve la figure 75 (ci-après).



	Mk	Pk	Nlv	Che
Mortalité exogène	9	22	3	15
Mortalité endogène	3	4	2	4

Figure 75 : Proportion des types de mortalité (endogène et exogène) par site.

Le nombre d'individus relevant de la mortalité endogène est proche d'un site à l'autre (cf. Figure 75). En revanche, les proportions par rapport à la mortalité exogène varient. Néanmoins, il ne faut pas sur-interpréter de tels résultats. L'information apportée relève plus du recrutement. Les individus décédés aux alentours de la naissance sont présents dans les nécropoles même s'ils sont en nombre restreint. Aucune pratique particulière n'est à relever, hormis une association avec des adultes ou des enfants plus âgés. Ces individus sont donc intégrés dans les sociétés du haut Moyen Âge. Il serait toutefois hasardeux d'interpréter plus ces résultats bâtis sur un faible nombre d'individus. D'ailleurs, le recrutement homogène entre les quatre populations (malgré les quelques différences relevées) montre que les individus immatures sont intégrés aux nécropoles de manière analogue aux adultes. La sous-représentation des individus de moins de un an montre toutefois que tous les individus n'étaient pas nécessairement inhumés dans ces lieux. Ce peu d'intérêt est-il lié à la très forte mortalité infantile régnant très certainement à cette période (Alduc-Le Bagousse & Blondiaux 2002 ; Castex 1994 ; Pressat 1985) ? Sans autre preuve matérielle (comme les fouilles d'un lieu exclusivement réservé à l'inhumation des tout-petits), ce constat reste un questionnement.

Toujours dans le registre de l'intégration des enfants aux sociétés du haut Moyen Âge, se pose la question de l'accès aux soins. Encore une fois, il est très difficile de répondre à ces questions. Dans un premier temps, le paradoxe ostéologique limite les interprétations (Wood *et al.* 1992). Les individus montrant un état sanitaire général faible ne sont pas forcément les individus les plus défavorisés (cf. chapitre 7). Dans un second temps, l'évaluation des traumatismes et des pathologies laissant une trace sur l'os est restreinte chez les enfants car le remodelage osseux intense peut masquer les marqueurs. Encore une fois, nous observons un faible taux d'atteinte de pathologies diverses et traumatismes, suggérant une prise en charge de la population. En tout cas, nous sommes loin de la présentation ostentatoire des individus atteints, comme il en existe dans certains sites étudiés (Garralda *et al.* 2002 ; Glencross & Stuart-Macadam 2000 ; Jiménez-Brobeil *et al.* 2007).

Ces quelques informations permettent donc de démontrer l'intégration des individus immatures à la population adulte et un certain soin apporté aux défunts (pratiques funéraires communes, mobilier adapté, etc.) comme aux vivants (peu de cas traumatiques et/ou pathologiques

aberrants). Comme le suggèrent les données historiques (Haines 1995 ; Hanawalt 1995, 2002 ; Kamp 2001 ; Perry 2005, 2007), les enfants font partie intégrante de la vie quotidienne même si la vision de l'enfant et de l'enfance différait par rapport à notre point de vue actuel. Les enfants avaient leur place et une place à part entière dans ces sociétés. Une étude des données historiques pourrait compléter ce qu'a apporté la bioarchéologie (Perry 2007).

b. Caractériser

Les différences en termes ontogéniques et culturels induites par des modes de vie contrastés

Nous devrions plutôt parler d'absence de différence que de différences réelles, pertinentes et récurrentes (cf. §I2). Ce constat va à l'encontre des nombreuses publications décrivant des divergences multiples et des inégalités biologiques selon le mode de vie **et** selon le statut socio-économique (Brown *et al.* 2009 ; Henneberg *et al.* 2001 ; Palloni *et al.* 2009 ; Temple *et al.* 2008). Il semble même que ce soit une thématique à la mode en anthropologie, tant au niveau des populations actuelles que passées. Alors pourquoi un tel écart ?

La première explication à avancer est l'influence des biais d'échantillonnage et des biais méthodologiques. Nous avons démontré (notamment dans le chapitre 6) que la nature même des échantillons limitait les analyses et que, parfois, le recours à une statistique complexe n'était pas nécessaire voire même faux. Mais ceci ne répond pas entièrement à l'interrogation car des études très valides (surtout sur les populations actuelles) existent (Bogin *et al.* 2002 ; Panter-Brick *et al.* 1996 ; Van de Poel *et al.* 2007). La deuxième explication logique met alors en cause le manque de précision au niveau des variables comparées et des amalgames parfois rapides entre milieux de vie, modes de vie et statuts socio-économiques (Aubenque 1967 ; Demissie *et al.* 2000 ; Hauser 1994). Il est vrai que ces notions sont parfois mal définies, surtout dans les études sur les populations du passé. Comparer des notions qui peuvent paraître simplistes comme notre concept de mode de vie, limite en vérité ces confusions même si les résultats peuvent apparaitre comme pauvres. Mais une absence de résultat n'est-elle pas en fait un résultat ? Et si au final, nous ne cherchions pas les différences là où elles se trouvent ? Nous avons vu que le statut biologique et le statut social (démontré en partie par le mobilier et les pratiques funéraires) n'apportent pas les mêmes résultats (cf. §I2), ce que confirme divers travaux précédemment publiés (Baxter 2005a ; Robb *et al.* 2001). Et si ces différences relevaient uniquement de la définition de la variabilité ? Il semblerait que, dans le cadre de ce travail, les divergences et l'absence de divergence relèvent plus de cette variabilité intra- et inter-populations que de facteurs extrinsèques difficile à définir et à distinguer les uns des autres. C'est également l'avis d'autres auteurs travaillant dans des contextes divers et plus ou moins récents (Cowgill & Hager 2007 ; Saunders *et al.* 2000).

Enfin, bien que les enfants étudiés soient ceux qui n'auront pas atteint l'âge adulte, il doit exister une relation quantifiable entre la variabilité mature et immature. Cette interaction est proposée par quelques auteurs (Boldsen 2007 ; Clark *et al.* 1986 ; Gluckman *et al.* 2007 ; Kemkes-Grottenthaler 2005 ; Parcel & Menaghan 1994) aussi bien pour les populations actuelles que passées. Il serait donc probant de s'intéresser à ces probables interactions adultes-immatures dans les perspectives de travail.

Des modalités biologiques dans des populations archéologiques

Un des résultats majeurs de ce travail est la mise en évidence de modalités biologiques particulières dans des populations archéologiques. C'est le cas des phases de croissance sous-jacentes aux relations d'allométrie du squelette (cf. chapitre 5) ou des profils de croissance par segment (cf. chapitre 6). Nous avons également vu que des classes d'âge plus biologiques peuvent être définies à partir d'une analyse poussée du développement squelettique. Ces résultats minimisent les limites liées aux populations archéologiques (composition des échantillons fluctuante, échantillons nécessairement transversaux, individus n'ayant pas survécu, etc.).

Toutefois, ces résultats mettent aussi en avant des limites qui remettent en question la validité de certaines problématiques telles que la paléoauxologie. Le concept de paléoauxologie est en effet complètement discutable (cf. chapitre 6 et les limites des profils de croissance squelettique quels qu'ils soient). En fait, si nous revenons aux publications princeps et aux définitions des termes comme le fait Sempé (1971, 1979) qui reprend dans ses ouvrages l'historique de la biométrie et de l'auxologie, on remarque que Godin dès 1903 invente le terme « auxologie » qu'il définit comme « la science métrique de la croissance [… ; c'est] l'étude de la croissance suivie chez les mêmes sujets pendant de nombreux semestres successifs par un grand nombre de mesures » (Godin 1903, 1910 ; Sempé *et al*. 1979 ; Sempé & Sempé 1971). L'auxologie est donc, par nature, fondée sur des **études longitudinales** et il est illusoire d'adapter ce concept aux échantillons transversaux (Godin 1910 ; Manouvrier 1903). Nous partageons entièrement cet avis, depuis trop longtemps enseveli sous les publications plus récentes. Devons-nous alors dire adieu à la paléoauxologie ? Pas nécessairement, ou du moins nous devons nous efforcer de trouver et de définir un terme adapté à la croissance des populations du passé.

La caractérisation de modalités biologiques nous mène en dernier lieu à parler de la question de l'estimation de l'âge. Si le rapport entre âge dentaire, âge squelettique (statural) et âge chronologique a d'ores et déjà été analysé dans le cadre de ce travail et discuté (Chaillet & Demirjian 2004 ; Green 1961 ; Lampl *et al.* 2000 ; Lewis 1991), une relation existerait-elle avec le peu de divergences inter-populations trouvées ? En effet, le mimétisme de la composition de l'échantillon de référence (Bocquet-Appel & Masset 1982 ; Konigsberg & Frankenberg 2002 ; Masset 1973b) lisse les répartitions par classe d'âge ; de ce fait n'existerait-il pas une minimalisation des différences recherchées par la suite ? Il serait très intéressant de valider la méthode d'estimation secondaire de l'âge sur plusieurs collections de référence et de réitérer les différentes comparaisons en utilisant des classes d'âge plus biologiques. De même qu'approfondir les relations entre données archéologiques et âge culturel pourrait apporter des éléments supplémentaires de discussions. En conclusion, c'est aussi un peu le serpent qui se mord la queue : l'identification biologique individuelle des individus immatures repose en priorité sur l'estimation de l'âge et les comparaisons sont également une question d'âge… D'où l'importance de développer des analyses et des méthodes adaptées aux vestiges non-adultes afin d'en tirer un maximum d'informations fiables.

c. Développer

Différents points méthodologiques ont été développés au cours de ce travail afin d'obtenir dans un premier temps des données pertinentes à partir des squelettes immatures et dans un second temps d'analyser ces données d'un point de vu novateur par rapport aux études classiques.

Des méthodes d'identification biologique différentes

Nous avons vus dans le chapitre 4 que, bien que l'estimation de l'âge dentaire soit satisfaisante (Liversidge *et al.* 1998 ; Saunders & Katzenberg 1992 ; Scheuer & Black 2000a), il n'existait aucune homogénéité entre les auteurs quant aux méthodes concernant l'âge squelettique. Nous avons pris le parti de limiter l'influence de la population de référence et le nombre de méthodes différentes utilisées. Pour ce faire, nous nous sommes servi de la variabilité intra-population afin d'élaborer la méthode secondaire d'estimation de l'âge (ESA). Cette méthode a pour avantage de n'avoir recours qu'à une seule méthode d'estimation de l'âge primaire (âge dentaire) puis de tenir compte uniquement des données intra-population. Elle formalise donc ce que beaucoup ont tenté de faire dans leurs différents travaux (Alduc-Le Bagousse 1988 ; Bocquentin 2003 ; Castex 1994). De plus, elle permet d'estimer une classe d'âge pour un maximum d'individus même les squelettes les moins bien préservés. Facilement adaptable à d'autres populations, grâce au programme développé en langage Visual Basic®, elle a d'ores et déjà été testée sur la population de référence de Spitalfields. Elle pourrait être affinée en la testant sur d'autres populations de référence provenant de différents contextes, et, en effet, c'est une perspective de recherche à court terme. La principale limite de cette méthode est le besoin d'un effectif important d'individus possédant des dents afin de constituer l'échantillon d'apprentissage. Mais utilisée dans des larges études de population telles que celle-ci, ce biais est minimisé. L'ESA renouvelle la question de l'estimation de l'âge squelettique des individus non-adultes en apportant une réponse précise et fiable aux problématiques populationnelles. Mais, bien que validé par une probabilité, un âge estimé reste une évaluation qui n'est pas toujours représentative d'une modalité biologique.

Un moyen de reconnaissance parallèle a été développé afin de comparer des groupes biologiquement homogènes. Le développement dentaire étant reconnu comme étant le moins susceptible aux facteurs environnementaux (Cardoso 2007b ; Chaillet *et al.* 2005 ; Demirjian *et al.* 1973 ; Heuzé & Cardoso 2008 ; Lewis 1991 ; Schour & Massler 1941), nous nous sommes donc basée sur les stades de minéralisation dentaire pour définir 6 groupes en fonction des dentitions et des éruptions. Ces groupes représentent des séquences de minéralisation des dents mandibulaires et permettent d'identifier les individus en premier lieu par leur biologie. Il est vrai que ce système exclut des comparaisons les individus ne possédant pas de dent mais les groupes comparés sont plus homogènes. De plus, dans certains cas, les individus immatures peuvent être analysés de manière équivalente aux sujets adultes ce qui jusqu'ici était la plupart du temps exclu.

Ces deux avancées méthodologiques sont indissociables des résultats présentés auparavant et la conception de celles-ci entre intégralement dans la problématique de ce travail. Comme toute étude novatrice, les limites sont avancées et des perspectives de travail se dégagent. L'apport informatif est conséquent et les analyses comparatives peuvent être complétées.

Des outils d'analyse adaptés

Ce travail démontre également que la remise au goût du jour d'anciens types d'analyses permet de mettre en évidence des résultats probants en bioarchéologie de l'enfant. C'est le cas des études des relations d'allométrie du squelette qui sont peu utilisées dans nos domaines (Heinrich & Biknevicius 1998 ; Jungers & German 1981 ; Mosimann & James 1970 ; Moss 1954 ; Ruff 1984). Leur pouvoir informatif quant à la variabilité inter-populations est limité, proche des analyses de proportions corporelles. En revanche, elles mettent en évidence des modalités

biologiques intra-population novatrices. C'est le cas de l'influence de l'âge au décès (encore lui) et de la distinction de stades de croissance définis sur les populations actuelles (Bogin 1999 ; Scheuer & Black 2000b ; Scheuer *et al.* 2004 ; Ulijaszek *et al.* 1998). Cet exemple montre qu'avec des outils d'analyse adaptés, les vestiges non-adultes des populations archéologiques n'ont pas encore tout révélé.

D'autres résultats et investigations se sont montrés plus pessimistes. C'est le cas des profils de croissance squelettique (cf. chapitre 6). Leur apport informatif est très faible et ils sont entachés de biais méthodologiques sévères. Même une analyse statistique novatrice démontre que les biais d'échantillonnage sont prépondérants et que le recours aux modélisations complexes est inutile. Le bilan de ce second point est donc plus mitigé. Si la paléoauxologie semble avoir un avenir limité, les analyses spécifiques telles que celles initiées dans ce travail sont nécessaires à l'avancement de la recherche sur la bioarchéologie des enfants.

Soulignons en dernier lieu l'importance du raisonnement « populationnel » en rapport avec la problématique de ce travail. Les facteurs définissant une population sont extrêmement complexes et corrélés, il convient donc d'adapter les analyses à une problématique précise et non de pratiquer l'ensemble des protocoles connus en espérant faire ressortir quelques résultats des données multiples. La discussion autour de la variabilité est loin d'être close.

3. UNE INTERDÉPENDANCE DES FACTEURS DÉFINISSANT UNE POPULATION

La discussion s'est orientée jusqu'à présent sur les résultats, les limites et les innovations de ce travail en confrontant l'approche biologique et l'approche culturelle. Or, quel que soit le sujet abordé, on revient toujours à la définition d'une population. Cette toute dernière partie discute de ce retour aux fondements : la caractérisation d'une population (archéologique, dans le cadre de cette étude).

a. Une question d'âge ?

Les individus immatures de cette étude ont été analysés en grande partie par répartition en classes d'âge démographiques (classes construites pour la discipline). Mais nous avons également démontré que des classes d'âge biologiques peuvent être mises en évidence dans des populations archéologiques. Un certain âge « culturel » est également conféré par le mobilier funéraire accompagnant le défunt (cf. les vestiges d'oiseaux à Prušánky). La définition et la composition de nos échantillons que l'on assimile dangereusement à des populations (Murail 1996) est donc influencée par ces trois facteurs. Derrière le concept d'âge au décès, on retrouve déjà le côté biologique, culturel et construit (qui n'a rien de naturel). Une des perspectives de recherche de ce travail est certainement de réitérer les comparaisons en utilisant ces différents âges et en les confrontant. C'est aussi une des perspectives de recherche globale sur la bioarchéologie de l'enfant (Halcrow & Tayles 2008). L'estimation de l'âge conditionne toute la suite des analyses et donc caractérise déjà, d'une certaine manière, la population. C'est un des points récurrents des problématiques de l'anthropologie biologique, aussi bien chez les enfants que chez les adultes.

b. Peuplement et environnement

Quelle part respective dans la caractérisation d'une population prennent la génétique (et donc d'une certaine manière le peuplement) et l'environnement ? Ce problème a aussi été soulevé de nombreuses fois (Bogin *et al.* 2002 ; Cameron 2007 ; Cardoso 2007b ; Haines *et al.* 2000 ; Hoppa 2000a ; Zolitschka *et al.* 2003) et dans divers domaines (Hill & Peters 1998 ; Prescott & Kendler 1999). Il a toujours été mentionné que la contribution de chaque facteur était difficile à quantifier. Notre étude n'échappe pas à la règle. Seulement des éléments de réponse peuvent être apportés.

Les plus grandes variations inter-populations concernent la robustesse et plus particulièrement une robustesse accrue des membres inférieurs chez les sujets moraves. Cette robustesse est difficilement explicable par le mode de vie (résultats non-significatifs) ou par une activité particulière (Vilotte 2008). Restent alors les facteurs génétiques et environnementaux. Le peuplement slave provient de sources génétiques différentes de celles des francs, bien qu'une part commune ait pu être apportée par les différentes invasions (Curta 2001, 2008a). L'environnement peut très bien avoir également sa part dans la variabilité observée (Kemkes-Grottenthaler 2005 ; Schell & Magnus 2007), avec un climat différent même s'il reste clément, comme des habitudes nutritionnelles variées (Bodri & Cermac 1995 ; Galloway 1986 ; Stebich *et al.* 2005). Cet environnement semble prendre part d'une manière modérée au format des populations. En revanche, il paraît plus influent dans la prévalence des indicateurs de stress non spécifiques et des lésions carieuses. Rien de bien nouveau, mais une interaction certaine entre les deux facteurs. Les données historiques pourraient contribuer à la discussion autour du peuplement. Et les différences qualifiées de « géographiques » dans ce travail reflètent cette différence de peuplement même si aucun argument ne peut réellement l'appuyer. Des comparaisons plus vastes, à l'échelle de l'Europe, telles que les ont engagées les projets Barrande et Eco-Net pourront apporter plus de consistance à cette hypothèse. Finalement, hormis un environnement de vie plutôt favorable et une certaine variabilité du format squelettique (bien que l'homogénéité prédomine), nous ne pouvons pas interpréter plus que cela.

c. Une population : définition et désorganisation

Alors comment est définie une population non-adulte ? Quelles sont les facteurs interdépendants les caractérisant ? Nous avons tenté de répondre à ce dernier questionnement plus large, en intégrant l'ensemble des résultats et interprétations dans un schéma illustratif (Figure 76). Nous ne parlons pas dans ce contexte des filtres successifs conduisant la population réelle à la population inhumée (Masset 1973b, 1987 ; Murail 1996 ; Sellier 1995), mais bien des différents facteurs définissant une population immature et l'apport informatif potentiel des sujets.

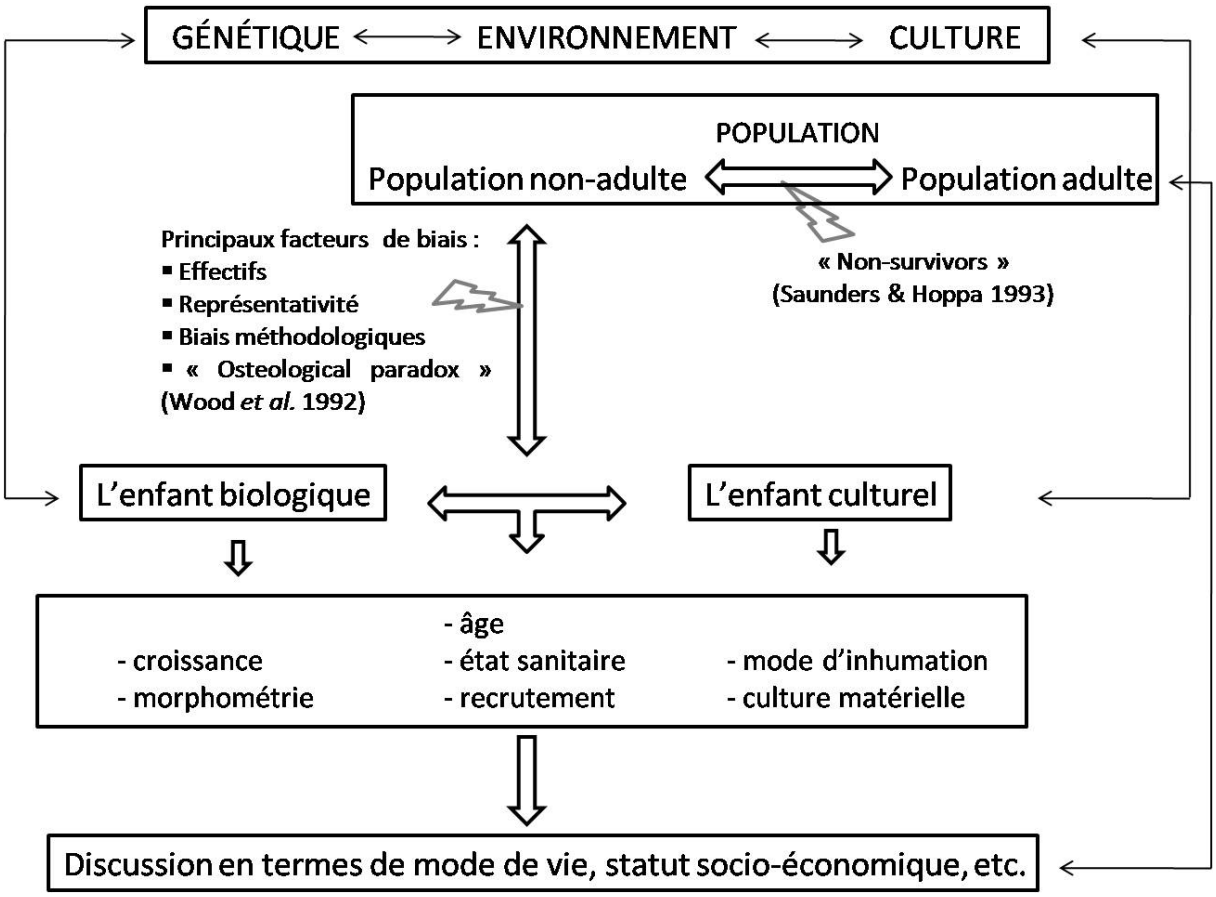


Figure 76 : Schéma synthétique des relations entre population immature et population adulte, facteurs de biais et discussion de ce travail.

La Figure 76 montre clairement que tous les facteurs définissant un individu puis une population sont intimement liés et très corrélés. On ne peut pas s'affranchir d'un facteur sans influencer les autres. Les facteurs de biais constituent d'importantes limites à ne pas négliger dans l'interprétation des résultats. C'est le cas, par exemple, de l'interprétation de l'état sanitaire d'une population à partir des indicateurs de stress non-spécifiques et des autres pathologies. La méthodologie de travail allant de l'individu à la population est donc primordiale dans une étude bioarchéologique. La relation aux individus adultes est également très importante et les deux systèmes fonctionnent ensemble. La Figure 77 illustre le point de vue « populationnel » qui a jalonné ce travail et constitue certainement une perspective de recherche importante en anthropologie biologique.

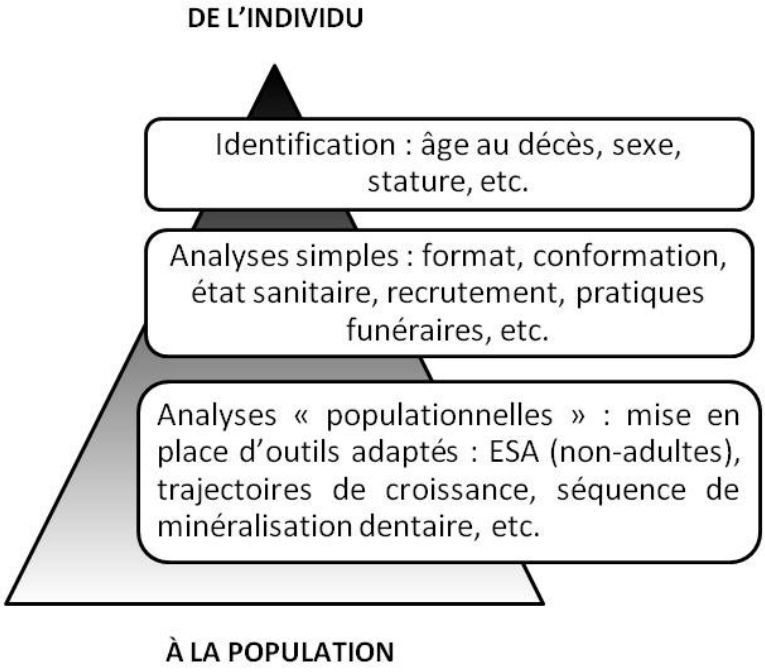


Figure 77 : De l'individu à la population : intégration des analyses pour une contribution globale à la connaissance de la population.

Ce mode de pensée, très utile en bioarchéologie, ne peut être nécessairement adapté à tous les domaines de l'anthropologie : c'est le cas du domaine médico-légal par exemple, qui se focalise sur l'individu (Adalian *et al.* 2007). Mais nous restons convaincue que les perspectives sont à mettre en parallèles et que tout apport à un domaine est utile à l'autre.

Nous conclurons donc ce travail en gardant en mémoire la corrélation entre toutes ces problématiques, comprenant à la fois les enjeux et les limites de la bioarchéologie des enfants.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le principal objectif de ce travail était de comprendre la perception de l'enfant par quatre sociétés du haut Moyen Âge, en caractérisant les interactions entre modalités biologiques et critères culturels, et en y intégrant un volet méthodologique. Il est vrai que les études concernant les enfants sont très inégales en termes de problématique et d'interprétation, et qu'il n'existait pas de larges synthèses liant à la fois les aspects méthodologiques fondamentaux à la bioarchéologie, et reposant sur un cadre chrono-culturel précis.

Afin de mener à bien cette étude, nous nous sommes efforcée de toujours raisonner au niveau de la population et non de l'individu, en appliquant un protocole rigoureux et le plus reproductible possible permettant par la suite des comparaisons fiables. Consciente des facteurs de biais d'échantillonnage, des biais méthodologiques et des biais conceptuels, chaque analyse statistique et/ou mathématique a été choisie en fonction de l'exigence des conditions *a priori* et des résultats désirés. Certains traitements des données nous ont conduite à remettre au goût du jour d'anciennes approches et de créer de nouveaux outils. Cette recherche est organisée en trois temps : le premier définit, après une identification biologique précise des individus, les modalités biologiques relatives aux sujets immatures, par un maximum de points de vue différents. Les comparaisons inter-populations mettent en évidence les éventuelles différences qui existent entre ces groupes humains. Dans un deuxième temps, cette approche est réitérée mais pour les critères socio-culturels révélés principalement par les pratiques funéraires et la place des sujets non-adultes parmi le reste de la population. Le troisième et dernier temps de cette étude discute de la liaison entre les modalités biologiques et culturelles et, d'une manière plus large, de la définition d'une population en anthropologie biologique. Nous nous sommes fondée sur les études préexistantes dans les domaines traités et loin de toutes les conforter, certains de nos résultats constituent une rupture avec ce qui existait auparavant.

Établi à partir de trois collections majeures représentant des populations aux modes de vie contrastés, avec une quatrième proposant un point de vue diachronique, et la collection de référence de Spitalfields utilisée pour certains aspects méthodologiques, nous avons pu ainsi traiter l'ensemble de nos objectifs, en faisant systématiquement un parallèle avec les recherches existantes. Trois principaux points résument l'apport de notre travail de recherche :

- ✓ **Rupture et continuité des comparaisons inter-populations**

Le principal résultat de cette étude est la démonstration d'une très forte homogénéité des quatre populations immatures étudiées, tant par leurs modalités biologiques (variabilité intra- et inter-populations, format et conformation squelettique, profils et trajectoires de croissance squelettique, indicateurs de stress non spécifique, lésions carieuses, pathologies dentaires et osseuses et traumatismes) que par leurs modalités culturelles (organisation des cimetières, modes d'inhumation, recrutement de la population inhumée par rapport aux schémas de mortalité attendus). Ce résultat est plutôt en rupture avec les études existantes qui déterminent souvent des divergences (notamment pour la croissance et l'ostéométrie en général) entre les individus aux modes de vie contrastés. Dans notre cas, ces divergences sont minoritaires. Il existe une différence de format squelettique qui se retrouve dans pratiquement toutes les analyses : les individus urbains auraient des mandibules plus longues et plus étroites

que leurs homologues ruraux. Une différence sur la sévérité des hypoplasies de l'émail dentaire (accrue chez les ruraux) et sur les lésions carieuses (plus nombreuses chez les urbains) permet de discuter des facteurs environnementaux (favorables ou non) et de l'alimentation dans ces populations. La discussion devient plus intéressante en termes de regroupement géographique (moraves *vs.* francs) puisqu'elle traite d'une certaine manière de peuplement. Les enfants moraves se distinguent des francs par leur robustesse (surtout au niveau du membre inférieur) et par leurs modalités de croissance qui leur permettent d'atteindre le format adulte plus précocement. La culture s'exprime quant à elle aussi parfaitement dans ce type de regroupement puisque le mobilier funéraire slave tranche radicalement, y compris avec l'abondant mobilier mérovingien. Ce point permet aussi de discuter de la structure de la société à ces époques et plus particulièrement de l'influence de l'Église et de la christianisation sur ces populations.

Cette remarque fait le lien avec le second résultat de cette étude. Les interactions entre les modalités biologiques et facteurs socio-culturels existent mais sont difficilement quantifiables par les sujets immatures. Contrairement à ce qui a pu être publié, les vestiges squelettiques et dentaires des enfants sont très informatifs dans divers domaines mais ne caractérisent pas (ou mal) le milieu dans lequel ils ont grandi. Il faudrait étudier conjointement les adultes et définir les relations adultes-immatures pour espérer pouvoir répondre à ce problème. Quantifier les interactions relève de la gageure, car trop de facteurs extrinsèques (facteurs de biais, contribution de la génétique par rapport à l'environnement, etc.) limitent les interprétations. Cette conclusion plutôt négative cache en vérité un des apports les plus importants de ce travail.

S'il est apparu comme difficile (voire impossible) de lier les facteurs biologiques aux critères socio-culturels, nous avons démontré un atout des collections archéologiques jusqu'à présent controversé : celui de pouvoir caractériser des modalités biologiques normalement observées sur des populations actuelles (et vivantes). En effet, à partir d'analyses adaptées, les grandes phases de croissance (infantile, juvénile et adolescence) peuvent être mises en évidence dans les collections étudiées. De même que l'estimation de l'âge peut reposer sur des âges plus corrélés au développement que les sempiternelles classes démographiques. Enfin, l'influence de l'âge au décès, quelle que soit l'analyse envisagée (biométrie), est aussi un résultat jamais clairement démontré auparavant. On en revient donc toujours aux fondements, de l'identification biologique des individus aux analyses adaptées.

- ✓ **Mise en place d'outils d'analyse adaptés**

Trois principaux apports méthodologiques caractérisent ce travail. Le premier est la mise en place de la méthode d'estimation secondaire de l'âge (ou ESA). Bâtie à partir de concepts préexistants (la diagnose sexuelle secondaire) mais jamais concrétisée à l'échelle de la population (comparaisons diverses entre âges dentaires et âges squelettiques), cette méthode utilise la variabilité intra-population et les probabilités pour estimer un intervalle d'âge pour un maximum d'individus (y compris les moins bien préservés). Testée sur la collection de Spitalfields, elle confère précision et fiabilité aux résultats ainsi qu'une grande flexibilité dans les classes d'âge choisies. Cette méthode est un des piliers de l'analyse populationnelle souhaitée.

Le second apport méthodologique est un outil permettant de raisonner d'un point de vue plus biologique. Les séquences de minéralisation dentaire sont fondées sur le stade de développement de chaque dent mandibulaire et du rapport entre ces stades. Elles permettent de constituer des groupes de comparaison homogènes, en s'affranchissant de l'âge estimé, qui reste toujours quelque part un facteur de biais.

Le dernier outil développé concerne encore une fois le point de vue « populationnel ». L'utilisation des profils de croissance fractionnés a montré qu'il était possible de définir, d'une certaine manière, des caractéristiques de croissance dans chaque population étudiée. Nous avons donc adapté l'analyse de transition de Boldsen *et al.* (2002) à nos données. Le but était simple : définir des trajectoires de croissance populationnelles en s'affranchissant de l'âge estimé (utilisation des séquences de minéralisation dentaire), des problèmes d'effectif (ou du moins en partie, en analysant la variabilité intra-population) et des limites des régressions (en modélisant les stades de transition). Cette mise en œuvre complexe s'est révélée peu informative et a souligné les limites des mathématiques alors que notre matériel restreint lui-même les analyses.

- ✓ **Remise en question de la validité de certaines analyses**

L'étude approfondie de certains domaines, liés au développement, nous a conduite à remettre en question la validité de ceux-ci. C'est le cas de la paléoauxologie qui n'a pas vraiment raison d'être, définie comme l'étude de la croissance des populations du passé. On peut d'une certaine manière étudier les modalités de croissance de ces populations mais on ne peut pas traiter directement d'auxologie (de toute façon fondée sur des échantillons longitudinaux). Il en va de même pour les limites d'interprétation de l'état sanitaire des populations ou encore des caractéristiques démographiques au-delà du recrutement des populations inhumées.

Perspectives

Une étude adaptée aux sujets non-adultes montre qu'ils ne nous ont pas encore tout révélé, tant d'un point de vue biologique que culturel (Chapeskie 2006 ; Halcrow & Tayles 2008). L'importance de la connaissance des facteurs de biais est à souligner. Enfin, le contexte de l'étude est un des facteurs primordiaux de son accomplissement. Un cadre chrono-culturel précis permet de rapprocher des groupes similaires bien qu'il restreigne le type de comparaisons possibles. Il est alors essentiel de comprendre les résultats que l'on peut atteindre et ceux qui nous sont interdits.

Le cadre chrono-culturel exceptionnel qu'offre le haut Moyen Âge dans l'étude des individus immatures est encore loin d'être exploité de manière approfondie. Si le mode de vie est délicat à caractériser à travers cette partie de la population, alors il faut définir d'autres critères à mettre en évidence. Nous pensons notamment à réitérer ce type d'étude sur des populations au niveau socio-économique clairement défini, ce qui n'était pas le cas dans ce travail. Par exemple, des statuts hiérarchiques différents sont distingués parmi les multiples nécropoles de Mikulčice et ses quelques 2500 sépultures, allant de l'aristocratie des individus inhumés dans le cimetière du palais, aux classes les plus basses repoussées en périphérie du domaine. Il serait intéressant de comparer les modalités biologiques et culturelles des enfants à chaque échelon de cette stratigraphie et de comprendre leur part informative dans ces contextes contrastés.

D'un point de vue plus pratique, le protocole de ce type d'étude mériterait d'être enrichi afin d'examiner réellement tous les aspects possibles sur les squelettes immatures. Le crâne, écarté pour des raisons principales de fragmentation, pourra sans aucun doute compléter les données sur le format et la conformation des sujets étudiés. Le format et la conformation pourraient être évalués par de véritables variables de forme avec la géométrie morphométrique, bien qu'il soit

essentiel de reformuler la problématique avant d'utiliser cet autre outil (comme par exemple : variabilité de la forme du fémur pour un âge donné et dans un contexte donné). Si l'on se focalise sur des statuts socio-économiques distincts, l'étude des variations anatomiques non métriques (ou caractères discrets) pourrait être envisagée. En effet, elles peuvent, dans une certaine mesure, mettre en évidence le regroupement d'individus avec des liens de parenté. La synthèse serait alors complète.

Ce travail a démontré qu'on pouvait utiliser des modalités biologiques sur des populations archéologiques. Or, les comparaisons de cette étude se sont principalement focalisées sur les classes d'âge démographiques. L'utilisation de classes d'âge plus biologiques, telles que celles issues du développement squelettique ou de la minéralisation dentaire, peut sans aucun doute mettre en évidence des différences masquées jusqu'ici par l'influence de l'âge estimé (donc des catégories démographiques dans notre cas).

Enfin, dans l'optique de continuer à développer des méthodes et des outils d'analyses sur les sujets immatures, l'ESA mériterait d'être testée sur d'autres populations de référence (comme celle de Coimbra ou encore celle de Bologne) afin de vérifier sa pertinence et d'évaluer l'influence de la composition ou de la conservation de l'échantillon. De même que dans un autre registre, les trajectoires de croissance populationnelles gagneraient à être appliquées sur de larges échantillons (populations contemporaines ?) afin de les comparer aux courbes de croissance et aux standards actuels. Ces développements méthodologiques sont une des perspectives majeures que nous souhaitons développer alors qu'ils sont à l'interface entre la biologie humaine, l'anthropologie biologique et le domaine médico-légal.

Ce travail de recherche contribue à la connaissance des sujets non-adultes en bioarchéologie, et va dans le sens de la pluridisciplinarité requise par nos domaines d'étude (Perry 2007). Il montre également que nous nous dirigeons dans la bonne direction dans l'étude de la biologie des populations pour peu que nous sachions en évaluer les limites et rester prudents (Hens & Godde 2008). En revanche, S. Paradis avait raison dans la citation mentionnée au début de ce travail : « Les enfances se ressemblent toutes, dans leur grandeur comme dans leur misère originelles ». Il faut alors trouver le détail qui les distinguera.

BIBLIOGRAPHIE

ACHESON R. M. (1959) Effects of starvation, septicaemia, and chronic illness on the growth cartilage plate and metaphysis of the immature rat. *Journal of Anatomy*, 93 : 123-134.

ACSÁDI G. ET NEMESKÉRI J. (1970) *History of Human Life Span and Mortality*, Budapest : Akadémiai Kiado, 345 p.

ADAIR L. S. (2007) Size at Birth and Growth Trajectories to Young Adulthood. *American Journal of Human Biology*, 19 : 327-337.

ADALIAN P., DELOISON Y. ET LEONETTI G. (2007) Anthropologie médico-légale : de l'étude populationnelle à l'individuelle, in : A.-M. Guihard-Costa, G. Boetsch, A. Froment*, et al.* (Eds.), *L'Homme et sa diversité. Perspectives et enjeux de l'Anthropologie biologique*, Paris : CNRS Editions, p. 109-117.

ADALIAN P., PIERCECCHI-MARTI M.-D., BOURLIÈRE-NAJEAN B., PANUEL M., LEONETTI G. ET DUTOUR O. (2002) Nouvelle formule de détermination de l'âge d'un foetus. *C. R. Biologies*, 325 : 261-269.

ADALIAN P., PIERCECCHI-MARTI M.-D., LALYS L., LEONETTI G. ET DUTOUR O. (2006) Détermination de l'âge foetal. Evaluation des formules "classiques", in : L. Buchet, C. Dauphin et I. Séguy (Eds.), *La paléodémographie. Mémoire d'os, mémoire d'hommes*, Antibes : APDCA, p. 271-279.

ADAMS B. J. ET KONIGSBERG L. W. (2004) Estimation of the Most Likely Number of Individuals From Commingled Human Skeletal Remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 125 : 138-151.

AGRESTI A. (2007) *An Introduction to Categorical Data Analysis*, New York : John Wiley & Sons, 352 p.

ALBANESE J. ET SAUNDERS S. R. (2006) Is It Possible to Escape Racial Typology in Forensic Identification?, in : A. Schmitt, E. Cunha et J. Pinheiro (Eds.), *Forensic Anthropology and Medicine. Complementary Sciences From Recovery to Causes of Death*, Totowa : Humana Press, p. 281-316.

ALBERT A. M. ET GREENE D. L. (1999) Bilateral Assymetry in Skeletal Growth and Maturation as an Indicator of Environmental Stress. *American Journal of Physical Anthropology*, 110 : 341-349.

ALBERT A. M. ET MAPLES W. R. (1995) Stages of Epiphyseal union for Thoracic and Lumbar Vertebral Centra as a Method of Age Determination for Teenage and Young Adult Skeletons *Journal of Forensic Sciences*, 40 : 623-633.

ALDUC-LE BAGOUSSE A. (1988) Estimation de l'âge des non-adultes : maturation dentaire et croissance osseuse. Données comparatives pour deux populations médiévales bas-normandes, in : L. Buchet (Ed.), *Anthropologie et Histoire ou Anthropologie historique ? Actes des Troisièmes Journées Anthropologiques de Valbonne (28-30 mai 1986)*, Valbonne : Notes et monographies techniques du C.R.A, p. 81-103.

ALDUC-LE BAGOUSSE A. ET BLONDIAUX J. (2002) Mortalité maternelle et périnatalité au premier millénaire à Lisieux (Calvados, France). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 14 : 295-309.

ALDUC-LE BAGOUSSE A. ET PILET-LEMIÈRE J. (1986) Les sépultures d'enfants en édifice religieux : l'exemple du cimetière Notre-Dame à Cherbourg (Manche), in : L. Buchet (Ed.), *Le matériel anthropologique provenant des édifices religieux*, Valbonne : Notes et monographies techniques du C.R.A., p. 61-68.

ALESAN A., MALGOSA A. ET SIMO C. (1999) Looking Into the Demography of an Iron Age Population in the Western Mediterranean. I. Motality. *American Journal of Physical Anthropology*, 110 : 285-301.

ALEXANDRE-BIDON D. ET LETT D. (1997) *Les Enfants au Moyen Âge : Ve-XVe siècles*, Paris : Hachette, 280 p.

ALFONSO M., THOMPSON J. L. ET STANDEN V. (2003) Are Harris Lines an Indicator of Stress? A Comparison between Harris Lines and Enamel Hypoplasia. *American Journal of Physical Anthropology*, 120, supplément S36 : 58.

ALTER G. (2004) Height, frailty, and the standard of living: Modelling the effects of diet and disease on declining mortality and increasing height. *Population Studies*, 58 : 265-279.

ALVAREZ J. O. ET NAVIA J. M. (1989) Nutritional status, tooth eruption, and dental caries : a review. *American Journal of Clinical Nutrition*, 49 : 417-426.

ANDERSON M., BLAIS M. ET GREEN W. T. (1956) Growth of the Normal Foot during Childhood and Adolescence. Length of the Foot and Interrelations of Foot, Stature, and Lower Extremity as Seen in Serial Records of Children Between 1-18 Years of Age. *American Journal of Physical Anthropology*, 14 : 287-308.

ANDERSON M., GREEN W. T. ET MESSNER M. B. (1963) Growth and Predictions of Growth in the Lower Extremities. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 45A : 1-14.

ANDERSON M., MESSNER M. B. ET GREEN W. T. (1964) Distribution of Lengths of the Normal Femur and Tibia in Children from One to Eighteen Years of Age. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 46A : 1197-1202.

ANDERSON T. (2002) Metaphyseal Fibrous Defect in Juveniles from Medieval Norwich. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12 : 144-148.

ANGEL J. L. (1969a) The Bases of Paleodemography. *American Journal of Physical Anthropology*, 30 : 427-438.

ANGEL J. L. (1969b) Paleodemography and Evolution. *American Journal of Physical Anthropology*, 31 : 343-353.

ARIÈS P. (1960) *L'enfant et la vie familiale sous l'Ancien Régime (Civilisations d'hier et d'aujourd'hui)*, Paris : Plon, 513 p.

ARIÈS P. (1975) *Western Attitudes Toward Death: From the Middle Ages to the Present*, Baltimore : Johns Hopkins University Press, 128 p.

ARMELAGOS G. J., BROWN P. J. ET TURNER B. (2005) Evolutionary, historical and political economic perspectives on health and disease. *Social Science & Medicine*, 61 : 755-765.

AUBENQUE M. (1967) Données sur la croissance différentielle selon les milieux socio-professionnels d'après l'enquête de biométrie scolaire de 1955. *Biométrie Humaine*, 2 : 4-8.

AYKROYD R. G., LUCY D., POLLARD A. M. ET ROBERTS C. (1999) Nasty, Brutish, but not Necessarily Short : A Reconsideration of the Statistical Methods Used to Calculate Age at Death from Adult Human Skeletal and Dental Age Indicators. *American Antiquity*, 64 : 55-70.

BADYAEV A. V. (2002) Growing apart: An ontogenetic perspective on the evolution of sexual size dimorphism. *Trends in Ecology and Evolution*, 17 : 369-378.

BAILIT H. L., WORKMAN P. L., NISWANDER J. D. ET MAC LEAN C. J. (1970) Dental Asymmetry as an Indicator of Genetic and Environmental Conditions in Human Populations. *Human Biology*, 42 : 626-638.

BAKELS C. C. (2005) Crops produced in the southern Netherlands and northern France during early medieval period : a comparison *Vegetation History and Archaeobotany*, 14 : 394-399.

BAKER B. J., DUPRAS T. L. ET TOCHERI M. W. (2005) *The Osteology of Infants and Children*. Texas : A&M University Press, 178 p.

BALASSE M., BOCHERENS H., MARIOTTI A. ET AMBROSE S. H. (2001) Detection of Dietary Changes by Intra-tooth Carbon and Nitrogen Isotopic Analysis: An Experimental Study of Dentine Collagen of Cattle (*Bos taurus*). *Journal of Archaeological Science*, 28 : 235-245.

BALTHAZARD V. ET DERVIEUX X. (1921) Études anthropologiques sur le foetus humain. *Annales de Médecine Légale*, 1 : 37-42.

BAREGGI R., GRILL V., ZWEYER M., SANDRUCCI M. A., MARTELLI A. M., NARDUCCI P. ET FORABOSCO A. (1996) On the assessment of the growth patterns in human fetal limbs: longitudinal measurements and allometric analysis. *Early Human Development*, 45 : 11-25.

BAREL Y. ET ARBARET C. (1977) *La ville médiévale : système social, système urbain*, Grenoble : Presses universitaires de Grenoble, 700 p.

BARONCELLI G. I., FEDERICO G., VIGNOLO M. (2006) Cross-sectional reference data for phalangeal quantitative ultrasound from early childhood to young adulthood according to gender, age, skeletal growth, and pubertal development. *Bone*, 39 : 159-173.

BASCHET J. (2004) *La civilisation féodale : de l'an mil à la colonisation de l'Amérique*, Paris : Aubier Flammarion, 565 p.

BASTIR M., ROSAS A. ET O'HIGGINS P. (2006) Craniofacial levels and the morphological maturation of the human skull. *Journal of Anatomy*, 209 : 637-654.

BAUBÉROT J. (2008) *Christianisme. Religion, cultures, identités*, Paris : Aubin, 96 p.

BAXTER J. E. (2005a) Introduction. The Archaeology of Childhood in Context. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association*, 15 : 1-9.

BAXTER J. E. (2005b) *The archaeology of childhood: children, gender, and material culture*, Lanham : Rowman Altamira, 143 p.

BEEBY S., BUCKTON D. ET KLANICA Z. (1982) *Great Moravia: The Archaeology of Ninth-Century Czechoslovakia*, Londres : British Museum Publications, 37 p.

BELCASTRO G., MARIOTTI V., FACCHINI F. ET DUTOUR O. (2005) Leprosy in a Skeleton from the 7th Century Necropolis of Vicenne-Campochiaro (Molise, Italy). *International Journal of Osteoarchaeology*, 15 : 431-448.

BELCASTRO G., RASTELLI E., MARIOTTI V., CONSIGLIO C., FACCHINI F. ET BONFIGLIOLI B. (2007) Continuity or Discontinuity of the Life-Style in the Central Italy During the Roman Imperial Age-Early Middle Ages Transition: Diet, Health, and Behavior. *American Journal of Physical Anthropology*, 132 : 381-394.

BELLO S., SIGNOLI M., RABINO MASSA E. ET DUTOUR O. (2002) Les processus de conservation différentielle du squelette des individus immatures. Implications sur les reconstructions paléodémographiques. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 14 : 245-262.

BENDEL R. B., HIGGINS S. S., TEBERG J. E. ET PYKE D. A. (1989) Comparison of skewness coefficient, coefficient of variation, and Gini coefficient as inequality measures within populations. *Oecologia*, 78 : 394-400.

BENNIKE P., LEWIS M. E., SCHUTKOWSKI H. ET VALENTIN F. (2005) Comparison of Child Morbidity in Two Contrasting Medieval Cemeteries From Denmark. *American Journal of Physical Anthropology*, 128 : 734-746.

BERKEY C. S. (1982) Comparison of Two Longitudinal Growth Models for Preschool Children. *Biometrics*, 38 : 221-234.

BERTHET J. ET AMAR-COSTESEC A. (2006) *Dictionnaire de Biologie*, Paris : De Boeck, 1034 p.

BERTI P. R. ET MAHANEY M. C. (1995) Conservative Scoring and Exclusion of the Phenomenon of Interest in Linear Enamel Hypoplasia Studies. *American Journal of Human Biology*, 7 : 313-320.

BETSINGER T. K. (2007) The Biological Consequences of Urbanization in Medieval Poland, Thèse de Doctorat, Colombus : The Ohio State University, 756 p., inédit.

BIDEAU A. (1983) Les mécanismes autorégulateurs des populations traditionnelles. *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*, 38 : 1040-1057.

BJÖRK A. ET HELM S. (1967) Prediction of the Age of Maximum Pubertal Growth in Body Height. *Angle Orthodontist*, 37 : 134-143.

BLACK S. ET SCHEUER L. (1996a) Age Changes in the Clavicle: from the Early Neonatal Period to Skeletal Maturity. *International Journal of Osteoarchaeology*, 6 : 425-434.

BLACK S. ET SCHEUER L. (1996b) Occipitalization of the Atlas with Reference to its Embryological Development. *International Journal of Osteoarchaeology*, 6 : 189-194.

BLACK T. K. (1978) Sexual Dimorphism in the Tooth-Crown Diameters of the Deciduous Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 48 : 77-82.

BLACKITH R. E. (1960) A Synthesis of Multivariate Techniques To Distinguish Patterns of Growth in Grasshoppers. *Biometrics*, 16 : 28-40.

BLAKEY M. L. ET ARMELAGOS G. J. (1985) Deciduous Enamel Defects in Prehistoric Americans From Dickson Mounds: Prenatal and Postnatal Stress. *American Journal of Physical Anthropology*, 66 : 371-380.

BLAKEY M. L. ET ARMELAGOS G. J. (1997) Comment on "Hypoplastic Area Method for Analyzing Enamel Hypoplasia" B. E. Ensor & J. D. Irish. *American Journal of Physical Anthropology*, 102 : 295-299.

BLAND J. H., SOULE B. A., VAN BUSKIRK F. W., BROWN E. ET CLAYTON R. V. (1969) A study of inter- and intra-observer error in reading plain roentgenograms of the hands. *American Journal of Roentgenology*, 105 : 853-859.

BLAND J. M. ET ALTMAN D. G. (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1 : 307-310.

BOCQUENTIN F. (2003) Pratiques funéraires, paramètres biologiques et identités culturelles au Natoufien : une analyse archéo-anthropologique, Thèse de Doctorat, Bordeaux : Université Bordeaux 1, 631 p., inédit.

BOCQUET-APPEL J.-P. (1985) Small Populations: Demography and Paleoanthropological Inferences. *Journal of Human Evolution*, 14 : 683-691.

BOCQUET-APPEL J.-P. (2005) La paléodémographie, in : O. Dutour, J.-J. Hublin et B. Vandermeersch (Eds.), *Objets et méthodes en Paléoanthropologie*, Paris : Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, p. 271-313.

BOCQUET-APPEL J.-P. (2008) *Recent Advances in Palaeodemography: Data, Techniques, Patterns*, Berlin : Springer Verlag, 294 p.

BOCQUET-APPEL J.-P. ET BACRO J. N. (1997) Brief Communication: Estimates of Some Demographic Parameters in a Neolithic Rock-Cut Chamber (Approximately 2000 BC) Using Iterative Techniques for Aging and Demographic Estimators. *American Journal of Physical Anthropology*, 102 : 569-575.

BOCQUET-APPEL J.-P. ET MASSET C. (1977) Estimateurs en Paléodémographie. *L'Homme*, 17 : 65-90.

BOCQUET-APPEL J.-P. ET MASSET C. (1982) Farewell to Paleodemography. *Journal of Human Evolution*, 11 : 321-333.

BOCQUET-APPEL J.-P. ET MASSET C. (1985) Paleodemography: Resurrection or Ghost ? *Journal of Human Evolution*, 14 : 107-111.

BOCQUET-APPEL J.-P. ET MASSET C. (1996) Paleodemography: Expectancy and False Hope. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 571-583.

BOCQUET-APPEL J.-P. ET NAJI S. (2006) Testing the Hypothesis of a Worldwide Neolithic Demographic Transition. Corroboration from American Cemeteries. *Current Anthropology*, 47 : 341-365.

BODRI L. ET CERMAC V. (1995) Climate changes of the last millennium inferred from borehole temperatures: Results from the Czech Republic - Part I. *Global and Planetary Change*, 11 : 111-125.

BODRI L. ET CERMAC V. (1997) Climate changes of the last millennium inferred from borehole temperatures: Results from the Czech Republic - Part II. *Global and Planetary Change*, 14 : 163-173.

BODRI L. ET CERMAC V. (1999) Climate changes of the last millennium inferred from borehole temperatures: Regional patterns of climatic change in the Czech Republic - Part III. *Global and Planetary Change*, 21 : 225-235.

BODRI L. ET DÖVÉNYI P. (2004) Climate change of the last 2000 years inferred from borehole temperatures: data from Hungary. *Global and Planetary Change*, 41 : 121-133.

BODZAR E. B., ZSAKAI A., PAPAI J. ET SUSANNE C. (2006) Evolution séculaire de la croissance et de la maturation sexuelle en Hongrie. *Anthropo*, 11 : 93-100.

BOGIN B. (1997) Evolutionary Hypotheses for Human Childhood. *Yearbook of Physical Anthropology*, 40 : 63-89.

BOGIN B. (1999) *Patterns of Human Growth*, Cambridge : Cambridge University Press, 455 p.

BOGIN B., SMITH P., ORDEN A. B., VARELA SILVA M. I. ET LOUCKY J. (2002) Rapid Change in Height and Body Proportions of Maya American Children. *American Journal of Human Biology*, 14 : 753-761.

BOGIN B., VARELA-SILVA M. I., RIOS L. (2007) Life Trade-Off in Human Growth: Adaptation or Pathology? *American Journal of Human Biology*, 19 : 631-642.

BÖHM J., HAVRÁNEK B., KOLEJKA J. ET POULÍK J. (1963) *La Grande-Moravie : tradition millénaire de l'État et de la civilisation*, Prague : Éditions de l'Académie Tchécoslovaque des Sciences, 137 p.

BOLANOS M. V., MANRIQUE M. C., BOLANOS M. J. ET BRIONES M. T. (2000) Approaches to chronological age assessment based on dental calcification. *Forensic Science International*, 110 : 97-106.

BOLDSEN J. L. (2001) Epidemiological Approach to the Paleopathological Diagnosis of Leprosy. *American Journal of Physical Anthropology*, 115 : 380-387.

BOLDSEN J. L. (2005) Leprosy and Mortality in the Medieval Danish Village of Tirup. *American Journal of Physical Anthropology*, 126 : 159-168.

BOLDSEN J. L. (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 : 59-66.

BOLDSEN J. L. (2009) The fertility/mortality discussion in paleodemography revisited. *Yearbook of Physical Anthropology*, 138, supplément S48 : 95.

BOLDSEN J. L. ET FREUND U. H. (2006) Osteological leprosy. Epidemiology and diagnosis. *Scandinavian Journal of Forensic Sciences*, 2 : 54-59.

BOLDSEN J. L., MILNER G. R., KONIGSBERG L. W. ET WOOD J. W. (2002) Transition analysis: A new method for estimating age from skeletons, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 73-106.

BOLDSEN J. L. ET MOLLERUP L. (2006) Outside St. Jorgen: Leprosy in the Medieval Danish City of Odense. *American Journal of Physical Anthropology*, 130 : 344-351.

BONNASSIE P. (1990) La croissance agricole du haut Moyen Age, IXe siècle, VIIe siècle, Catalogne in : Flaran C. (Ed.); 9-10-11 septembre 1988; Centre culturel de l'Abbaye de Flaran, Dépôt et diffusion, Comité départemental du tourisme du Gers, p. 13-52.

BONVALOT N. (1988a) Cercueil, sarcophage, coffre... : témoignage de la position sociale du défunt ?, in : *La mort à travers l'archéologie franc-comtoise (catalogue d'exposition)*, Besançon : Direction des Antiquités de Franche-Comté, p. 70-77.

BONVALOT N. (1988b) Le problème des inhumations successives dans les nécorpoles du haut Moyen Age : l'exemple d'Evans (Jura), in : *La mort à travers l'archéologie franc-comtoise (catalogue d'exposition)*, Besançon : Direction des Antiquités de Franche-Comté, p. 82-86.

BOUCHER B. J. (1957) Sex Differences in the Foetal Pelvis. *American Journal of Physical Anthropology*, 15 : 581-600.

BOURGEOIS-PICHAT J. (1951a) La mesure de la mortalité infantile. II. Les causes de décès. *Population*, 6 : 459-480.

BOURGEOIS-PICHAT J. (1951b) La mesure de la mortalité infantile. Principes et méthodes. *Population*, 6 : 223-248.

BOUWMAN A. S. ET BROWN T. A. (2005) The limits of biomolecular palaeopathology: Ancient DNA cannot be used to study venereal syphilis. *Journal of Archaeological Science*, 32 : 703-713.

BRAGA J., HEUZE Y., CHABADEL O. ET SONAN N. K. (2005) Non-adult dental age assessment: correspondence analysis and linear regression versus Bayesian predictions. *International Journal of Legal Medicine*, 119 : 260-274.

BRAGA J. ET TREIL J. (2007) Estimation of pediatric skeletal age using geometric morphometrics and three dimensional cranial size changes. *International Journal of Legal Medecine*, 121 : 439-443.

BRANSON R., VAUCHER Y. E., HARRISON G. G., VARGAS M. ET THIES C. (1982) Inter- and Intra-Observer Reliability of Skinfold Thickness Measurements in Newborn Infants. *Human Biology*, 54 : 137-143.

BRATHER S. (2004) The beginnings of Slavic settlement east of the river Elbe. *Antiquity*, 78 : 314-328.

BRAUER F. ET CASTILLO-CHÁVEZ C. (2001) *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology*, Stuttgart : Springer-Verlag, 416 p.

BRÄUER G. (1988) Osteometrie, in : R. Knussmann (Ed.), *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I : Wesen und Methoden der Anthropologie*, Stuttgart : Gustav Fischer Verlag, p. 160-232.

BRAZDIL R., PFISTER C., WANNER C., VON STORCH H. ET LUTERBACHER J. (2005) Historical Climatology in Europe — The State of the Art. *Climatic Change*, 70 : 363-430.

BRESC H., CUVILLER J.-P., FOSSIER R., GUICHARD P. ET TOUBERT P. (2005) *La famille occidentale au Moyen Age*, Paris : Complexe, 294 p.

BRITTON H. A., CANBY J. P. ET KOHLER C. M. (1960) Iron deficiency anemia producing evidence of marrow hyperplasia in the calvarium. *Pediatrics*, 25 : 621-628.

BROMAGE T. G. ET DEAN C. (1985) Re-evaluation of the age at death of immature fossil hominids. *Nature*, 317 : 525-527.

BROWN D. E., HAMPSON S. E., DUBANOSKI J. P., STONE MURAI A. ET HILLIER T. A. (2009) Effects of Ethnicity and Socioeconomic Status on Body Composition in an Admixed, Multiethnic Population in Hawaii. *American Journal of Human Biology*, 21 : 383-388.

BRUZEK J. (2002) A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 117 : 157-168.

BRUZEK J., MURAIL P., HOUËT F. ET CLEUVENOT E. (1994) Inter- and intra-observer error in pelvic measurements and its implication for the methods of sex determination. *Anthropologie (Brno)*, 32 : 215-223.

BRUZEK J., SCHMITT A. ET MURAIL P. (2005) Identification biologique individuelle en paléoanthropologie. Détermination du sexe et estimation de l'âge au décès à partir du squelette, in : O. Dutour, J.-J. Hublin et B. Vandermeersch (Eds.), *Objets et Méthodes en Paléoanthropologie*, Paris : Comité des travaux historiques et scientifiques, p. 217-246.

BUCHET L. ET SÉGUY I. (2002) La paléodémographie : bilan et perspectives. *Annales de Démographie Historique*, 1 : 161-212.

BUCK C. E., CAVANAGH W. G. ET LITTON C. D. (1996) *Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data*, Chichester : John Wiley & Sons, 390 p.

BUCKLEY H. R. ET TAYLES N. (2003) Skeletal Pathology in a Prehistoric Pacific Island Sample: Issues in Lesion Recording, Quantification, and Interpretation. *American Journal of Physical Anthropology*, 122 : 303-324.

BUDNIK A. ET LICZBINSKA G. (2006) Urban and Rural Differences in Mortality and Causes of Death in Historical Poland *American Journal of Physical Anthropology*, 129 : 294-304.

BUIKSTRA J. E. (1977) Biocultural dimensions of archaeological study: A regional perspective, in : R. L. Blakely (Ed.), *Biocultural adaptation in prehistoric America*, Athens : University of Georgia Press, p. 67-84.

BUIKSTRA J. E. ET BECK L. (2006) *Bioarchaeology: The Contextual Study of Human Remains*, Amsterdam : Elsevier, 606 p.

BUIKSTRA J. E. ET COOK D. C. (1980) Palaeopathology: An American account. *Annual Revue of Anthropology*, 9 : 433-470.

BUIKSTRA J. E. ET KONIGSBERG L. W. (1985) Paleodemography: Critiques and Controversies. *American Anthropologist*, 87 : 316-333.

BUIKSTRA J. E. ET UBELAKER D. H. (1994) *Standards for data collection from human skeletal remains*, Fayetteville : Arkansas Archaeological Survey.

BUZHILOVA A. (1999) Medieval Examples of Syphilis from European Russia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9 : 271-276.

BUZON M. R., ENG J. T., LAMBERT P. M. ET WALKER P. L. (2005) Bioarchaeological Methods, in : H. D. G. Maschner et C. Chippindale (Eds.), *Handbook of Archaeological Methods*, Lanham : Altamira Press, p. 871-918.

BYERS S. N. (1994) On Stress and Stature in the "Osteological Paradox". *Current Anthropology*, 35 : 282-284.

CAMERIERE R., BROGI G., FERRANTE L., MIRTELLA D., VULTAGGIO C., CINGOLANI M. ET FORNACIARI G. (2006) Technical Note : Reliability in Age Determination by Pulp / Tooth Ratio in Upper Canines in Skeletal Remains. *Journal of Forensic Sciences*, 51 : 861-864.

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 Medecine*, 121 : 449-453.

CAMERIERE R. ET FERRANTE L. (2007) Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: A pilot study. *Forensic Science International*.

CAMERIERE R., FERRANTE L., ERMENC B., MIRTELLA D. ET STRUS K. (2008) Age estimation using carpals: Study of a Slovenian sample to test Cameriere's method. *Forensic Science International*, 174 : 178-181.

CAMERIERE R., FERRANTE L., LIVERSIDGE H. M., PRIETO J. L. ET BRKIC H. (2008) Accuracy of age estimation in children using radiograph of developing teeth. *Forensic Science International*, 176 : 173-177.

CAMERON N. (2007) Growth Patterns in Adverse Environments. *American Journal of Human Biology*, 19 : 615-621.

CAMERON N. ET DEMERATH E. W. (2002) Critical Periods in Human Growth and Their Relationship to Diseases of Ageing. *Yearbook of Physical Anthropology*, 45 : 159-184.

CARDOSO H. F. V. (2005) Patterns of Growth and Development of the Human Skeleton and Dentition in Relation to Environmental Quality. A Biocultural Analysis of a Sample of 20th Century Portuguese Subadult Documented Skeletons, Thèse de Doctorat, Hamilton : McMaster University, 347 p., inédit.

CARDOSO H. F. V. (2006) Brief Communication: The Collection of Identified Human Skeletons Housed at the Bocage Museum (National Museum of Natural History), Lisbon, Portugal. *American Journal of Physical Anthropology*, 129 : 173-176.

CARDOSO H. F. V. (2007a) Accuracy of developing tooth length as an estimate of age in human skeletal remains: The deciduous dentition. *Forensic Science International*, 172 : 17-22.

CARDOSO H. F. V. (2007b) Environmental Effects on Skeletal Versus Dental Development: Using a Documented Subadult Skaletal Sample to Test a Basic Assumption in Human Osteological Research. *American Journal of Physical Anthropology,* 132 : 223-233.

CARDOSO H. F. V. (2008a) Age Estimation of Adolescent and Young Adult Male and Female Skeletons II. Epiphyseal Union at the Upper Limb and Scapular Girdle in a Modern Portuguese Skeletal Sample. *American Journal of Physical Anthropology*, 137 : 97-105.

CARDOSO H. F. V. (2008b) Sample-specific (universal) metric approaches for determining the sex of immature human skeletal remains using permanent tooth dimensions. *Journal of Archaeological Science*, 35 : 158-168.

CARDOSO H. F. V. ET GARCIA S. (2009) The Not-So-Dark Ages: Ecology for Human Growth in Medieval and Early Twentieth Century Portugal as Inferred From Skeletal Growth Profiles. *American Journal of Physical Anthropology*, 138 : 136-147.

CARDOSO H. F. V. ET SAUNDERS S. R. (2008) Two arch criteria of the ilium for sex determination of immature skeletal remains: A test of their accuracy and an assessment of intra- and inter-observer error. *Forensic Science International*, 178 : 24-29.

CASTEX D. (1994) Mortalité, morbidité et gestion de l'espace funéraire au cours du haut moyen-âge. Contribution spécifique de l'anthropologie biologique, Thèse de Doctorat, Bordeaux : Université Bordeaux 1, 457 p., inédit.

CASTEX D. (2007) Les anomalies démographiques : clefs d'interprétation des cimetières d'épidémies en archéologie, in : D. Castex et I. Cartron (Eds.), *Epidémies et crises de mortalité du passé*, Paris : De Boccard, p. 109-138.

CHAILLET N., ADALIAN P., LALYS L. ET LEONETTI G. (2006) Approche bayésienne appliquée à la détermination de l'âge des immatures, in : L. Buchet, C. Dauphin et I. Séguy (Eds.), *La paléodémographie. Mémoire d'os, mémoire d'hommes*, Antibes : APDCA, p. 281-287.

CHAILLET N. ET DEMIRJIAN A. (2004) Dental Maturity in South France : A Comparison Between Demirjian's Method and Polynomial Functions. *Journal of Forensic Sciences*, 49 : 1-8.

CHAILLET N., NYSTRÖM M. ET DEMIRJIAN A. (2005) Comparison of Dental Maturity in Children of Different Ethnic Origins: International Maturity Curves for Clinicians. *Journal of Forensic Sciences*, 50 : 1-11.

CHAILLET N., NYSTRÖM M., KATAJA M. ET DEMIRJIAN A. (2004a) Dental Maturity Curves in Finnish Children: Demirjian's Method Revisited and Polynomial Functions for Age Estimation. *Journal of Forensic Sciences*, 49 : 1-8.

CHAILLET N., WILLEMS G. ET DEMIRJIAN A. (2004) Dental maturity in Belgian children using Demirjian's method and polynomial functions: New standard curves for forensic and clinical use. *The Journal of Forensic Odonto-Stomatology*, 22 : 18-27.

CHAMBERLAIN A. T. (2000) Problems and prospects in Palaeodemography, in : M. Cox et S. Mays (Eds.), *Human osteology in archaeology and forensic medicine*, London : Greenwich Medical Media, p. 101-116.

CHAMBERLAIN A. (2006) *Demography in Archaeology*, Cambridge : Cambridge University Press, 236 p.

CHAPESKIE A. (2006) Sub-Adults in the Bioarchaeological Record. *Nexus*, 19 : 32-51.

CHARLIER P. (2008) *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales : tendances et perspectives : Pour un "manuel pratique de paléopathologie humaine"*, Paris : De Boccard, 684 p.

CHENORKIAN R. (1996) *Pratique archéologique statistique et graphique*, Paris : Errance, 166 p.

CHITTY L. S. ET ALTMAN D. G. (2002) Chart of fetal size: Limb bones. *BJOG : an International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 109 : 919-929.

CLARK G. A., HALL N. R., ARMELAGOS G. J., BORKAN G. A., PANJABI M. M. ET WETZEL F. T. (1986) Poor Growth Prior to Early Childhood : Decreased Health and Life-Span in the Adult. *American Journal of Physical Anthropology*, 70 : 145-160.

CLARK J. G. D. (1972) Star Carr: A case study in bioarchaeology. *Addison-Wesley Module in Anthropology*, 10 : 1-42.

CLARKSON J. (1989) Review of terminology, classifications, and indices of developmental defects of enamel. *Advances in Dental Research*, 3 : 104-109.

COHEN M. N. (1994) The Osteological Paradox Reconsidered. *Current Anthropology*, 35 : 629-637.

COLE T. J. (2003) The secular trend in human physical growth: A biological view. *Economics and Human Biology*, 1 : 161-168.

COLEMAN L. ET COLEMAN J. (2002) The measurement of puberty: A review. *Journal of Adolescence*, 25 : 535-550.

CONSTANDSE-WESTERMANN T. S. (1985) Long Bone Length and Stature in the Western European Mesolithic. I. Methodological Problems and Solutions. *Journal of Human Evolution*, 14 : 399-410.

CONTAMINE P., BOMPAIRE M., LEBECQ S. ET SARRAZIN J.-L. (2004) *L'économie médiévale*, Paris : Armand Colin, 448 p.

CONTE F. (1986) *Les Slaves : aux origines des civilisations d'Europe centrale et orientale : VIe-XIIIe siècles*, Paris : Albin Michel, 734 p.

COOK D. C. ET BUIKSTRA J. E. (1979) Health and Differential Survival in Prehistoric Populations : Prenatal Dental Defects. *American Journal of Physical Anthropology*, 51 : 649-664.

COOPER A. ET POINAR H. N. (2000) Ancient DNA: Do It Right or Not at All. *Science*, 289 : 1139.

COQUEUGNIOT H., BRAGA J. ET HOUËT F. (2005) Eléments de statistiques en Anthropobiologie, in : O. Dutour, J.-J. Hublin et B. Vandermeersch (Eds.), *Objets et méthodes en Paléoanthropologie*, Paris : Comité des travaux historiques et scientifiques, p. 419-446.

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 : 131-139.

COQUEUGNIOT H. ET WEAVER T. D. (2007) Infracranial Maturation in the Skeletal Collection From Coimbra, Portugal : New Aging Standards for Epiphyseal Union. *American Journal of Physical Anthropology,* 134 : 424-437.

CORRUCCINI R. S. (1983) Principal Components for Allometric Analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 60 : 451-453.

CORRUCCINI R. S. (1987) Shape in Morphometrics: Comparative Analyses. *American Journal of Physical Anthropology*, 73 : 289-303.

COURTAUD P. (1996) "Anthropologie de sauvetage" : vers une optimisation des méthodes d'enregistrement. Présentation d'une fiche anthropologique. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 8 : 157-167.

COUSSENS A., ANSON T., NORRIS R. M. ET HENNEBERG M. (2002) Sexual dimorphism in the robusticity of long bones of infants and young children. *Przeglad Antropologiczny*, 65 : 3-16.

COWGILL L. W. ET HAGER L. D. (2007) Variation in the Development of Postcranial Robusticity: An Example from Catalhöyük, Turkey. *International Journal of Osteoarchaeology*, 17 : 235-252.
COX M. (1993) Epidemics and skeletal populations: Problems and limitations, in : J. A. I. Champion (Ed.), *Epidemic Disease in London*, London : Margaret Cox, p. 71-79.
CROWDER C., AUSTIN M. A. ET AUSTIN D. (2005) Age Ranges of Epiphyseal Fusion in the Distal Tibia and Fibula of Contemporary Males and Females. *Journal of Forensic Sciences*, 50 : 1-7.
CUCINA A. (2002) Brief Communication: Diachronic Investigation of Linear Enamel Hypoplasia in Prehistoric Skeletal Samples From Trentino, Italy. *American Journal of Physical Anthropology*, 119 : 283-287.
CUCINA A., DUDGEON J. ET NEFF H. (2007) Methodological strategy for the analysis of human dental enamel by LA-ICP-MS. *Journal of Archaeological Science*, 34 : 1884-1888.
CUCINA A. ET ISCAN M. Y. (1997) Assessment of Enamel Hypoplasia in a High Status Burial Site. *American Journal of Human Biology*, 9 : 213-222.
CURTA F. (2001) *The Making of Slavs. History and Archaeology in the Lower Danube Region c. 500-700*, Cambridge : Cambridge University Press, 496 p.
CURTA F. (2003) East Medieval Europe *Early Medieval Europe*, 12 : 283-291.
CURTA F. (2008a) The making of the Slavs (with a special emphasis on Bohemia and Morava). *Archeologické rozhledy*, 110 : 643-694.
CURTA F. (2008b) Pohansko bei Breclav. Ein frühmittelalterliches Zentrum als sozialwirtschaftliches System. *Early Medieval Europe*, 16 : 504-506.
DANFORTH M. E., SHULER HERNDON K. ET PROPST K. B. (1993) A Preliminary Study of Patterns of Replication in Scoring Linear Enamel Hypoplasias. *International Journal of Osteoarchaeology*, 3 : 297-302.
DARROCH J. N. ET MOSIMANN J. E. (1985) Canonical and principal components of shape. *Biometrika*, 72 : 241-252.
DEFEBVRE C., BRY M., FERJANI S., *ET AL.* (1999) *Histoire des religions en Europe : Judaïsme, Christianisme et Islam*, Louvain-la-Neuve : De Boeck Université, 324 p.
DELAHAYE F. (1995) *Cherbourg, rue Maréchal Foch*, Caen : Direction Régionale des Affaires Culturelles de Basse-Normandie.
DEMIRJIAN A., GOLDSTEIN H. ET TANNER J. M. (1973) A new system of dental age assessment. *Human Biology*, 45 : 211-227.
DEMISSIE K., HANLEY J. A., MENZIES D., JOSEPH L. ET ERNST P. (2000) Concordance des mesures du statut socio-économique : mesures par région et mesures individuelles. *Maladies chroniques au Canada*, 21 : 1-8.
DEPREUX P. (2002) *Les sociétés occidentales du milieu du VIe à la fin du IXe siècle.*, Rennes : P.U.R., 304 p.
DETTWYLER K. A. ET FISHMAN C. (1992) Infant Feeding Practices and Growth. *Annual Revue of Anthropology*, 21 : 171-204.
DIERKENS A. (1981) Cimetières mérovingiens et histoire du haut Moyen Âge. Chronologie, société, religion. *Acta historica bruxellensia*, 4 : 15-70.
DITTMANN K. ET GRUPE G. (2000) Biochemical and palaeopathological investigations on weaning and infant mortality in the early Middle Ages. *Anthopologischer Anzeiger*, 58 : 345-355.
DJURIC M., MILOVANOVIC P., JANOVIC A., DRASCOVIC M., DJUKIC K. ET MILENKOVIC P. (2008) Porotic Lesions in Immature Skeletons from Stara Torina, Late Medieval Serbia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18 : 458-475.
DRUSINI A. G., CARRARA N., OREFICI G. ET RIPPA BONATI M. (2001) Palaeodemography of the Nasca valley: Reconstruction of the human ecology in the southern Perivian coast. *Homo*, 52 : 157-172.
DUBY G. (1962) *L'économie rurale et la vie des campagnes dans l'occident médiéval : France, Angleterre, Empire, IX-XV siècles : essai de synthèse et perspectives de recherches*, Paris : Aubier Flammarion, 822 p.
DUBY G. (1973) *Guerriers et paysans. Le premier essor de l'économie européenne, VIIe-XIIe siècles*, Paris : Gallimard, 308 p.

DUDAY H. (2005) L'archéothanatologie ou l'archéologie de la mort, in : O. Dutour, J.-J. Hublin et B. Vandermeersch (Eds.), *Objets et méthodes en Paléoanthropologie*, Paris : Comité des travaux historiques et scientifiques, p. 153-216.

DUDAY H. (2006) L'archéothanatologie ou l'archéologie de la mort, in : R. L. Gowland et C. J. Knüsel (Eds.), *Social Archaeology of Funerary Remains*, Oxford : Alden Press, p. 30-56.

DUDAY H., COURTAUD P., CRUBÉZY E., 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 : 29-50.

DUDAY H., LAUBENHEIMER F. ET TILLIER A.-M. (1995) *Sallèles d'Aude. Nouveau-nés et nourrissons gallo-romains*, O. p. a. l. c. d. CNRS, Paris : Les Belles Lettres. Série Amphores 3, 150 p.

DUDAY H. ET MASSET C. (1987) *Anthropologie physique et archéologie. Méthodes d'étude des sépultures*, Paris : Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 408 p.

DUDAY H. ET SELLIER P. (1990) L'archéologie des gestes funéraires et la taphonomie. *Les nouvelles de l'archéologie*, 40 : 12-14.

DUPÂQUIER J. (1972) De l'animal à l'homme : le mécanisme autorégulateur des populations traditionnelles. *Revue de l'Institut de Sociologie*, 2 : 177-211.

DUPÂQUIER J. (1979) *La population rurale du Bassin Parisien à l'époque de Louis XIV*, Paris : Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales/ Lille : Publications de l'Université de Lille III, 440p.

DUPÂQUIER J. (1988) L'autorégulation de la population française (XVIe-XVIII siècle), in : Dupâquier J. (Ed.), *Histoire de la population française, 2. De la renaissance à 1789*, Paris : Presses Universitaires de France, p. 413-436.

DURAND M. ET VANHAEKE L. (1987) La nécropole du haut Moyen Age et le moulin médiéval de Sacy-le-Petit (Oise). *Revue Archéologique de Picardie*, 3-4 : 83-114.

DURAY S. M. (1996) Dental Indicators of Stress and Reduced Age at Death in Prehistoric Native Americans. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 275-286.

DURLIAT J. (2002) *De l'Antiquité au Moyen-Age. L'occident de 313 à 800*, Paris : Ellipse, 192 p.

DUYAR I. ET ERDAL Y. S. (2003) A new approach for calibrating dental caries frequency of skeletal remains. *Homo*, 54 : 57-70.

EDEINE B. (1961) Triple sépulture du Hallstatt final découverte en Normandie (Calvados). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 58 : 347-359.

EDGAR H. J. H. ET HUNLEY K. L. (2009) Race Reconciled? : How Biological Anthropologists View Human Variation. *American Journal of Physical Anthropology*, 139 : 1-4.

EFFROS B. (1997) Beyond cemetery walls: Early medieval funerary topography and Christian salvation. *Early Medieval Europe*, 6 : 1-23.

EFFROS B. (2000) Skeletal sex and gender in Merovingian mortuary archaeology. *Antiquity*, 74 : 632-639.

ELSTON R. C., SONG D. ET IYENGAR S. K. (2005) Mathematical Assumptions versus Biological Reality: Myths in Affected Sib Pair Linkage Analysis. *American Journal of Human Genetics*, 76 : 152-156.

ENSOR B. E. ET IRISH J. D. (1995) Hypoplastic Area method for Analyzing Dental Enamel Hypoplasia. *American Journal of Physical Anthropology*, 98 : 507-517.

ERDAL Y. S. ET DUYAR I. (1999) Brief Communication: A New Correction Procedure for Calibrating Dental Caries Frequency *American Journal of Physical Anthropology*, 108 : 237-240.

EVELETH P. B. ET TANNER J. M. (1990) *Worldwide Variation in Human Growth*, Cambridge : Cambridge University Press, 398 p.

EWBANK D. C., GOMEZ DE LEON J. C. ET STOTO M. A. (1983) A Reductible Four-Parameter System of Model Life Tables. *Population Studies*, 37 : 105-127.

FAABORG J. N. (1997) *Les enfants dans la littérature française du Moyen Age*, Copenhague : Museum Tusculanum Press, 509 p.

FAIRGRIEVE S. I. ET MOLTO J. E. (2000) Cribra Orbitalia in Two Temporally Disjunct Population Samples From the Dakhleh Oasis, Egypt. *American Journal of Physical Anthropology*, 111 : 319-331.

FALISSARD B. (1996) *Comprendre et utiliser les statistiques dans les sciences de la vie*, Paris : Masson, 314 p.

FALKNER F., BUZINA R., CHOPRA J. (1972) The creation of growth standards: A committee report. *American Journal of Clinical Nutrition*, 25 : 218-220.

FAYE O. ET VERDELET F. (2007) Une nécropole mérovingienne à Norroy-Le-Veneur. *Renaissance du Vieux Metz*, 143 : 7-12.

FAZEKAS I. G. ET KOSA F. (1978) *Forensic Fetal Osteology*, Budapest : Akadémiai Kiado, 508 p.

FELDESMAN M. R. (1992) Femur/Stature Ratio and Estimates of Stature in Children. *American Journal of Physical Anthropology*, 87 : 447-459.

FELTZ C. J. ET MILLER G. E. (1996) An asymptotic test for the equality of coefficient of variation from *k* populations *Statistics in Medicine*, 15 : 647-658.

FEREMBACH D., SCHWIDETZKY I. ET SLTOUKAL M. (1980) Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons. *Journal of Human Evolution*, 9 : 517-549.

FIELDS S. J., SPIERS M., HERSHKOVITZ I. ET LIVSHITS G. (1995) Reliability of Reliability Coefficients in the Estimation of Asymmetry. *American Journal of Physical Anthropology*, 96 : 83-87.

FINLAY N. (2000) Outside of life: Traditions of infant burial in Ireland from *cillin* to cist. *World Archaeology*, 31 : 407-422.

FISHMAN L. S. (1982) Radiographic Evaluation of Skeletal Maturation. A Clinically Oriented Method Based on Hand-Wrist Films. *The Angle Orthodontist*, 52 : 88-112.

FITZGERALD C. M. ET SAUNDERS S. R. (2005) Test of Histological Methods of Determining Chronology of Accentuated Striae in Deciduous Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 127 : 277-290.

FLANDRIN J. L. ET MONTANARI M. (1996) *Histoire de l'alimentation*, Paris : Fayard, 915 p.

FOSSIER R. (1997) *La petite enfance dans l'Europe médiévale et moderne : actes des XVIes Journées internationales d'histoire de l'Abbaye de Flaran, septembre 1994*, Toulouse : Presses Universitaires du Mirail, 234 p.

FOTI B., ADALIAN P., LALYS L., CHAILLET N., LEONETTI G. ET DUTOUR O. (2003a) Approche probabiliste de l'estimation de l'âge chez l'enfant à partir de la maturation dentaire. *C. R. Biologies*, 326 : 441-448.

FOTI B., LALYS L., ADALIAN P. (2003b) New forensic approache to age determination in children based on tooth eruption. *Forensic Science International*, 132 : 49-56.

FRAIPONT C. (1936) Les hommes fossiles d'Engis. Archives de L'institut de Paléontologie Humaine, Mémoire n° 16, Paris : Masson, 60 p.

FRANÇAISE S. (1992) *Traumatismes du crâne et du rachis*, Paris : ESTEM / AUPELF, 256 p.

FRANKENBERG S.R. ET KONIGSBERG L.W. (2006) A Brief History of Paleodemography from Hooton to Hazards Analysis. in : Buikstra J.E. et Beck L.A. (Eds.), *Bioarchaeology. The Contextual Analysis of Human Remains*, Burlington, Massachussetts/Amsterdam : Elsevier Academic Press, p. 227-261.

FRANKLIN D., OXNARD C. E., O'HIGGINS P. ET DADOUR I. (2007) Sexual Dimorphism in the Subadult Mandible: Quantification Using Geometric Morphometrics. *Journal of Forensic Sciences*, 52 : 6-10.

FRELAT M. (2007) Variabilité des proportions corporelles humaines. Approches ontogénique et phylogenique, Thèse de Doctorat, Paris : Muséum d'Histoire Naturelle, 405 p., inédit.

FRÉMONT B. (1998) *Le Clinicum. Pédiatrie, Pédopsychiatrie, Psychiatrie*, Troinex : Editions du Molard, 448 p.

FROMAN B. ET GOURDON C. (2003) *Dictionnaire de la qualité*, Paris : Afnor, 228 p.

GAGE T. B. (1985) Demographic Estimation from Anthropological Data: New Methods. *Current Anthropology*, 26 : 644-647.

GAGE T. B. ET DYKE B. (1986) Parametrizing Abridged Mortality Table: The Siler Three-Component Hazard Model. *Human Biology*, 58 : 275-291.

GALINIÉ H. ET ZADORA-RIO E. (1996) *Archéologie du cimetière chrétien. 11e supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France*, Tours : ARCHEA, 312 p.

GALLOWAY P. R. (1986) Long-Term Fluctuation in Climate and Population in the Preindustrial Era. *Population and Development Review*, 12 : 1-24.

GARCIN V. (2006) Données ostéométriques et estimation de l'âge des immatures. Approche probabiliste et réflexions méthodologiques sur la collection de référence de Spitalfields, Mémoire de Master 2, Bordeaux : Université Bordeaux 1, 70 p., inédit.

GARCIN V., BRUZEK J., ALDUC-LE BAGOUSSE A., SELLIER P. ET VELEMINSKY P. La croissance des populations du passé : désillusions, espoirs et perspectives. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* [In press].

GARCIN V., BRUZEK J. ET SELLIER P. On the utility of talus & calcaneus in age estimation of non adult skeletal remains : Age correlation and probabilistic approach. *Forensic Science International,* [soumis].

GARCIN V., SELLIER P., HOUËT F., TILLIER A.-M. ET BRUZEK J. Intérêt de l'approche probabiliste pour l'estimation de l'âge des immatures en archéo-anthropologie. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris,* [soumis].

GARCIN V., VELEMINSKI P., BRUZEK J. ET SELLIER P. (2009) Age-at-death assessment in poor preserved juvenile skeletal remains: A new methodological approach. *American Journal of Physical Anthropology*, 138, supplément S48 : 131.

GARRALDA M. D., HERRERIN J. ET VANDERMEERSCH B. (2002) Child pathology in the mendicants' necropolis of El Burgo de Osma cathedral (Soria, Spain). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 14 : 311-325.

GIBBONS R. J. ET VAN HOUTE J. (1975) Dental Caries. *Annual Revue of Medicine*, 26 : 121-136.

GINDHARD P. S. (1973) Growth Standards for the Tibia and Radius in Children Aged One Month Through Eighteen Years. *American Journal of Physical Anthropology*, 39 : 41-48.

GLASS G. V. ET HOPKINS K. D. (1996) *Statistical methods in education and psychology*, Boston : Allyn & Bacon, 674 p.

GLEIZE Y. (2006) Gestion de corps, gestion de morts. Analyse archéo-anthropologique de réutilisations de tombes et de manipulations d'ossements en contexte funéraire au début du Moyen Age (entre Loire et Garonne, Ve-VIIIe siècle), Thèse de Doctorat, Bordeaux : Université Bordeaux 1, 646 p., inédit.

GLENCROSS B. ET STUART-MACADAM P. (2000) Childhood Trauma in the Archaeological Record. *International Journal of Osteoarchaeology*, 10 : 198-209.

GLENCROSS B. ET STUART-MACADAM P. (2001) Radiographic Clues to Fractures of Distal Humerus in Archaeological Remains. *International Journal of Osteoarchaeology*, 11 : 298-310.

GLUCKMAN P. D. ET HANSON M. A. (2004) Living with the Past: Evolution, Development and Patterns of Disease. *Science*, 305 : 1733-1736.

GLUCKMAN P. D., HANSON M. A. ET BEEDLE A. S. (2007) Early Life Events and Their Consequences for Later Disease: A Life History and Evolutionary Perspective. *American Journal of Human Biology*, 19 : 1-19.

GODIN P. (1903) *Recherches anthropométriques sur la croissance des diverses parties du corps*, Paris : Maloine, 212 p.

GODIN P. (1910) *Les proportions du corps pendant la croissance*, Paris : A. Maloine, 28 p.

GOLUB M. S. (2000) Adolescent Health and the Environment. *Environmental Health Perspectives*, 108 : 355-362.

GONZALEZ P., BERNAL V. ET BARRIENTOS G. (2005) Sexual dimorphism in subadult pelvic and mandibular morphology : Comparing visual and geometric morphometric techniques. *Revista Werken*, 6 : 49-61.

GOODMAN A. H. (1993) On the Interpretation of Health from Skeletal Remains. *Current Anthropology*, 34 : 281-288.

GOODMAN A. H. ET ARMELAGOS G. J. (1985) Factors Affecting the Distribution of Enamel Hypoplasias within the Human Permanent Dentition. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 479-493.

GOODMAN A. H. ET ARMELAGOS G. J. (1988) Childhood Stress and Decreased Longevity in a Prehistoric Population. *American Anthropologist*, 90 : 936-944.

GOODMAN A. H. ET ARMELAGOS G. J. (1989) Infant and childhood morbidity and mortality risks in archaeological populations. *World Archaeology*, 21 : 225-243.

GOODMAN A. H., ARMELAGOS G. J. ET ROSE J. C. (1984) The Chronological Distribution of Enamel Hypoplasias From Prehistoric Dickson Mounds Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 65 : 259-266.

GOODMAN A. H., PELTO G. H. ET ALLEN L. H. (1988) Socioeconomic and nutritional status correlates of enamel developmental defects in mild-to moderately malnourished Mexican children. *American Journal of Physical Anthropology*, 75 : 215.

GOODMAN A. H. ET ROSE J. C. (1990) Assessment of Systemic Physiological Perturbations from Dental Enamel Hypoplasias and Associated Histological Structures. *Yearbook of Physical Anthropology*, 33 : 59-110.

GOODMAN A. H. ET ROSE J. C. (1991) Dental Enamel Hypoplasias as Indicators of Nutritional Status, in : M. A. Kelley et C. S. Larsen (Eds.), *Advances in Dental Anthropology*, New york : Wiley-Liss, p. 279-293.

GORDON C. C. ET BRADTMILLER B. (1992) Interobserver Error in a Large Scale Anthropometric Survey. *American Journal of Human Biology*, 4 : 253-263.

GOWLAND R. L. ET CHAMBERLAIN A. T. (2002) A Bayesian Approach to Ageing Perinatal Skeletal Material from Archaeological Sites: Implications for the Evidence for Infanticide in Roman-Britain. *Journal of Archaeological Science*, 29 : 677-685.

GRAFFAR M. (1964) *Influence des facteurs socio-économiques sur la croissance somatique*, Bruxelles, 27 p.

GRAHAM B. J. (1987) Urban genesis in early medieval Ireland. *Journal of Historical Geography*, 13 : 3-16.

GRAUER A. L. (1993) Patterns of Anemia and Infection From Medieval York, England *American Journal of Physical Anthropology*, 91 : 203-213.

GRAUER A. L. ET ROBERTS C. (1996) Paleoepidemiology, Healing, and Possible Treatment of Trauma in the Medieval Cemetery Population of St. Helen-on-the-Walls, York, England. *American Journal of Physical Anthropology*, 100 : 531-544.

GREEN L. J. (1961) The Interrelationship Among Height, Weight, And Chronological, Dental And Skeletal Ages. *Angle Orthodontist*, 31 : 189-193.

GREENE D. L., VAN GERVEN D. P. ET ARMELAGOS G. J. (1986) Life and Death in Ancient Populations: Bones of Contention in Paleodemography. *Human Evolution*, 1 : 193-207.

GREKSA L. P., RIE N., ISLAM ABM R., MAKI U. ET OMORI K. (2007) Growth and Health Status of Street Children in Dhaka, Bangladesh. *American Journal of Human Biology*, 19 : 51-60.

GROELL R., LINDBICHLER F., RIEPL T., GHERRA L., ROPOSCH A. ET FOTTER R. (1999) The reliability of bone age determination in central European children using the Greulich and Pyle method. *The British Journal of Radiology*, 72 : 461-464.

GROKIEWICZ S., KORNAFEL D., KWIATKOWSKA B. ET NOWAKOWSKI D. (2001) Harris' Lines versus Children's Living Conditions in Medieval Wroclaw, Poland. *Variability and Evolution*, 9 : 45-50.

GRUENWALD P., FUNAKAWA H., MITANI S., NISHIMURA T. ET TAKEUCHI S. (1967) Influence of environmental factors on foetal growth in man. *Lancet*, 13 : 1026-1028.

GUATELLI-STEINBERG D., SCIULLI P. W. ET BETSINGER T. K. (2008) Dental Crown Size and Sex Hormone Concentrations: Another Look at the Development of Sexual Dimorphism. *American Journal of Physical Anthropology*, 137 : 324-333.

GUIHARD-COSTA A.-M. (1993) Les variations de vitesse de croissance au cours de la vie foetale *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5 : 11-20.

GUIHARD-COSTA A.-M., ADALIAN P., BRUS A. ET THIEBEAUGEORGES O. (2007) Anthropologie de la croissance : référentiels, normes et variabilité individuelle, in : A.-M. Guihard-Costa, G. Boetsch, A. Froment*, et al.* (Eds.), *L'Homme et sa diversité. Perspectives et enjeux de l'Anthropologie biologique*, Paris : CNRS Editions, p. 45-56.

GUIHARD-COSTA A.-M., DROULLÉ P., THIEBAUGEORGES O., HASCOUET J. M. (2000) A Longitudinal Study of Fetal Growth Variability. *Biology of the Neonate*, 78 : 8-12.

GUIHARD-COSTA A.-M. ET PAPIERNIK E. (2004) Biométrie comparée des nouveau-nés et des mères d'origine maghrébine et d'origine française de la Maternité de Clamart (92). *Anthropo*, 7 : 79-88.

GUIHARD-COSTA A.-M., RAMIREZ ROZZI F. (2004) Growth of the human brain and skull slows down at about 2.5 years old. *C.R. Palevol*, 3/5 : 397-402.

GUSTAFSSON A., WERDELIN L., TULLBERG B. S. ET LINDENFORS P. (2007) Stature and Sexual Stature Dimorphism in Sweden, from the 10th to the End of the 20th Century. *American Journal of Human Biology*, 19 : 861-870.

GUY H., MASSET C. ET BAUD C.-A. (1997) Infant Taphonomy. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 221-229.

HAINES A., MCMICHAEL A. J. ET EPSTEIN P. R. (2000) Environment and health: 2. Global climate change and health. *Journal de l'Association Médicale Canadienne*, 163 : 729-734.

HAINES M. R. (1995) Socio-economic Differentials in Infant and Child Mortality during Mortality Decline: England and Wales, 1890-1911. *Population Studies*, 49 : 297-315.

HALCROW S. E. ET TAYLES N. (2008) The Bioarchaeological Investigation of Childhood and Social Age: Problems and Prospects. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 15 : 190-215.

HALCROW S. E., TAYLES N. ET BUCKLEY H. R. (2007) Age estimation of children from prehistoric Southeast Asia: Are the dental formation methods used appropriate ? *Journal of Archaeological Science*, 34 : 1158-1168.

HANAWALT B. A. (1995) *Growing Up in Medieval London: The Experience of Childhood in History*, Oxford : Oxford University Press, 320 p.

HANAWALT B. A. (2002) Medievalists and the Study of Childhood. *Speculum*, 77 : 440-460.

HARRIS H. A. (1931) Lines of arrested growth in the long bones in childhood. *British Journal of Radiology*, 18 : 622-640.

HASSETT B. R. ET HILLSON S. (2009) Sex and sample: Classification analysis using cervical canine metrics. *American Journal of Physical Anthropology*, 138, supplément S48 : 146.

HAUSER R. M. (1994) Measuring Socioeconomic Status in Studies of Child Development. *Child Development*, 65 : 1541-1545.

HEINRICH R. E. ET BIKNEVICIUS A. R. (1998) Skeletal Allometry and Interlimb Scaling Patterns in Mustelid Carnivorans. *Journal of Morphology*, 235 : 121-134.

HENNEBERG M., BRUSH G. ET HARRISON G. A. (2001) Growth of Specific Muscle Strength Between 6 and 18 Years in Contrasting Socioeconomic Conditions. *American Journal of Physical Anthropology*, 115 : 62-70.

HENS S. M. ET GODDE K. (2008) Brief Communication: Skeletal Biology Past and Present : Are We Moving in the Right Direction? *American Journal of Physical Anthropology*, 137 : 234-239.

HENS S. M., KONIGSBERG L. W. ET JUNGERS W. L. (2000) Estimating Stature in Fossil Hominids: Which Regression Model and Reference Sample to Use? *Journal of Human Evolution*, 38 : 767-784.

HENSEL W. (1963) *Méthodes et perspectives de recherches sur les centres ruraux et urbains chez les Slaves, VIIe-XIIIe s*, Naukowe : Państwowe Wydawn, 87 p.

HERRING A., SAUNDERS S. R. ET KATZENBERG M. A. (1998) Investigating the Weaning Process in Past Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 105 : 425-439.

HERRMANN B. ET HUMMEL S. (1994) *Ancient DNA : Recovery and Analysis of Genetic Material from Paleontological, Archaeological, Museum, Medical, and Forensic Specimens* : Springer, 263 p.

HERRSCHER E. (2003) Alimentation d'une population historique : analyse des données isotopiques de la nécropole Saint-Laurent de Grenoble (XIII^{e}-XV^{e} siècle, France). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 15 : 145-320.

HERSHKOVITZ I., ROTHSCHILD M. A., LATIMER B. (1997) Recognition of Sickle Cell Anemia in Skeletal Remains of Children. *American Journal of Physical Anthropology*, 104 : 213-226.

HEUZÉ Y. (2004) Chronologie et étiologie de la maturation macrostructurale des dents définitives, Thèse de Doctorat, Bordeaux : Bordeaux 1, 282 p., inédit.

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 : 368-375.

HEUZÉ Y. ET CARDOSO H. F. V. (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 : 275-283.

HEYWOOD C. (2001) *A History of Childhood: Children and Childhood in the West from Medieval to Modern Times*, New York : Wiley, 240 p.

HILL J. O. ET PETERS J. C. (1998) Environmental Contributions to the Obesity Epidemic. *Science*, 280 : 1371-1374.

HILLSON S. (1979) Diet and dental disease. *World Archaeology*, 2 : 147-162.

HILLSON S. (1992) Impression and Replica Methods for Studying Hypoplasia and Perikymata on Human Tooth Crown Surfaces From Archaeological Sites. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2 : 65-78.

HILLSON S. (2001) Recording Dental Caries in Archaeological Human Remains. *International Journal of Osteoarchaeology*, 11 : 249-289.

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 : 89-103.

HILLSON S., GRIGSON C. ET BOND S. (1998) Dental Defects of Congenital Syphilis. *American Journal of Physical Anthropology*, 107 : 25-40.

HOLLIDAY T. W. (1997) Postcranial Evidence of Cold Adaptation in European Neandertals. *American Journal of Physical Anthropology*, 104 : 245-258.

HOLLIDAY T. W. (1999) Brachial and crural indices of European Late Upper Paleolithic and Mesolithic humans. *Journal of Human Evolution*, 36 : 549-566.

HOLLIDAY T. W. ET RUFF C. (2001) Relative Variation in Human Proximal and Distal Limb Segment Lengths. *American Journal of Physical Anthropology*, 116 : 26-33.

HOLMAN D. J., WOOD J. W. ET O'CONNOR K. A. (2002) Estimating age-at-death distributions from skeletal samples: multivariate latent-trait approach, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 193-221.

HOOTON E. A. (1920) *Indian Village Site and Cemetery near Madisonville, Ohio*, Cambridge, Massachssetts : Peabody Museum of American Archaeology and Ethnology, Havard University : 8, 138p.

HOPPA R. D. (1992) Evaluating Human Skeletal Growth : an Anglo-Saxon Example. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2 : 275-288.

HOPPA R. D. (2000a) Population Variation in Osteological Aging Criteria: An Example From the Pubic Symphysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 111 : 185-191.

HOPPA R. D. (2000b) What to do with long bones : Toward a progressive palaeoauxology. *Anthropologie*, 38 : 23-32.

HOPPA R. D. (2002) Paleodemography: Looking back and thinking ahead, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 9-28.

HOPPA R. D. ET FITZGERALD C. M. (1999a) From head to toe: Intergrating studies from bones and teeth in biological anthropology, in : R. D. Hoppa et C. M. Fitzgerald (Eds.), *Human growth in the past. Studies from bones and teeth*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 1-31.

HOPPA R. D. ET FITZGERALD C. M. (1999b) *Human growth in the past. Studies from bones and teeth*, Cambridge : Cambridge University Press, 315 p.

HOPPA R. D. ET GRUSPIER K. L. (1996) Estimating Diaphyseal Length From Fragmentary Subadult Skeletal Remains: Implications for Palaeodemographic Reconstructions of a Southern Ontario Ossuary. *American Journal of Physical Anthropology*, 100 : 341-354.

HOPPA R. D. ET VAUPEL J. W. (2002a) *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, 264 p.

HOPPA R. D. ET VAUPEL J. W. (2002b) The Rostock Manifesto for paleodemography: The way from stage to age, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 1-8.

HORTON D. R. (1984) Minimum Numbers: A Consideration. *Journal of Archaeological Science*, 11 : 255-271.

HOUSE J. S., LEPKOWSKI J. M., KINNEY A. M., MERO R. P., KESSLER R. C. ET HERZOG A. R. (1994) The Social Stratification of Aging and Health. *Journal of Health and Social Behavior*, 35 : 213-234.

HOWELL N. (1976) Toward a Uniformitarian Theory of Human Paleodemography. *Journal of Human Evolution*, 5 : 25-40.
HOWELL N. (1982) Village Composition Implied by a Paleodemographic Life Table: The Libben Site. *American Journal of Physical Anthropology*, 59 : 263-269.
HOWELL N. ET LEHOTAY V. A. (1978) AMBUSH: A Computer Program for Stochastic Microsimulation of Small Human Populations. *American Anthropologist*, 80 : 905-922.
HRDLICKA A. (1927) Anthropology and Medicine. *American Journal of Physical Anthropology*, 10 : 1-9.
HU J. C.-C. ET SIMMER J. P. (2007) Developmental biology and genetics of dental malformations. *Orthodontics and Craniofacial Research,* 10 : 45-52.
HUBBARD A., GUATELLI-STEINBERG D. ET SCIULLI P. W. (2009) Under Restrictive Conditions, Can the Widths of Linear Enamel Hypoplasias Be Used as Relative Indicators of Stress Episode Duration? *American Journal of Physical Anthropology*, 138 : 177-189.
HUCK P. (1994) Infant Mortality in Nine Industrial Parishes in Northern England, 1813-1836. *Population Studies*, 48 : 513-526.
HUGHES M. K. ET DIAZ H. F. (1994) Was there a "medieval warm period", and if so, where and when? *Climatic Change*, 26 : 109-142.
HUMMERT J. R. ET VAN GERVEN D. P. (1983) Skeletal Growth in a Medieval Population From Sudanese Nubia. *American Journal of Physical Anthropology*, 60 : 471-478.
HUMPHREY L. T. (1998) Growth Patterns in the Modern Human Skeleton. *American Journal of Physical Anthropology*, 105 : 57-72.
HUMPHREY L. T. (2000) Growth studies of past populations: An overview and an example, in : M. Cox et S. Mays (Eds.), *Human osteology in archaeology and forensic medicine*, London : Greenwich Medical Media, p. 23-38.
HUMPHREY L. T. (2003) Linear growth variation in the archaeological record, in : J. L. Thompson, G. E. Krovitz et A. J. Nelson (Eds.), *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 144-169.
HUMPHREY L. T. (2008) Enamel traces of early lifetime events, in : H. Schutkowski (Ed.), *Between Biology and Culture*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 186-205.
HUMPHREY L. T. ET KING T. (2000) Childhood stress: A lifetime legacy. *Anthropologie*, 38 : 33-49.
HUNT E. E. ET GLEISER I. (1955) The Estimation of Age and Sex of Preadolescent Children From Bones and Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 13 : 479-487.
HUXLEY A. K. ET JIMENEZ S. B. (1996) Technical Note: Error in Olivier and Pineau's Regression Formulae for Calculation of Stature and Lunar Age From Radial Diaphyseal Length in Forensic Fetal Remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 100 : 435-437.
HUXLEY J. S. (1924) Constant Differential Growth-ratios and their Significance. *Nature*, 114 : 895-896.
IMBS P. ET QUEMADA B. (1994) *Trésor de la langue française : dictionnaire de la langue du XIXe et du XXe siècle (1789-1960)*, Paris : Editions du CNRS.
INGVARSSON-SUNDSTRÖM A. (2003) Children Lost and Found. A bioarcheaological study of Middle Helladic children in Asine with a comparison to Lerna, Thèse de Doctorat, Uppsala : Uppsala Universitet, 224 p., inédit.
ISHIKAWA K. (1972) *Guide to Quality Control*, Tokyo : Asian Productivity Organization, 204 p.
JACKES M. (1992) Paleodemography: Problems and Techniques, in : S. R. Saunders et M. A. Katzenberg (Eds.), *Skeletal Biology of Past Peoples : Research Methods*, New York : Wiley-Liss, p. 189-224.
JACKES M. (1993) On Paradox and Osteology. *Current Anthropology*, 34 : 434-439.
JACKES M. (2000) Building the Bases for Paleodemographic Analysis : Adult Age Determination, in : M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, New-York : Wiley-Liss, p. 417-465.
JACKES M. (2003) Testing a Method: Paleodemography and Proportional Fitting. *American Journal of Physical Anthropology*, 121 : 385-386.
JACOBI K. P. ET DANFORTH M. E. (2002) Analysis of Interobserver Scoring Patterns in Porotic Hyperostosis and Cribra Orbitalia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12 : 248-258.

JAMES A., JENKS C. ET PROUT A. (1998) *Theorizing Childhood*, Williston : Teachers College Press, 247 p.

JAMES E. (1989) Burial and Status in the Early Medieval West. *Transactions of the Royal Historical Society*, 39 : 23-40.

JAMISON P. L. ET ZEGURA S. L. (1974) A Univariate and Multivariate Examination of Measurements Error in Anthropometry. *American Journal of Physical Anthropology*, 40 : 197-204.

JANIN T. (1993) Age au décès et "statut social" dans les sépultures à incinération du premier âge du fer languedocien : première approche. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5 : 203-208.

JANTZ R. L. ET OWSLEY D. W. (1984) Long Bone Growth Variation Among Arikara Skeletal Population. *American Journal of Physical Anthropology*, 63 : 13-20.

JIMÉNEZ-BROBEIL S. A., AL OUMAOUI I. ET DU SOUICH P. H. (2007) Childhood Trauma in Several Populations from the Iberian Peninsula. *International Journal of Osteoarchaeology*, 17 : 189-198.

JOHANSSON I., LARSSON B., NORDLUND A. ET ERICSON T. (1994) Diet and dental caries. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59 : 788S.

JOHANSSON S. R. ET HOROWITZ S. (1986) Estimating Mortality in Skeletal Populations: Influence of the Growth Rate on the Interpretation of Levels and Trends During the Transition to Agriculture. *American Journal of Physical Anthropology*, 71 : 233-250.

JOHNSON G. F., DORST J. P., KUHN J. P., ROCHE A. F. ET DAVILA G. H. (1973) Reliability of skeletal age assessments. *American Journal of Roentgenology*, 118 : 320-327.

JOHNSON R. A. ET WISHERN D. W. (1992) *Applied multivariate statistical analysis*, London : Prentice-Hall International, 644 p.

JOHNSTON F. E. (1962) Growth of the Long Bones of Infants and Young Children at Indian Knoll. *American Journal of Physical Anthropology*, 20 : 249-254.

JOHNSTON F. E. ET ZIMMER L. O. (1989) Assessment of Growth and Age in the Immature Skeleton, in : M. Y. Iscan et K. A. R. Kennedy (Eds.), *Reconstruction of Life From the Skeleton*, New-York : Wiley-Liss, p. 11-21.

JOLICOEUR P. (1963) Note: The Multivariate Generalization of the Allometry Equation. *Biometrics*, 19 : 497-499.

JOLLIFFE I. T. (2002) *Principal Component Analysis* New York : Springer-Verlag, 487 p.

JUNGERS W. L. ET GERMAN R. Z. (1981) Ontogenic and Interspecific Skeletal Allometry in Nonhuman Primates: Bivariate Versus Multivariate Analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 55 : 195-202.

JURICIC M., BRUZEK J., CHARLET J.-P. ET TILLIER A.-M. (1994) Dynamique de la croissance du crâne. L'exemple de la population médiévale de Ducove (Slovaquie). Application à l'échantillon fossile de Predmosti (Paléolithique Supérieur, République tchèque). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 6 : 85-99.

KAMP K. A. (2001) Where Have All the Children Gone? The Archaeology of Childhood. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 8 : 1-34.

KATZENBERG M. A. (2000) Stable isotopes analysis: A tool for studying past diet, demography, and life history in : M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, New York : Wiley-Liss, p. 305-327.

KATZMARZYK P. T. ET LEONARD W. R. (1998) Climatic Influences on Human Body Size and Proportions: Ecological Adaptations and Secular Trends. *American Journal of Physical Anthropology*, 106 : 483-503.

KEMKES-GROTTENTHALER A. (2002) Aging through the ages: Historical perspectives on age indicator methods, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 48-72.

KEMKES-GROTTENTHALER A. (2005) The Short Die Young: The Interrelationship between Stature and Longevity — Evidence From Skeletal Remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 128 : 340-347.

KENT R. L., REED R. B. ET MOORREES C. F. A. (1978) Associations in Emergence Age Among Permanent Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 48 : 131-142.

KHAN F., YOUNG W. G., SHAHABI S. ET DALEY T. J. (1999) Dental cervical lesions associated with occlusal erosion and attrition. *Australian Dental Journal*, 44 : 176-186.
KIESER J. A., MOGGI-CECCHI J. ET GROENEVELD H. T. (1992) Sex Allocation of Skeletal Material by Analysis of the Proximal Tibia. *Forensic Science International*, 56 : 29-36.
KILGORE L., JURMAIN R. ET VAN GERVEN D. P. (1997) Palaeoepidemiological Patterns of Trauma in a Medieval Nubian Skeletal Population. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 103-114.
KIM J. ET DURDEN E. (2007) Socioeconomic status and age trajectories of health. *Social Science & Medicine*, 65 : 2489-2502.
KING T., HUMPHREY L. T. 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 : 547-559.
KLANICA Z. (2006a) *Nechvalin, Prusanky. Vier slawische Nekropolen. Teil I*, Brno : AU AV CR.
KLANICA Z. (2006b) *Nechvalin, Prusanky. Vier slawische Nekropolen. Teil II*, Brno : AU AV CR.
KLEIN H. ET PALMER C. E. (1941) Studies on Dental Caries. XII. Comparisons of the Caries Susceptibility of the Various Morphological Types of Permanent Teeth. *Journal of Dental Research*, 20 : 203-216.
KNUDSON K. J., PRICE T. D., BUIKSTRA J. E. ET BLOM D. E. (2004) The use of strontium isotope analysis to investigate Tiwanaku migration and mortuary ritual in Bolivia and Peru. *Archaeometry*, 46 : 5-18.
KNUDSON K. J. ET STOJANOWSKI C. M. (2008) New Directions in Bioarchaeology: Recent Contributions to the Study of Human Social Identities. *Journal of Archaeological Research*, 16 : 397-432.
KOMAR D. A. ET GRIVAS C. (2008) Manufactured Populations: What Do Contemporary Reference Skeletal Collections Represent? A Comparative Study Using the Maxwell Museum Documented Collection. *American Journal of Physical Anthropology*, 137 : 224-233.
KÖNIG K. G. ET NAVIA J. M. (1995) Nutritional role of sugars in oral health. *American Journal of Clinical Nutrition*, 62 : 275S-283S.
KONIGSBERG L. W. ET FRANKENBERG S. (1992) Estimation of Age Structure in Anthropological Demography. *American Journal of Physical Anthropology*, 89 : 235-256.
KONIGSBERG L. W. ET FRANKENBERG S. (1994) Paleodemography: "Not Quite Dead". *Evolutionary Anthropology*, 3 : 92-105.
KONIGSBERG L. W. ET FRANKENBERG S. (2009) Testing the normality assumption in transition analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, 138, supplément S48 : 68.
KONIGSBERG L. W., FRANKENBERG S. ET WALKER R. (1997) Regress what on what? Palaeodemographic age estimation as a calibration problem, in : R. R. Paine (Ed.), *Integrating Archaeological Demography: Multidisciplinary Approaches to Prehistoric Populations* Carbondale, IL : Center for Archaeological Investigations, South Illinois University, p. 64-88.
KONIGSBERG L. W. ET FRANKENBERG S. R. (2002) Deconstructing Death in Paleodemography. *American Journal of Physical Anthropology*, 117 : 297-309.
KONIGSBERG L. W. ET HERRMANN N. P. (2002) Markov chain Monte Carlo estimation of hazard model parameters in paleodemography, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 222-242.
KRAMAR C. (1990) L'étude de l'état sanitaire des populations anciennes est-elle un rêve ? *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2 : 159-162.
KROGMAN W. D. ET ISCAN M. Y. (1986) *The human skeleton in forensic medicine*, Springfield : CC Thomas, 337 p.
KUJANOVA M., BIGONI L., VELEMÍNSKA J. ET VELEMÍNSKÝ P. (2008) Limb Bones Assymetry and Stress in Medieval and Recent Populations of Central Europe. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18 : 476-491.
LABRUFFE A. (2008) *Communication et qualité. Le maillon fort !*, Paris : AFNOR, 233 p.
LALLO J. W., ARMELAGOS G. J. ET MENSFORTH R. P. (1977) The Role of Diet, Disease, and Physiology in the Origin of Porotic Hyperostosis. *Human Biology*, 49 : 471-483.
LAMOTTE M. (1971) *Initiation aux méthodes statistiques en biologie*, Paris : Masson, 144 p.

LAMPL M. (1993) La croissance saltatoire chez le nourrisson. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5 : 53-60.

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 : 667-680.

LAMPL M. ET JOHNSTON F. E. (1996) Problems in the Aging of Skeletal Juveniles: Perspectives From Maturation Assessments of Living Children *American Journal of Physical Anthropology*, 101 : 345-355.

LAMPL M., MANN A. ET MONGE J. (2000) A comparison of calcification staging and histological methods for ageing immature modern human specimens. *Anthropologie*, 38 : 51-62.

LAMPL M. ET THOMPSON A. L. (2007) Growth Chart Curves Do Not Describe Individual Growth Biology. *American Journal of Human Biology*, 19 : 643-653.

LANDIS J. R. ET KOCH G. G. (1977) The Measurment of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33 : 159-174.

LANSIVAL R. (2007) La nécropole mérovingienne de Metzervisse (Moselle). *Revue Archéologique de l'Est*, 56 : 231-310.

LARSEN C. S. (1999) *Bioarchaeology. Interpreting behavior from the human skeleton*, Cambridge : Cambridge University Press, 476 p.

LARSEN C. S. (2002) Bioarchaeology: The Lives and Lifestyles of Past People. *Journal of Archaeological Research*, 10 : 119-166.

LAUTROU A. (1998) *Anatomie dentaire*, Paris : Elsevier-Masson, 264 p.

LAUWERS M. (1997) *La mémoire des ancêtres, le souci des morts : morts, rites, et société au Moyen Âge*, Bruxelles : Editions Beauchesne, 537 p.

LAUWERS M. (2005) *Naissance du cimetière : lieux sacrés et terre des morts dans l'Occident médiéval*, Paris : Aubier (Collection historique), 394 p.

LE GOFF J. (2004) *Un long Moyen Âge*, Paris : Tallandier, 258 p.

LE GOFF J. ET DE MONTRÉMY J.-M. (2003) *À la recherche du Moyen Âge*, Paris : L. Audibert, 176 p.

LE JAN R. (1995) Famille et pouvoir dans le monde franc (VIIe-XIe siècle). Essai d'anthropologie sociale, Paris : La Sorbonne, 571 p.

LE JAN R. (2003) *La société du haut Moyen Age*, Paris : Armand Colin, 304 p.

LE ROY LADURIE E. (1969) L'aménorrhée de famine (XVIIème-XXème siècle), *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*, 24 : 1589-1601.

LE ROY LADURIE E. (1974) Homme-animal, nature-culture, les problèmes de l'équilibre démographique, in : Morin E. et Piatelli-Palmarini M (Eds.), L'unité de l'homme, 3. Pour une anthropologie fondamentale, Paris : Le Seuil, p. 87-128.

LÉ M., ARDAGNA Y., BELLO S. ET DUTOUR O. (2006) Une nouvelle méthode de quantification des réactions périostées en paléopathologie : l'indice pondéré d'atteinte périostée (IPAP). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 18 : 187-196.

LEDERMANN S. (1969) *Nouvelles tables-types de mortalité*, Paris : INED-Presses Universitaires de France.

LEDRU-ROLLIN (1850) *De la décadence de l'Angleterre*, Paris : Escudier Frères, 390 p.

LEGER L. (1868) *Cyrille et Méthode : étude historique sur la conversion des slaves au christianisme*, Paris : A. Franck, 230 p.

LEGGE S. S. (2005) Estimating puberty in a prehistoric skeletal collection. *Annals of Human Biology*, 32 : 383-389.

LEMIÈRE J. (1978) *Cherbourg (Manche) Parking Notre-Dame. Campagne de fouilles 1978. Site du château médiéval et de l'agglomération antique*, Caen : Centre de Recherches Archéologiques Médiévales de l'Université de Caen.

LEMIÈRE J. (1979) *Cherbourg (Manche) Parking Notre-Dame. Campagne de fouilles 1979. Site du château médiéval et de l'agglomération antique* Caen : Centre de Recherches Archéologiques Médiévales de l'Université de Caen.

LEMIÈRE J. (1980) *Cherbourg (Manche) Parking Notre-Dame. Campagne de fouilles 1980. Site du château médiéval et de l'agglomération antique* Caen : Centre de Recherches Archéologiques Médiévales de l'Université de Caen.

LEMIÈRE J. (1981) *Cherbourg (Manche) Parking Notre-Dame. Campagne de fouilles 1981. Site du château médiéval et de l'agglomération antique* Caen : Centre de Recherches Archéologiques Médiévales de l'Université de Caen.
LETT D. (1997) *L'enfant des miracles : enfance et société au Moyen Age (XIIe-XIIIe siècle)*, Paris : Aubier, 396 p.
LETT T. (2000) *Famille et parenté dans l'occident médiéval. Ve-XVe siècle*, Paris : Hachette supérieur, 255 p.
LEWIS A. B. (1991) Comparisons between dental and skeletal ages. *The Angle Orthodontist*, 61 : 87-92.
LEWIS A. B. ET GARN S. M. (1960) The Relationship Between Tooth Formation and Other Maturational Factors. *The Angle Orthodontist*, 30 : 70-77.
LEWIS M. E. (2000) Non-adult palaeopathology: Current status and future potential, in : M. Cox et S. Mays (Eds.), *Human osteology in archaeology and forensic medicine*, London : Greenwich Medical Media, p. 39-57.
LEWIS M. E. (2002) Impact of Industrialization: Comparative Study of Child Health in Four Sites From Medieval and Postmedieval England (A. D. 850-1859). *American Journal of Physical Anthropology*, 119 : 211-223.
LEWIS M. E. (2004) Endocranial Lesions in Non-adult Skeletons: Understanding their Aetiology. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14 : 82-97.
LEWIS M. E. (2007) *The Bioarchaeology of Children. Perspectives from Biological and Forensic Anthropology*, Cambridge : Cambridge University Press, 264 p.
LEWIS M. E. ET FLAVEL A. (2006) Age Assessment of Child Skeletal Remains in Forensic Contexts, in : A. Schmitt, E. Cunha et J. Pinheiro (Eds.), *Forensic Anthropology and Medicine. Complementary Sciences From Recovery to Causes of Death*, Totowa : Humana Press, p. 243-258.
LEWIS M. E. ET GOWLAND R. L. (2007) Brief and Precarious Lives: Infant Mortality in Contrasting Sites from Medieval and Post-Medieval England (AD 850-1859). *American Journal of Physical Anthropology*, 134 : 117-129.
LEWIS M. E. ET ROBERTS C. (1997) Growing Pains: The Interpretation of Stress Indicators. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 581-586.
LI H., STEIN A. D., BARNHART H. X., RAMAKRISHNAN U. ET MARTORELL R. (2003) Associations between prenatal and postnatal growth and adult body size and composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77 : 1498-1505.
LIKOVSKY J., URBANOVA M., HAJEK M., CERNY V. ET CECH P. (2006) Two cases of leprosy from Zatec (Bohemia), dated to the turn of the 12th century and confirmed by DNA analysis for *Mycobacterium leprae*. *Journal of Archaeological Science*, 33 : 1276-1283.
LIVERSIDGE H. M. (1999) Dental maturation of 18th and 19th century British children using Demirjian's method. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 9 : 111-115.
LIVERSIDGE H. M., DEAN M. C. ET MOLLESON T. (1993) Increasing Human Tooth Length Between Birth and 5.4 Years. *American Journal of Physical Anthropology*, 90 : 307-313.
LIVERSIDGE H. M., HERDEG B. ET RÖSING F. (1998) Dental Age Estimation of Non-Adults. A Review of Methods and Principles, in : Alt, F. Rösing et M. Teschler-Nicola (Eds.), *Dental Anthropology : Fundamentals, Limits and Prospects*, Stuttgart : Springer, p. 419-442.
LIVERSIDGE H. M., LYONS F. ET HECTOR M. P. (2003) The accuracy of three methods of age estimation using radiographic measurements of developing teeth. *Forensic Science International*, 131 : 22-29.
LIVERSIDGE H. M. ET MOLLESON T. (1999) Deciduous Tooth Size and Morphogenetic Fields in Children from Christ Church, Spitalfields. *Archives of Oral Biology*, 44 : 7-13.
LIVERSIDGE H. M. ET MOLLESON T. (2004) Variation in Crown and Root Formation and Eruption of Human Deciduous Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 123 : 172-180.
LIVERSIDGE H. M., SPEECHLY T. ET HECTOR M. P. (1999) Dental maturation in British children: Are Demirjian's standards applicable? *International Journal of Paediatric Dentistry*, 9 : 263-269.
LOBRY J. R. (2007) Allométrie pour les nuls. http://pbil.univ-lyon1.fr.

LOTH S. R. (1995) Age Assessment of the Spitalfields Cemetery Population by Rib Phase Analysis. *American Journal of Human Biology*, 7 : 465-471.

LOTH S. R. ET HENNEBERG M. (1996) Mandibular Ramus Flexure: A New Morphologic Indicator of Sexual Dimorphism in the Human Skeleton. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 473-485.

LOTH S. R. ET HENNEBERG M. (2001) Sexually Dimorphic Mandibular Morphology in the First Few Years of Life. *American Journal of Physical Anthropology*, 115 : 179-186.

LOVE B. ET MÜLLER H.-G. (2002) A solution to the problem of obtaining a mortality schedule for paleodemographic data, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 181-192.

LOVEJOY C. O., RUSSELL K. F. ET HARRISON M. L. (1990) Long Bone Growth Velocity in the Libben Population. *American Journal of Human Biology*, 2 : 533-541.

LUKACS J. R. (1999) Interproximal Contact Hypoplasia in Primary Teeth: A New Enamel Defect With Anthropological and Clinical Relevance. *American Journal of Human Biology*, 11 : 718-734.

LUKACS J. R., NELSON G. C. ET WALIMBE S. R. (2001a) Enamel Hypoplasia and Childhood Stress in Prehistory: New Data from India and Southwest Asia. *Journal of Archaeological Science*, 28 : 1159-1169.

LUKACS J. R. ET PASTOR R. F. (1988) Activity-Induced Patterns of Dental Abrasion in Prehistoric Pakistan: Evidence From Mehrgarh and Harappa. *American Journal of Physical Anthropology*, 76 : 377-398.

LUKACS J. R. ET WALIMBE S. R. (1998) Physiological Stress in Prehistoric India: New Data on Localized Hypoplasia of Primary Canines Linked to Climate and Subsistence Change. *Journal of Archaeological Science*, 25 : 571-585.

LUKACS J. R., WALIMBE S. R. ET FLOYD B. (2001b) Epidemiology of Enamel Hypoplasia in Deciduous Teeth: Explaining Variation in Prevalence in Western India. *American Journal of Human Biology*, 13 : 788-807.

LUY M. ET WITTWER-BACKOFEN U. (2005) Das Halley-Band für paläodemographische Mortalitätsanalysen. *Zeitschrift für Bevölkerungswissenschaft*, 30 : 219-244.

LYMAN R. L. ET AMES K. M. (2007) On the use of species-area curves to detect the effect of sample size. *Journal of Archaeological Science*, 34 : 1985-1990.

LYNNERUP N., THOMSEN J. L. ET FROHLICH B. (1998) Intra- and inter-observer variation in histological criteria used in age at death determination based on femoral cortical bone. *Forensic Science International*, 91 : 219-230.

MAAT G. J. R. (2004) Scurvy in Adults and Youngsters : The Dutch Experience. A Review of the History and Pathology of a Disregarded Disease. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14 : 77-81.

MABER M., LIVERSIDGE H. M. ET HECTOR M. P. (2006) Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic Science International*, 159S : S68-S73.

MACCHIARELLI R., BONDIOLI L., CENSI L., KRISTOFF HERNAEZ M., SALVADEI L. ET SPERDUTI A. (1994) Intra- and Interobserver Concordance in Scoring Harris Lines: A Test on Bone Sections and Radiographs. *American Journal of Physical Anthropology*, 95 : 77-83.

MAFART B.-Y. (1989) Intérêt et limite de l'étude de quelques marqueurs osseux de la malnutrition au cours de la croissance, in : L. Buchet, (Ed.); Valbonne, Editions du CNRS, p 73-84.

MAFART B.-Y. (2009) First Metatarsal Bones as Substitutes for Tibias in Harris Line Studies on Past Populations. *The Open Anthropology Journal*, 2 : 36-39.

MAJO T. ET TILLIER A.-M. (2003) A new approach to the quantitative analysis of postcranial growth in Neandertals and modern humans : Evidence from the hipbone, in : J. L. Thompson, G. E. Krovitz et A. J. Nelson (Eds.), *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 361-385.

MAJO 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 : 61-68.

MANCHESTER K. (2002) Infective bone changes in leprosy, in : C. Roberts, M. E. Lewis et K. Manchester (Eds.), *The Past and Present of Leprosy. Archaeological, Historical, Palaeo-pathological, and Clinical Approaches.*, Oxford : BAR International Series, p. 69-72.

MANCHESTER K. ET ROBERTS C. (1989) The Palaeopathology of Leprosy in Britain: A Review. *World Archaeology*, 21 : 265-272.

MANOUVRIER L. (1903) Les recherches anthropométriques du Dr Paul Godin sur la croissance. *Revue de l'Ecole d'Anthropologie de Paris*, 93 : 25-31.

MANZI G., SALVADEI L., VIENNA A. ET PASSARELLO P. (1999) Discontinuity of Life Conditions at the Transition From the Roman Imperial Age to the Early Middle Ages: Example From Central Italy Evaluated by Pathological Dento-Alveolar Lesions. *American Journal of Human Biology*, 11 : 327-341.

MARESH M. M. (1955) Linear growth of long bones of extremities from infancy through adolescence. *American Journal of Diseases in Children*, 89 : 725-742.

MARESH M. M. ET BEAL V. A. (1970) A longitudinal survey of nutrition intake, body size, and tissue measurements in healthy subjects during growth. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 35 : 33-39.

MARESH M. M. ET DEMING J. (1939) The growth of the long bones in 80 infants roentgenograms versus anthropometry. *Child Development*, 10 : 91-106.

MARGERISON B. J. ET KNÜSEL C. J. (2002) Paleodemographic Comparison of a Catastrophic and an Attritional Death Assemblage. *American Journal of Physical Anthropology*, 119 : 134-143.

MARINI E., RACUGNO W. ET BORGOGNINI TARLI S. M. (1999) Univariate Estimates of Sexual Dimorphism: The Effects of Intrasexual Variability. *American Journal of Physical Anthropology*, 109 : 501-508.

MARSHALL W. A. ET TANNER J. M. (1968) Growth and physiological development during adolescence. *Annual Revue of Medicine*, 19 : 283-300.

MARTIN R. ET SALLER K. (1959) *Lehrbuch der Anthropologie*, Stuttgart : Fischer-Verlag, 384 p.

MARTIN R. D., GENOUD M. ET HEMELRIJK C. K. (2005) Problems of allometric scaling analysis: Examples from mammalian reproductive biology. *The Journal of Experimental Biology*, 208 : 1731-1747.

MASSET C. (1973a) Influence du sexe et de l'âge sur la conservation des os humains, in : P. Cujas (Ed.), *L'Homme, Hier et Aujourd'hui. Recueil d'études en hommage à Leroi-Gourhan*, Paris : Editions Cujas, p. 333-345.

MASSET C. (1973b) La démographie des populations inhumées. Essai de paléodémographie. *L'Homme*, 13 : 95-131.

MASSET C. (1987) Le "recrutement" d'un ensemble funéraire, in : H. Duday et C. Masset (Eds.), *Anthropologie physique et archéologie. Méthodes d'étude des sépultures*, Paris : Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, p. 111-134.

MASSET C. (1990) Où en est la paléodémographie ? *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2 : 109-122.

MASSET C. ET PARZYSZ (1985) Démographie des cimetières ? Incertitude statistique des estimateurs en paléodémographie. *L'Homme*, 25 : 147-154.

MATIEGKA J. (1912) Program praehistorické demografie. *Pravek*, 8 : 21-25.

MAUREILLE B., ROUGIER H., HOUËT F., VANDERMEERSCH B. (2001) Les dents inférieures du néandertalien Regourdou 1 (site de Regourdou, commune de Montignac, Dordogne) : analyses métriques et comparatives. *Paléo*, 13 : 183-200.

MAYS S., BRICKLEY M. ET IVES R. (2007) Skeletal Evidence for Hyperparathyroidism in a 19th Century Child with Rickets. *International Journal of Osteoarchaeology*, 17 : 73-81.

MAYS S., BRICKLEY M. ET IVES R. (2008) Growth in an English Population From the Industrial Revolution. *American Journal of Physical Anthropology*, 136 : 85-92.

MAYS S. ET COX M. (2000) Sex determination in skeletal remains, in : M. Cox et S. Mays (Eds.), *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science*, London : Greenwich Medical Media, p. 117-130.

MAYS S. et Faerman M. (2001) Sex identification in some putative infanticide victims from Roman Britain using ancient DNA. *Journal of Archaeological Science*, 28 : 555-559.

MAYS S., STEELE J. ET FORD M. (1999) Directional Asymmetry in the Human Clavicle. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9 : 18-28.

MAYS S., TAYLOR G. M., LEGGE A. J., YOUNG D. B. ET TURNER-WALKER G. (2001) Paleopathological and Biomolecular Study of Tuberculosis in a Medieval Skeletal Collection From England. *American Journal of Physical Anthropology*, 114 : 298-311.

MCCULLAGH P. (1980) Regression Models for Ordinal Data. *Journal of the Royal Statistical Society B*, 42 : 109-142.

MEIJERMAN L., MAAT G. J. R., SCHULZ R. ET SCHMELING A. (2007) Variable affecting the probability of complete fusion of the medial clavicular epiphysis. *International Journal of Legal Medecine*, 121 : 463-468.

MEIKLEJOHN C. ET CONSTANDSE-WESTERMANN T. S. (1978) The Human Skeletal Material From Swifterbant, Earlier Neolithic of the Northern Netherlands. I: Inventory and Demography. *Palaeohistoria*, 20 : 39-89.

MEINDL R. S., LOVEJOY C. O. ET MENSFORTH R. P. (1983) Skeletal Age at Death: Accuracy of Determination and Implications for Human Demography. *Human Biology*, 55 : 73-87.

MEINDL R. S. ET RUSSELL K. F. (1998) Recent advances in method and theory in paleodemography. *Annual Revue of Anthropology*, 27 : 375-399.

MENSFORTH R. P. (1985) Relative Tibia Long Bone Growth in the Libben and Bt-5 Prehistoric Skeletal Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 68 : 247-262.

MENSFORTH R. P., LOVEJOY C. O., LALLO J. W. ET ARMELAGOS G. J. (1978) The role of constitutional factors, diet and infectious disease in the etiology of porotic hyperostosis and periosteal reactions in prehistoric infants and children. *Medical Anthropology*, 2 : 1-59.

MERINSKY Z. (2002) *Ceské zeme od prichodu Slovanu po Velkou Moravu I.*, Praha : Nakladatelstvi Libri, 570 p.

MERINSKY Z. (2006) *Ceské zeme od prichodu Slovanu po Velkou Moravu II.*, Praha : Nakladatelstvi Libri, 970 p.

METCALF J. E. ET PAVARD S. (2007) Why evolutionary biologists should be demographers. *Trends in Ecology and Evolution*, 22 : 206-212.

MILES A. E. W. ET BULMAN J. S. (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 : 121-136.

MILES A. E. W. ET BULMAN J. S. (1995) Growth Curves of Immature Bones from a Scottish Island Population of Sixteenth to mid-Nineteenth Century: Shoulder Girdle, Ilium, Pubis and Ischium. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5 : 15-27.

MILNER G. R., WOOD J. W. ET BOLDSEN J. L. (2000) Paleodemography, in : M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, New-York : Wiley-Liss, p. 467-497.

MITANI H. ET SATO K. (1992) Comparison of mandibular growth with other variables during puberty. *The Angle Orthodontist*, 62 : 217-222.

MIZOGUCHI K. (1993) Time in the Reproduction of Mortuary Practices. *World Archaeology*, 25 : 223-235.

MLIKOVSKY J. (2003) Die Vögel aus der frühmittelalterlichen Burg Mikulcice, Mähren, in : L. Polacek (Ed.), *Studien zum Burgwall von Mikulcice, Band V* Brno : Spisy AU AV CR, p. 215-338.

MOLLESON T. ET COX M. (1993) *The Spitalfields Project. Volume 2 - The Anthropology. The Middling Sort*, York : Council for British Archaeology (CBA Research Report, 86), 234 p.

MOLLESON T., CRUSE K. ET MAYS S. (1998) Some Sexually Dimorphic Features of the Human Juvenile Skull and their Value in Sex Determination in Immature Skeletal Remains. *Journal of Archaeological Science*, 25 : 719-728.

MOORREES C. F. A., FANNING E. A. ET HUNT E. E. (1963a) Age Variation of Formation Stages for Ten Permanent Teeth. *Journal of Dental Research*, 42 : 1490-1502.

MOORREES C. F. A., FANNING E. A. ET HUNT E. E. (1963b) Formation and Resorption of three Deciduous Teeth in Children. *American Journal of Physical Anthropology*, 21 : 205-213.

MOREL M.-F. (2001) Images du petit enfant mort dans l'histoire. *Etudes sur la mort*, 119 : 17-38.

MOREL M.-F. (2004) La mort d'un bébé au fil de l'histoire. *Spirale*, 31 : 15-34.

MOREL P. (1962) *L'anthropologie physique*, Paris : Presses Universitaires de France, 95 p.
MOSELEY J. E. (1974) Skeletal changes in the anemias. *Seminars in Roentgenology*, 9 : 169-184.
MOSIMANN J. E. ET JAMES F. C. (1970) New statistical methods for allometry with application to Florida Red-winged Blackbirds. *Evolution*, 33 : 444-459.
MOSS M. L. (1954) Differential Growth Analysis of Bone Morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 12 : 71-76.
MÜLLER H.-G., LOVE B. ET HOPPA R. D. (2002) Semiparametric Method for Estimating Paleodemographic Profiles From Age Indicator Data. *American Journal of Physical Anthropology*, 117 : 1-14.
MURAIL P. (1996) Biologie et pratiques funéraires des populations d'époque historique : une démarche méthodologique appliquée à la nécropole gallo-romaine de Chantambre (Essonne, France), Thèse de Doctorat, Talence : Université Bordeaux 1, 266 p., inédit.
MURAIL P. (2005) Variations anatomiques non métriques : les caractères discrets, in : O. Dutour, J.-J. Hublin et B. Vandermeersch (Eds.), *Objets et méthodes en Paléoanthropologie*, Paris : Comité des travaux historiques et scientifiques, p. 137-153.
MURAIL P., BRUZEK J. ET BRAGA J. (1999) A New Approach to Sexual Diagnosis in Past Populations. Practical Adjustments from Van Vark's Procedure. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9 : 39-53.
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 : 167-176.
MUSSOT-GOULARD R. (1988) *La France carolingienne : (843-987)*, Paris : Presses universitaires de France, 127 p.
NACFER M.-N. (1990) A propos de la découverte d'os hyoïdes d'enfants en bas-âge dans des sépultures médiévales en Gironde. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2 : 105-108.
NAGAOKA T. ET HIRATA K. (2007) Reconstruction of Paleodemographic Characteristics From Skeletal Age at Death Distributions: Perspectives From Hitotsubashi, Japan. *American Journal of Physical Anthropology*, 134 : 301-311.
NAGAOKA T., HIRATA K., YOKOTA E. ET MATSU'URA S. (2006) Paleodemography of a Medieval Population in Japan: Analysis of Human Skeletal Remains from the Yuigahama-minami Site. *American Journal of Physical Anthropology*, 131 : 1-14.
NAIRY K. S. ET RAO K. A. (2003) Tests of Coefficients of Variation of Normal Population. *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, 32 : 641-661.
NAVIA J. M. (1994) Carbohydrates and dental health *American Journal of Clinical Nutrition*, 59 : 719S-727S.
NEEDHAM J. (1932) Heterogony and the Chemical Ground-Plan of Animal Growth. *Nature*, 130 : 845-846.
NETER J., WASSERMAN W. ET KUTNER M. H. (1990) *Applied Linear Statistical Models : Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs*, IL : Irwin, 1181 p.
NEU C. M., MANZ F., RAUCH F., MERKEL A. ET SCHOENAU E. (2001) Bone Densities and Bone Size at the Distal Radius in Healthy Children and Adolescents: A Study Using Peripheral Quantitative Computed Tomography. *Bone*, 28 : 227-232.
NICE A. (1994) La nécropole mérovingienne de Goudelancourt-les-Pierrepont (Aisne). Présentation générale. *Revue Archéologique de Picardie*, 1-2 : 3-7.
NICOLETTI I. (1970) Méthode d'évaluation de la croissance au moyen des percentiles de la taille et des droites de régression du poids par rapport à la taille. *Acta Medica Auxologica*, 2 : 3-31.
NYSTRÖM M., PECK L., KLEEMOLA-KUJALA E., EVÄLAHTI M. ET KATAJA M. (2000) Age estimation in small children : reference values based on counts of deciduous teeth in Finns. *Forensic Science International*, 110 : 179-188.
OBERTOVA Z. (2005) Environmental stress in the Early Mediaeval Slavic population at Borovce (Slovakia). *Homo*, 55 : 283-291.
OBERTOVA Z. (2008) *The Early Medieval Alamannic Population at Horb Altheim (450-510 A.D.)*, Rahden : Verlag Marie Leidorf, 282 p.

OBERTOVA Z. ET THURZO M. (2008) Relationship between Cribra Orbitalia and Enamel Hypoplasia in the Early Medieval Slavic Population at Borovce, Slovakia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18 : 280-292.

OGDEN A. R., PINHASI R. ET WHITE W. J. (2007) Gross Enamel Hypoplasia in Molars From Subadults in a 16th-18th Century London Graveyard. *American Journal of Physical Anthropology*, 133 : 957-966.

OKAZAKI K. (2004) A morphological study on the growth patterns of ancient people in the northern Kyushu-Yamaguchi region, Japan. *Anthropological Science*, 112 : 219-234.

OLIVIER G. (1960) *Pratique Anthropologique*, Paris : Vigot Frères, 299 p.

OLIVIER G. ET PINEAU H. (1958) Détermination de l'âge du foetus et de l'embryon *Archives d'Anatomie, La semaine des Hôpitaux*, 6 : 21-28.

OLIVIER G. ET PINEAU H. (1960) Considérations sur la biométrie de la croissance. (Ses lois et ses rapports avec l'Evolution de l'Homme). *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie*, 50 : 349-368.

OPRAVIL E. (2000) Zur Umwelt des Burgwalls von Mikulcice und zur plfanzlichen Ernährung seiner Bewohner (mit einem Exkurs zum Burgwall Pohansko bei Breclav), in : L. Polacek (Ed.), *Studien zum Burgwall von Mikulcice IV* Brno : Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, p. 75-81.

ORME N. (2003) *Medieval Children*, New Haven & London : Yale University Press, 400 p.

ORTNER D. J. (1991) Theoretical and methodological issues in paleopathology, in : D. J. Ortner et A. C. Aufderheide (Eds.), *Human Paleopathology : Current Syntheses and Future Options*, Washington, DC : Smithsonian Institution Press, p. 5-11.

ORTNER D. J. (2003) *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*, New York : Academic Press, 645 p.

ORTNER D. J., BUTLER W., CAFARELLA J. ET MILLIGAN L. (2001) Evidence of Probable Scurvy in Subadults From Archaeological Sites in North America. *American Journal of Physical Anthropology*, 114 : 343-351.

ORTNER D. J. ET MAYS S. (1998) Dry-bone Manifestations of Rickets in Infancy and Early Childhood. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 : 45-55.

OUSLEY S. D., BILLECK W. T. ET HOLLINGER R. E. (2005) Federal Rapatriation Legislation and the Role of Physical Anthropology in Rapatriation. *Yearbook of Physical Anthropology*, 48 : 2-32.

OYAMADA J., IGAWA K., KITAGAWA Y., MANABE Y., KATO K., MATSUSHITA T. ET ROKUTANDA A. (2008) Pathology of deciduous teeth in the samurai and commoner children of early modern Japan. *Anthropological Science*, 116 : 9-15.

ÖZER T., DEVECIOGLU KAMA J. ET YIGIT ÖZER S. (2006) A practical method for determining pubertal growth spurt. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130 : 131-136.

PAINE R. R. (2000) If a Population Crashes in Prehistory, and There Is No Paleodemographer There to Hear It, Does It Make a Sound? *American Journal of Physical Anthropology*, 112 : 181-190.

PAINE R. R. ET HARPENDING H. C. (1996) Assessing the Reliability of Paleodemographic Fertility Estimators Using Simulated Skeletal Distributions. *American Journal of Physical Anthropology*, 101 : 151-159.

PAINE R. R. ET HARPENDING H. C. (1998) Effect of Sample Bias on Paleodemographic Fertility Estimates. *American Journal of Physical Anthropology*, 105 : 231-240.

PALLONI A. (1979) A new technique to estimate infant mortality with an application for El Salvador and Colombia. *Demography*, 16 : 455-473.

PALLONI A., MILESI C., WHITE R. G. ET TURNER A. (2009) Early childhood health, reproduction of economic inequalities and the persistence of health and mortality differentials. *Social Science & Medicine*, 68 : 1574-1582.

PALUBECKAITÉ Z., JANKAUSKAS R. ET BOLDSEN J. L. (2002) Enamel Hypoplasia in Danish and Lithuanian Late Medieval / Early Modern Samples : A Possible Reflection of Child Morbidity and Mortality Patterns. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12 : 189-201.

PANTER-BRICK C., TODD A. ET BAKER R. (1996) Growth status of homeless Nepali boys: Do they differ from rural and urban controls? *Social Science & Medicine*, 43 : 441-451.

PARCEL T. L. ET MENAGHAN *E.G.* (1994) Early Parental Work, Family Social Capital, and Early Childhood Outcomes. *The American Journal of Sociology*, 99 : 972-1009.

PARFITT A. M. (2002) Misconceptions (1) : Epiphyseal Fusion Causes Cessation of Growth. *Bone*, 30 : 337-339.

PEARSON K. L. (1997) Nutrition and the Early-Medieval Diet. *Speculum*, 72 : 1-32.

PENNINGTON R. L. (1996) Causes of Early Human Population Growth. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 259-274.

PÉRIN P. (1987) Des nécropoles romaines tardives aux nécropoles du haut Moyen Âge. Remarques sur la topographie funéraire en Gaule mérovingienne et à sa périphérie. *Cahiers archéologiques*, 35 : 9-30.

PÉRIN P. ET FEFFER L.-C. (1997) *Les Francs*, Paris : Armand Colin, 463 p.

PERRY M. A. (2005) Redefining Childhood through Bioarchaeology: Toward an Archaeological and Biological Understanding of Children in Antiquity. *Archaeological Papers of the American Anthropological Association*, 15 : 89-111.

PERRY M. A. (2007) Is bioarchaeology a handmaiden to history? Developing a historical bioarchaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 26 : 486-515.

PETERSEN H. C. (2005) On the Accuracy of Estimating Living Stature from Skeletal Length in the Grave and by Linear Regression. *International Journal of Osteoarchaeology*, 15 : 106-114.

PFISTER C., LUTERBACHER J., SCHWARZ-ZANETTI G. ET WEGMANN M. (1998) Winter air temperature variations in western Europe during the Early and High Middle Ages (AD 750-1300). *The Holocene*, 8 : 535-552.

PIETRUSEWSKY M. (2000) Metric Analysis of Skeletal Remains: Methods and Applications, in : M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, New-York : Wiley-Liss, p. 375-415.

PINEAU J. C. (1997) Modélisation de la courbe de croissance staturale chez le garçon âgé de 3 mois à 11 ans. *Biométrie Humaine et Anthropologie*, 15 : 169-175.

PINEAU J. C., GUIHARD-COSTA A.-M., DROULLÉ P. (2003) Only two-step, gender dependent models are appropriate to describe fetal head growth. *Fetal Diagnosis and Therapy*, 18 : 207-216.

PINHASI R., SHAW P., WHITE B. ET OGDEN A. R. (2006) Morbidity, rickets and long-bone growth in post-medieval Britain - a cross population analysis. *Annals of Human Biology*, 33 : 372-389.

PINHASI R., TESCHLER-NICOLA M., KNAUS A. ET SHAW P. (2005) Cross-Population Analysis of the Growth of Long Bones and the Os Coxae of Three Early Medieval Austrian Populations. *American Journal of Human Biology*, 17 : 470-488.

PIONTEK J., JERSZYNSKA B. ET NOWAK O. (2001a) Harris lines in subadult and adult skeletons from the mediaeval cemetery in Cedynia, Poland. *Variability and Evolution*, 9 : 33-43.

PIONTEK J., JERSZYNSKA B. ET SEGEDA S. (2001b) Long Bones Growth Variation among Prehistoric Agricultural and Pastoral Populations From Ukraine (Bronze Era to Iron Age). *Variability and Evolution*, 9 : 61-73.

PISKORSKI J. M. (2004) The Medieval Colonization of Central Europe as a Problem of World History and Historiography. *German History*, 22 : 323-343.

POINDRON P., COGNIE Y., GAYERIE F., ORGEUR P., OLDHAM C. M. ET RAVAULT J.-P. (1980) Changes in gonadotrophins and prolactin levels in isolated (seasonally or lactationally) anovular ewes associated with ovulation caused by the introduction of rams *Physiology & Behavior*, 25 : 227-236.

POLÁČEK L. (2000) *Tereni vyzkum v Mikulcicich (Mikulcice - pruvodce, svazek 1)*, Brno : AU AV CR.

POLÁČEK L. (2008) Great Moravia, the Power Centre at Mikulcice and the Issue of the Socio-economic Stucture, in : P. Veleminski et L. Polacek (Eds.), *Studien zum Burgwall von Mikulcice VIII*, Brno : Archäologisches Institut, p. 11-44.

POLÁČEK L. ET MAREK O. (2005) Grundlager der Topogrphie des Burgwalls von Mikulcice. Die Grabungsflächen 1954-1992, in, *Studien zum Burgwall von Mikulcice, Band VII*, Brno : Spisy AU AV CR.

POLÁČEK L., MAZUCH M. ET BAXA P. (2006) Mikulcice-Kopcany. Stav a perspektivy vyzkumu. *Archeologické rozhledy*, 58 : 623-642.

POLLARD J. H. (1973) *Mathematical Models for the Growth of Human Populations*, Cambridge : Cambridge University Press, 186 p.
PORTAL R. (1965) *Les Slaves, peuples et nations*, Paris : Armand Colin, 518 p.
PORTAT E. (2006) Michel Lauwers, Naissance du cimetière. Lieux sacrés et terre des morts dans l'Occident médiéval. *Médiévales*, 50 : http ://medievales.revues.org/document1415.html.
POSTMAN N. (1994) *The Disappearance of Childhood*, New York : Vintage Books, 177 p.
POULSEN L. W., QVESEL D., BRIXEN K., VESTERBY A. ET BOLDSEN J. L. (2001) Low Bone Mineral Density in the Femoral Neck of Medieval Women: A Result of Multiparity? *Bone*, 28 : 454-458.
PRESCOTT C. A. ET KENDLER K. S. (1999) Genetic and Environmental Contributions to Alcohol Abuse and Dependence in a Population-Based Sample of Male Twins. *American Journal of Psychiatry*, 156 : 34-40.
PRESSAT R. (1985) *Manuel d'analyse de la mortalité*, Paris : I.N.E.D. / O.M.S., 164 p.
RAMIREZ ROZZI F. V. (2000) Hétérochronies : état des lieux. *Primatologie*, 3 : 479-511.
RAMIREZ ROZZI F. V. ET BERMUDEZ DE CASTRO J. M. (2004) Surprisingly rapid growth in Neanderthals. *Nature*, 428 : 936-939.
RASHEVSKY N. (1954) Topology and life: In search of general mathematical principles in biology and sociology. *Bulletin of Mathematical Biology*, 16 : 317-348.
RAXTER M. H., AUERBACH B. M. ET RUFF C. (2006) Revision of the Fully Technique for Estimating Statures. *American Journal of Physical Anthropology*, 130 : 374-384.
RAXTER M. H., RUFF C. ET AUERBACH B. M. (2007) Technical Note: Revised Fully Stature Estimation Technique. *American Journal of Physical Anthropology*, 133 : 817-818.
REBATO E., GONZALEZ APRAIZ A. ET ROSIQUE J. (1993) Application du modèle I de Preece-Baines (PB1) à l'étude de la croissance staturale chez deux populations biscaïennes. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5 : 93-102.
REED G. F., LYNN F. ET MEADE B. D. (2002) Use of Coefficient of Variation in Assessing Variability of Quantitative Assays. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 9 : 1235-1239.
REEVES J. ET ADAMS M. (1993) *The Spitalfields Project. Volume 1 – The Archaeology. Across the Styx*, York : Council for British Archaeology (CBA Research Report, 85), 172 p.
REICH E., LUSSI A. ET NEWBRUN E. (1999) Caries-risk assessment. *International Dental Journal*, 49 : 15-26.
REID D. J. ET DEAN M. C. (2000) Brief Communication: The Timing of Linear Hypoplasias on Human Anterior Teeth. *American Journal of Physical Anthropology*, 113 : 135-139.
REUTER T. (1985) Plunder and Tribute in the Carolingian Empire. *Transactions of the Royal Historical Society*, 35 : 75-94.
REYNOLDS A. (2005) Review article: On farmers, traders and kings : archaeological reflections of social complexity in early medieval north-western Europe. *Early Medieval Europe*, 13 : 97-118.
RIBOT I. ET ROBERTS C. (1996) A Study of Non-specific Stress Indicators and Skeletal Growth in Two Mediaeval Subadult Populations. *Journal of Archaeological Science*, 23 : 67-79.
RICHÉ P. (1994) *L'Empire carolingien : VIIIème- IXème siècles*, Paris : Hachette, 365 p.
RICHÉ P. ET ALEXANDRE-BIDON D. (1994) *L'Enfance au Moyen Âge*, Paris : Le Seuil, 219 p.
RIPPON S. (2000) Landscapes in transition: The later Roman and early medieval periods, in : D. Hook (Ed.), *Landscape : The richest historical record*, Exeter : The Society for Landscape Studies, p. 47-61.
RISSECH C., GARCIA M. ET MALGOSA A. (2003) Sex and age diagnosis by ischium morphometric analysis. *Forensic Science International*, 135 : 188-196.
RISSECH C. ET MALGOSA A. (2007) Pubis growth study: Applicability in sexual and age diagnostic. *Forensic Science International*, 173 : 137-145.
RISSECH C., SCHAEFER M. ET MALGOSA A. (2008) Development of the femur — Implications for age and sex determination. *Forensic Science International*, 180 : 1-9.
RITZ-TIMME S., CATTANEO C., COLLINS M. J., WAITE E. R., SCHÜTZ H. W., KAATSCH H.-J. ET BORRMAN H. I. M. (2000) Ages estimation: The state of the art in relation to the specific demands of forensic practise. *International Journal of Legal Medecine*, 113 : 129-136.

RITZMAN T. B., BAKER B. J. ET SCHWARTZ G. T. (2008) A Fine Line: A Comparison of Methods for Estimating Ages of Linear Enamel Hypoplasia Formation. *American Journal of Physical Anthropology*, 135 : 348-361.

RIVA M., CURTIS S., GAUVIN L. ET FAGG J. (2009) Unravelling the extent of inequalities in health accross urban and rural areas: Evidence from a national sample in England. *Social Science & Medicine*, 68 : 654-663.

RIVARD S. ET TALBOT J. (2001) *Le développement de systèmes d'information : une méthode intégrée à la transformation des processus*, Québec : Presses de l'Université du Québec, 718 p.

ROBB J., BIGAZZI R., LAZZARINI L., SCARSINI C. ET SONEGO F. (2001) Social "Status" and Biological "Status": A Comparison of Grave Goods and Skeletal Indicators From Pontecagnano. *American Journal of Physical Anthropology*, 115 : 213-222.

ROSAS A. ET BASTIR M. (2004) Geometric Morphometric Analysis of Allometric Variation in the Mandibular Morphology of the Hominids of Atapuerca, Sima de los Huesos Site. *The Anatomical Record, Part A*, 278A : 551-560.

RÖSCH M. (2008) New aspects of agriculture and diet of the early medieval period in central Europe: Waterlogged plant material from sites in south-western Germany. *Vegetation History and Archaeobotany*, 17 : S225-S238.

ROSETT M. C. ET BUCKBERRY J. L. (2009) How sexually dimorphic is the human sacrum? Assessment of sex from the sacrum in a modern Portuguese population. *American Journal of Physical Anthropology*, 138, supplément 48 : 225.

RÖSING F. (1983) Sexing Immature Human Skeletons. *Journal of Human Evolution*, 12 : 149-155.

RÖSING F., GRAW M., MARRÉ B., *ET AL.* (2007) Recommendations for the forensic diagnosis of sex and age from skeletons. *Homo*, 58 : 75-89.

ROSS A. H., ABEL S. M. ET RADISCH D. (2009) Pattern of injury in child fatalities resulting from child abuse. *Forensic Science International,* 188 : 99-102.

ROUCHE M. (2000) *Mariage et sexualité au Moyen Age : accord ou crise : Colloque international de Conques*, Paris : Presses Paris Sorbonne, 365 p.

ROUCHE M. ET HEUCLIN J. (2003) *Le choc des cultures : Romanité, Germanité, Chrétienté, durant le haut Moyen Âge*, Villeneuve d'Ascq : Septentrion Presses Universitaires, 314 p.

RUFF C. (1984) Allometry Between Length and Cross-Sectional Dimensions of the Femur and Tibia in *Homo sapiens sapiens. American Journal of Physical Anthropology*, 65 : 347-358.

RUFF C. (2007) Body Size Prediction From Juvenile Skeletal Remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 133 : 698-716.

SAHIN SAGLAM A. M. ET GAZILERLI U. (2002) The Relationship Between Dental and Skeletal Maturity. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 6 : 454-462.

SALIN E. (1951) Inhumation habillée et mobilier funéraire à l'époque mérovingienne. *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 95 : 123-128.

SALIN E. (1952) *La civilisation mérovingienne. Vol. 2 : les sépultures*, Paris : Picard, 417 p.

SALIN E. (1954) Fouilles de sépultures gallo-romaines et mérovingiennes dans la basilique de Saint-Denis. *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, 98 : 391-400.

SALVADEI L., RICCI F. ET MANZI G. (2001) Porotic Hyperostosis as a Marker of Health and Nutritional Conditions During Childhood: Studies at the Transition Between Imperial Rome and the Early Middle Ages. *American Journal of Human Biology*, 13 : 709-717.

SANSILBANO-COLLILIEUX M. (1993) Note sur la discordance entre âge dentaire, âge osseux et âge statural : l'exemple des sujets immatures de la nécropole médiévale de Saint-Martin de Cognac. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5 : 103-108.

SANSILBANO-COLLILIEUX M. (1996) Méthode d'évaluation des asymétries des membres : application à une population archéologique (Saint-Martin-de-Cognac, VIIe-XVe siècles). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 8 : 451-463.

SATTENSPIEL L. ET HARPENDING H. C. (1983) Stable Populations and Skeletal Age. *American Antiquity*, 48 : 489-498.

SAUNDERS S. R. (1992) Subadult Skeletons and Growth Related Studies, in : S. R. Saunders et M. A. Katzenberg (Eds.), *Skeletal Biology of Past Peoples : Research Methods*, New York : Wiley-Liss, p. 1-20.

SAUNDERS S. R. (2000) Subadult skeletons and growth-related studies, in : M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (Eds.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, New York : Wiley-Liss, p. 1-20.

SAUNDERS S. R. ET BARRANS L. (1999) What can be done about the infant category in skeletal samples?, in : R. D. Hoppa et C. M. Fitzgerald (Eds.), *Human Growth in the Past*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 183-209.

SAUNDERS S. R., CHAN A. H. W., KAHLON B., KLUGE H. F. ET FITZGERALD C. M. (2007) Sexual Dimorphism of the Dental Tissues in Human Permanent Mandibular Canines and Third Premolars. *American Journal of Physical Anthropology*, 133 : 735-740.

SAUNDERS S. R., DE VITO C., HERRING A., SOUTHERN R. ET HOPPA R. D. (1993a) Accuracy Tests of Tooth Formation Age Estimations for Human Skeletal Remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 92 : 173-188.

SAUNDERS S. R., DE VITO C. ET KATZENBERG M. A. (1997) Dental Caries in Nineteenth Century Upper Canada. *American Journal of Physical Anthropology*, 104 : 71-87.

SAUNDERS S. R., HERRING A. ET BOYCE G. (1995) Can Skeletal Samples Accurately Represent the Living Populations They Come From? The St. Thomas' Cemetery Site, Belleville, Ontario, in : A. L. Grauer (Ed.), *Bodies of Evidence. Reconstructing History through Skeletal Analysis* New York : Wiley-Liss, p. 69-89.

SAUNDERS S. R. ET HOPPA R. D. (1993) Growth Deficit in Survivors and Non-Survivors: Biological Mortality Bias in Subadult Skeletal Samples. *Yearbook of Physical Anthropology*, 36 : 127-151.

SAUNDERS S. R., HOPPA R. D., MACCHIARELLI R. ET BONDIOLI L. (2000) Investigating variability in human dental development in the past. *Anthropologie*, 38 : 101-107.

SAUNDERS S. R., HOPPA R. D. ET SOUTHERN R. (1993b) Diaphyseal Growth in a Nineteenth Century Skeletal Sample of Subadults from St Thomas' Church, Belleville, Ontario. *International Journal of Osteoarchaeology*, 3 : 265-281.

SAUNDERS S. R. ET KATZENBERG M. A. (1992) *Skeletal Biology of Past Peoples: Research Methods*, New York : Wiley-Liss, 272 p.

SAUNDERS S. R. ET KEENLEYSIDE A. (1999) Enamel Hypoplasia in a Canadian Historic Sample. *American Journal of Human Biology*, 11 : 513-524.

SCAMMON R. ET CALKINS L. (1929) *Development and growth of external measurements of the human body in the foetal period*, Minneapolis : University of Minnesota Press.

SCHELL L. M. ET MAGNUS P. D. (2007) Is There an Elephant in the Room? Addressing Rival Approaches to the Interpretation of Growth Perturbations and Small Size. *American Journal of Human Biology*, 19 : 606-614.

SCHERWOOD R. J., MEINDL R. S., ROBINSON H. B. ET MAY R. L. (2000) Fetal Age: Methods of Estimation and Effects of Pathology. *American Journal of Physical Anthropology*, 113 : 305-315.

SCHEUER J. L. ET MACLAUGHLIN-BLACK S. M. (1994) Age Estimation from the Pars Basilaris of the Fetal and Juvenile Occipital Bone. *International Journal of Osteoarchaeology*, 4 : 377-380.

SCHEUER J. L., MUSGRAVE J. H. ET EVANS S. P. (1980) The estimation of late fetal and perinatal age from limb bone length by linear and logarithmic regression. *Annals of Human Biology*, 7 : 257-265.

SCHEUER L. (2002a) Application of Osteology to Forensic Medicine. *Clinical Anatomy*, 15 : 297-312.

SCHEUER L. (2002b) Brief Communication : A Blind Test of Mandibular Morphology for Sexing Mandibles in the First Few Years of Life. *American Journal of Physical Anthropology*, 119 : 189-191.

SCHEUER L. ET BLACK S. (2000a) Development and ageing of the juvenile skeleton, in : M. Cox et S. Mays (Eds.), *Human osteology in archaeology and forensic medicine*, London : Greenwich Medical Media, p. 9-21.

SCHEUER L. ET BLACK S. (2000b) *Developmental Juvenile Osteology*, London : Elsevier Academic Press, 592 p.

SCHEUER L., BLACK S. ET LIVERSIDGE H. M. (2004) *The Juvenile Skeleton*, London : Academic Press, 485 p.

SCHMELING A., BAUMANN U., SCHMIDT S. ET WERNECKE K.-D. (2006) Reference data for the Thiemann-Nitz method of assessing skeletal age for the purpose of forensic age estimation. *International Journal of Legal Medicine*, 120 : 1-4.

SCHMITT A. (2001) Variabilité de la sénéscence du squelette humain. Réflexions sur les indicateurs de l'âge au décès : à la recherche d'un outil performant, Thèse de Doctorat, Bordeaux : Bordeaux 1, 346 p.

SCHMITT A., CUNHA E. ET PINHEIRO J. (2006) *Forensic Anthropology and Medicine. Complementary Sciences From Recovery to Causes of Death*, Totowa : Humana Press, 464 p.

SCHOUR I. ET MASSLER M. (1941) The development of the human dentition. *Journal of the American Dental Association*, 27 : 1153-1160.

SCHULTZ M. (2001) Paleohistopathology of Bone: A New Approach to the Study of the Ancient Diseases. *Yearbook of Physical Anthropology*, 44 : 106-147.

SCHURR M., R. (1998) Using Stable Nitrogen-Isotopes to Study Weaning Behavior in past Populations. *World Archaeology*, 30 : 327-342.

SCHUTKOWSKI H. (1993) Sex Determination of Infant and Juvenile Skeletons: I. Morphognostic Features. *American Journal of Physical Anthropology*, 90 : 199-205.

SCIULLI P. W. ET BLATT S. H. (2008) Evaluation of Juvenile Stature and Body Mass Prediction. *American Journal of Physical Anthropology*, 136 : 387-393.

SÉBILLOT P.-Y. (2002) *Folklore et curiosités du vieux Paris*, Paris : Maisonneuve & Larose, 607 p.

SÉGUY I., BUCHET L., BELAIGUES-ROSSARD M., COUVERT N. ET PERRAUT C. (2006) Des tables types de mortalité pour les populations pré-industrielles. Présentation, discussion et applications, in : L. Buchet, C. Dauphin et I. Séguy (Eds.), *La paléodémographie. Mémoire d'os, mémoire d'hommes*, Antibes : APDCA, p. 303-321.

SÉGUY I., BUCHET L., BRINGÉ A., BELAIGUES-ROSSARD M., BEURNIER P., COUVERT N. ET PERRAUT C. (2008) Model Life Tables for Pre-Industrial Populations: First Application in Palaeodemography, in : J.-P. Bocquet-Appel (Ed.), *Recent Advances in Palaeodemography : Data, Techniques, Patterns*, Berlin : Springer Verlag, p. 83-118.

SEJRSEN B., KJAER I. ET JAKOBSEN J. (1996) Human Palatal Growth Evaluated on Medieval Crania Using Nerve Canal Openings as References. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 603-611.

SELIGMAN D. A., PULLINGER A. G. ET SOLBERG W. K. (1988) The Prevalence of Dental Attrition, and its Association With Factors of Age, Gender, Occlusion, and TMJ Symptomatology. *Journal of Dental Research*, 67 : 1323-1333.

SELLIER P. (1994) La mise en évidence d'anomalies démographiques et leur interprétation : population, recrutement et pratiques funéraires du tumulus de Courtesoult, in : J.-F. Piningre (Ed.), *Nécropole et société au premier âge du fer : le tumulus de Courtesoult*, Paris : Editions de la maison des sciences de l'Homme, p. 188-202.

SELLIER P. (1995) Paléodémographie et archéologie funéraire : les cimetières de Mehrgarh, Pakistan. *Paléorient*, 21 : 123-143.

SELLIER P., TILLIER A.-M. ET BRUZEK J. (1997a) The estimation of the age at death of perinatal and postnatal skeletons: Morphological reassessment and reliability. *American Journal of Physical Anthropology*, 102, supplément 24 : 208.

SELLIER P., TILLIER A.-M. ET BRUZEK J. (1997b) A la recherche d'une référence pour l'estimation de l'âge des fœtus, nouveau-nés et nourrissons des populations archéologiques européennes. *Anthropologie et Préhistoire*, 108 : 75-87.

SELYE H. (1976) *Stress in Health and Disease*, London : Butterworth-Heinemann, 1986 p.

SEMA A. P., NERGIS C., RUKIYE D. ET MURAT Y. (2009) Age determination from central incisors of fetuses and infants. *Forensic Science International*, 184 : 15-20.

SEMPÉ M., PÉDRON G. ET ROY-PERNOT M.-P. (1979) *Auxologie méthode et séquences*, Paris : Laboratoire Théraplix, 220 p.

SEMPÉ P. ET SEMPÉ M. (1971) *Croissance et maturation osseuse. Analyse auxologique et radiologique*, Paris : Laboratoire Théraplix, 106 p.

SHAHAR S. (1990) *Childhood in the Middle Ages*, London : Taylor & Francis, 342 p.

SHERWOOD R. D., MEINDL R. S., ROBINSON H. B. ET MAY R. L. (2000) Fetal Age: Methods of Estimation and Effects of Pathology. *American Journal of Physical Anthropology*, 113 : 305-315.

SIDLAUSKAS A., ZILINSKAITE L. ET SVALKAUSKIENE V. (2005) Mandibular Pubertal Growth Spurt Prediction. Part One: Method Based on the Hand-Wrist Radiographs. *Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial Journal*, 7 : 16-20.

SIERRA A. M. (1987) Assessment of Dental and Skeletal Maturity. A New Approach. *The Angle Orthodontist*, 57 : 194-208.

SIMON C. (1990) Quelques réflexions sur la paléodémographie. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2 : 123-132.

SKINNER M. ET GOODMAN A. H. (1992) Anthropological Uses of Developmental Defects of Enamel, in : S. R. Saunders et M. A. Katzenberg (Eds.), *Skeletal biology of past people : Research methods* New-York : Wiley-Liss, p. 153-174.

SLICE D. E. (2005) *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*, Chicago : Springer, 383 p.

SMITH P. ET AVISHAI G. (2005) The use of dental criteria for estimating postnatal survival in skeletal remains of infants. *Journal of Archaeological Science*, 32 : 83-89.

SMITH R. J. (1994) Regression models for prediction equations. *Journal of Human Evolution*, 26 : 239-244.

SMITH S. L. ET BUSCHANG P. H. (2004) Variation in Longitudinal Diaphyseal Long Bone Growth in Children Three to Ten Years of Age. *American Journal of Human Biology*, 16 : 648-657.

SMITH S. L. ET BUSCHANG P. H. (2005) Longitudinal Models of Long Bone Growth During Adolescence. *American Journal of Human Biology*, 17 : 731-745.

SMITH T. M., REID D. J. ET SIRIANNI J. E. (2006) The accuracy of histological assessments of dental development and age at death. *Journal of Anatomy*, 208 : 125-138.

SOFAER DEREVENSKI J. (2000) *Children and Material Culture*, Oxon : Routledge, 256 p.

SPRENT P. (1972) The mathematics of size and shape. *Biometrics*, 28 : 23-37.

STEARNS P. N. (2005a) *Childhood in world history*, New York : Routledge, 160 p.

STEARNS P. N. (2005b) *Growing Up : The History of Childhood in a Global Context*, Wako : Baylor University Press, 65 p.

STEBICH M., BRÜCHMANN C., KULBE T. ET NEGENDANK J. F. W. (2005) Vegetation history, human impact and climate change during the last 700 years recorded in annually laminated sediments of Lac Pavin, France. *Review of Paleobotany and Palynology*, 133 : 115-133.

STEYN M. ET HENNEBERG M. (1996) Skeletal Growth of Children From the Iron Age Site at K2 (South Africa). *American Journal of Physical Anthropology*, 100 : 389-396.

STINSON S. (1985) Sex Differences in Environmental Sensitivity During Growth and Development. *Yearbook of Physical Anthropology*, 28 : 123-147.

STLOUKAL M. ET HANAKOVA H. (1978) Die Länge der Längsknochen altslavischer Bevölkerungen — Unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen. *Homo*, 29 : 53-69.

STODDER A. L. W. (1997) Subadult Stress, Morbidity, and Longevity in Latte Period Populations on Guam, Mariana Islands. *American Journal of Physical Anthropology*, 104 : 363-380.

STOJANOWSKI C. M., SEIDEMANN R. M. ET DORAN G. H. (2002) Differential Skeletal Preservation at Windover Pond: Causes and Consequences. *American Journal of Physical Anthropology*, 119 : 15-26.

STONE A. C., MILNER G. R., PÄÄBO S. ET STONEKING M. (1996) Sex Determination of Ancient Human Skeletons Using DNA. *American Journal of Physical Anthropology*, 99 : 231-238.

STRAKHOVSKY L. I. (1949) *A handbook of Slavic studies*, Boston : Havard University Press, 753 p.

STRAND VIOARSDOTTIR U., O'HIGGINS P. ET STRINGER C. (2002) A geometric morphometric study of regional differences in the ontogeny of the modern human facial skeleton. *Journal of Anatomy*, 201 : 211-229.

STRENIO J. F., WEISBERG H. I. ET BRYK A. S. (1983) Empirical Bayes Estimation of Individual Growth Curve Parameters and their Relationship to Covariates. *Biometrics*, 39 : 71-86.

STUART-MACADAM P. (1985) Porotic Hyperostosis: Representative of a Childhood Condition. *American Journal of Physical Anthropology*, 66 : 391-398.
STUART-MACADAM P. (1989) Porotic Hyperostosis: Relationship Between Orbital and Vault Lesions. *American Journal of Physical Anthropology*, 80 : 187-193.
STUART-MACADAM P. (1992) Porotic Hyperostosis: A New Perspective. *American Journal of Physical Anthropology*, 87 : 39-47.
STUDENT (1908) The probable error of a mean. *Biometrika*, 6 : 1-25.
STUTZ F. (2000) L'inhumation habillée à l'époque mérovingienne au sud de la Loire. *Mémoire de la société archéologique du midi de la France*, 60 : 15-32.
SULLIVAN A. (2004) Reconstructing Relationship Among Mortality, Status, and Gender at the Medieval Gilbertine Priory of St. Andrew, Fishergate, York. *American Journal of Physical Anthropology*, 124 : 330-345.
SUPPES P. (1960) A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences. *Synthese*, 12 : 287-301.
SUSANNE C. (1985) Living Conditions and Secular Trend. *Journal of Human Evolution*, 14 : 357-370.
SUSANNE C. (1993) Croissance et nutrition. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 5 : 69-84.
SUSANNE C., BODZAR E. B., BIELICKI T., HAUSPIE R., HULANICKA B. ET LEPAGE Y. (2001) Changements séculaires de la croissance et du développement en Europe. *Anthropo*, 0 : 71-90.
SWEENEY E. A., CABRERA J., URRUTIA J. ET MATA L. (1969) Factors Associated with Linear Hypoplasia of Human Deciduous Incisors. *Journal of Dental Research*, 48 : 1275-1279.
SWEENEY E. A., SAFFIR A. J. ET DE LEON R. (1971) Linear hypoplasia of deciduous incisor teeth in malnourished children. *American Journal of Clinical Nutrition*, 24 : 29-31.
SWOKOWSKI E. W. (2000) *Analyse*, Bruxelles : De Boeck Université, 1188 p.
TANNER J. M. (1981) *A History of the Study of Human Growth*, Cambridge : Cambridge University Press, 512 p.
TANNER J. M. (1982) The Potential of Auxological Data for Monitoring Economic and Social Well-Being. *Social Science History*, 6 : 571-581.
TARDIEU C., GLARD Y., GARRON E. (2006) Relationship between Formation of the Femoral Bicondylar Angle and Trochlear Shape: Independence of Diaphyseal and Epiphyseal Growth. *American Journal of Physical Anthropology*, 130 : 491-500.
TAYLOR G. M., WATSON C. L., BOUWMAN A. S., LOCKWOOD D. N. J. ET MAYS S. (2006) Variable nucleotide tandem repeat (VNTR) typing of two palaeopathological cases of lepromatous leprosy from Mediaeval England. *Journal of Archaeological Science*, 33 : 1569-1579.
TEISSIER G. (1948) La relation d'allométrie : sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4 : 14-53.
TEMPLE D. H., AUERBACH B. M., NAKATSUKASA M., SCIULLI P. W. ET LARSEN C. S. (2008) Variation in Limb Proportions Betwwen Jomon Foragers and Yayoi Agriculturalists from Prehistoric Japan. *American Journal of Physical Anthropology*, 137 : 164-174.
TESTART A. (2004) Deux politiques funéraires. Dépôt ou distribution, in : L. Baray, (Ed.); 7-9 juin 2001; Glux-en-Glenne. Bibracte, p 303-316.
THOMPSON J. L., KROVITZ G. E. ET NELSON A. J. (2003) *Patterns of Growth and Development in the Genus Homo*, Cambridge : Cambridge University Press, 456 p.
THOMSON A. (1899) The sexual differences of the foetal pelvis. *Journal of Anatomy and Physiology*, 33 : 359-380.
TILLIER A.-M. (1988) A propos de séquences phylogéniques et ontogénique chez les néandertaliens, in : H. Laville (Ed.), *L'Homme de Néandertal : vol. 3, L'Anatomie*, actes du colloque international de Liège (4-7 décembre 1986), Liège : Université de Liège, p. 125-135.
TILLIER A.-M. (1999) *Les Enfants moustériens de Qafzeh. Interprétation phylogénétique et paléoauxologie*. Cahiers de Paléoanthropologie, Paris : CNRS, 239 p.
TILLIER A.-M. (2000) Children in the past. Palaeoauxology, demographic anomalies, taphonomy and mortuary practices. *Anthropologie*, 38 : 1-4.

TILLIER A.-M. (2005) La croissance des enfants dans les populations du passé. Questions méthodologiques et perspectives en paléoanthropologie, in : O. Dutour, J.-J. Hublin et B. Vandermeersch (Eds.), *Objets et méthodes en Paléoanthropologie*, Paris : Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, p. 247-269.

TILLIER A.-M. ET DUDAY H. (1990) Les enfants morts en période périnatale. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2 : 89-98.

TOCHERI M. W., DUPRAS T. L. ET MOLTO J. E. (2001) In or out the womb? The analysis and interpretation of fifteen fetal skeletons from Roman period Egypt. *American Journal of Physical Anthropology*, 114, supplément 32 : 150.

TOCHERI M. W. ET MOLTO J. E. (2002) Aging Fetal and Juvenile Skeletons From Roman Period Egypt Using Basiocciput Osteometrics. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12 : 356-363.

TRANOY L. (2004) La banlieue, chaos de vivants et de morts. *Archeologia*, 415 : 34-35.

TREFFORT C. (1996) *L'Eglise carolingienne et la mort. Christianisme, rites funéraires et pratiques commémoratives*, Lyon : Centre interuniversitaire d'histoire et d'archéologie médiévales. Presses universitaires de Lyon, 216 p.

TREFFORT C. (2002) Vertus prophylactiques et sens eschatologique d'un dépôt funéraire du haut Moyen Âge : les plaques boucles rectangulaires burgondes à inscription. *Archéologie médiévale*, 32 : 31-53.

TRESTIK D. (2001) *Vzmik Velké Moravy. Moravané, Cechové a Stredni Evropa v Letech 791-871*, Praha : Nakladatelstvi Lidové Noviny, 386 p.

TURCAN V. (2001) Old-Slavonic Sanctuaries in Czechia and Slovakia. *Studia Mythologica Slavica*, 4 : 97-116.

UBELAKER D. H. (1978) *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis and Interprétation*, Washington : DC : Smithsonian Institute Press, 172 p.

UCKO P. J. (1969) Ethnography and Archaeological Interpretation of Funerary Remains. *World Archaeology*, 1 : 262-280.

ULIJASZEK S. J., JOHNSTON F. E. ET PREECE M. A. (1998) *The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development*, Cambridge : Cambridge University Press, 502 p.

ULIJASZEK S. J. ET LOURIE J. A. (1997) Anthropometry in Health Assessment: The Importance of Measurement Error. *Collegium Anthropologicum*, 21 : 429-438.

USHER B. M. (2002) Reference samples: The first step in linking biology and age in the human skeleton, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 29-48.

UTERMOHLE C. J. ET ZEGURA S. L. (1982) Intra- and Interobserver Error in Craniometry: A Cautionary Tale. *American Journal of Physical Anthropology*, 57 : 303-310.

UYSAL T., RAMOGLU S. I., BASCIFTCI F. A. ET SARI Z. (2006) Chronologic age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: Is there a relationship? *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 130 : 622-628.

VAN DE POEL E., O'DONNELL O. ET VAN DOORSLAER E. (2007) Are urban children really healthier? Evidence from 47 developing countries. *Social Science & Medicine*, 65 : 1986-2003.

VAN GERVEN D. P. ET ARMELAGOS G. J. (1983) "Farewell to Paleodemography?" Rumors of Its Death Have Been Greatly Exaggerated. *Journal of Human Evolution*, 12 : 353-360.

VAN VARK G. N. ET HOWELLS W. W. (1984) *Multivariate Statistical Methods in Physical Anthropology. A Review of Recent Advances and Current Developments*, Dordrecht : D. Reidel Publishing Company, 433 p.

VAN VARK G. N. ET SCHAAFSMA W. (1992) Advances in the Quantitative Analysis of Skeletal Morphology, in : S. R. Saunders et M. A. Katzenberg (Eds.), *Skeletal Biology of Past Peoples : Research Methods*, New York : Wiley-Liss, p. 225-257.

VARGAS C. M., CRALL J. J. ET SCHNEIDER D. A. (1998) Sociodemographic Distribution of Pediatric Dental Caries: NHANES, 1988-1994. *The Journal of the American Dental Association*, 129 : 1229-1238.

VELEMÍNSKÝ P. (2000) Mikulčice-Kostelisko. Nekteré kostni projevy nespecifické zateze a moznosti stanoveni pokrevne pribuzenskych vztahu na zaklade morfologické podobnosti, Thèse de Doctorat, Praha : Universita Karlova, 174 p., inédit.

VELEMÍNSKÝ P., LIKOVSKY J., TREFNY P., DOBISIKOVA M., VELEMÍNSKA J., POLACEK L. ET HANAKOVA H. (2005) Grossmährisches Graberfeld auf "Kostelisko" im Suburbium des Mikulcicer Burgwalls. Demographie, Spuren nicht specifischer Belastung physiologischen und physischen Charakters auf Skeletten, Gesundheitszustand, in : *Studien zum Burgwall von Mikulcice, Band VI*, Brno : Spisy AU AV CR p. 539-633.

VELEMÍNSKÝ P. ET POLÁČEK L. (2008) *Studien zum Burgwall von Mikulcice, Band 8*, Brno : Archäologisches Institut der Akademie der Wissenschaften der Tschechischen Republik, 354 p.

VERDON J. (1999) *La femme au Moyen Âge*, Paris : Editions Jean-paul Gisserot, 125 p.

VESCHI S. ET FACCHINI F. (2002) Recherches sur la collection d'enfants et d'adolescents d'âge et de sexe connus de Bologne (Italie) : diagnose de l'âge sur la base du degré de maturation osseuse. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 14 : 263-294.

VILOTTE S. (2008) Enthésopathies et activités des hommes préhistoriques. Recherche méthodologique et application aux fossiles européens du Paléolithique supérieur et du Mésolithique, Thèse de Doctorat, Talence : Université Bordeaux 1, 380 p., inédit.

VISSER E. P. (1998) Little Waifs: Estimating Child Body Size from Historic Skeletal Material. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 : 413-423.

VLAK D., ROKSANDIC M. ET SCHILLACI M. A. (2008) Greater Sciatic Notch as a Sex Indicator in Juveniles. *American Journal of Physical Anthropology*, 137 : 309-315.

VLČEK E. (1969) *Neandertaler der Tschecoslowakei*, Wien : Verlag Böhlau, 276 p.

VLČEK E. (1970) Etude comparative onto-phylogénétique de l'enfant du Pech-de-l'Azé par rapport à d'autres enfants néandertaliens, in : D. Ferembach (Ed.), *L'enfant du Pech-de-l'Azé*, Paris : Archives de l'Institut de Paléontologie Humaine, p. 149-178.

VODANOVIC M., BRKIC H., SLAUS M. ET DEMO Z. (2005) The frequency and distribution of caries in the mediaeval population of Bijelo Brdo in Croatia (10th-11th century). *Archives of Oral Biology*, 50 : 669-680.

WALKER P. L. (1997) Skeletal evidence for child abuse: A physical anthropological perspective. *Journal of Forensic Sciences*, 42 : 196-207.

WALKER P. L., BATHURST R. R., RICHMAN R., GJERDRUM T. ET ANDRUSHKO V. A. (2009) The Causes of Porotic Hyperostosis and Cribra Orbitalia: A Reappraisal of the Iron-Deficiency-Anemia Hypothesis. *American Journal of Physical Anthropology*, 139 : 109-125.

WALKER P. L. ET HEWLETT B. S. (1990) Dental Health Diet and Social Status among Central African Foragers and Farmers. *American Anthropologist*, 92 : 383-398.

WALKER P. L., JOHNSON J. R. ET LAMBERT P. M. (1988) Age and Sex Biases in the Preservation of Human Skeletal Remains. *American Journal of Physical Anthropology*, 76 : 183-188.

WANDER K., SHELL-DUNCAN B. ET MCDADE T. W. (2009) Evaluation of Iron Deficiency As a Nutritional Adaptation to Infectious Disease: An Evolutionary Medicine Perspective. *American Journal of Human Biology*, 21 : 172-179.

WANG M. K., BUSCHANG P. H. ET BEHRENTS R. (2009) Mandibular Rotation and Remodeling Changes during Early Childhood. *Angle Orthodontist*, 79 : 271-275.

WAPLER U. (1998) *Cribra orbitalia* in Anthropology: Diagnostic criterions and implications in the study of ancient skeletal populations, Thèse de Doctorat, Bordeaux : Université Bordeaux 1, 320 p., inédit.

WAPLER U., CRUBÉZY E. ET SCHULTZ M. (2004) Is Cribra Orbitalia Synonymous With Anemia? Analysis and Interprétation of Cranial Pathology in Sudan. *American Journal of Physical Anthropology*, 123 : 333-339.

WARD R., SCHLENKER J. ET ANDERSON G. S. (2001) Simple Method for Developing Percentile Growth Curves for Height and Weight. *American Journal of Physical Anthropology*, 116 : 246-250.

WARD R. ET WEISS K. M. (1976) The Demographic Evolution of Human Populations. *Journal of Human Evolution*, 5 : 1-23.

WATT M. E., LUNT D. A. ET GILMOUR W. H. (1997) Caries prevalence int he deciduous dentition of a mediaeval population from the southwest of Scotland. *Archives of Oral Biology*, 42 : 811-820.

WEAVER D. S. (1980) Sex Differnces in the Ilia of a Known Sex and Age Sample of Fetal and Infant Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology*, 52 : 191-195.

WEISS K. M. (1976a) The Demographic Stability of Small Human Populations. *Journal of Human Evolution*, 5 : 59-73.

WEISS K. M. (1976b) Demographic Theory and Anthropological Inference. *Annual Revue of Anthropology*, 5 : 351-381.

WHITE T. (1992) *Prehistoric cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346*, Princeton : Princeton University Press, 462 p.

WHITEHEAD R. G. (1985) The Human Weaning Process *Pediatrics*, 75 : 189-193.

WILEY A. S. ET PIKE I. L. (1998) An Alternative Method for Assessing Early Mortality in Contemporary Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 107 : 315-330.

WILLIAMS J. T. (1992) Life Tables in Paleodemography: A Methodological Note. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2 : 131-138.

WILLIAMS N. ET GALLEY C. (1995) Urban-rural Differentials in Infant Mortality in Victorian England. *Population Studies*, 49 : 401-420.

WILSON L. A., MACLEOD N. ET HUMPHREY L. T. (2008) Morphometric Criteria for Sexing Juvenile Human Skeletons Using the Ilium. *Journal of Forensic Sciences*, 53 : 269-278.

WINER B. J. (1971) *Statistical principles in experimental design*, New York : McGraw-Hill, 907 p.

WOLANSKI N. (1973) Current trends in the research of human growth and development, in : A. Basu, A. K. Ghosh, S. K. Biswas*, et al.* (Eds.), *Physical Anthropology and its Extending Horizons*, Calcutta : Orient Longman Limited, p. 57-82.

WOOD J. W. (1998) A Theory of Preindustrial Population Dynamics. *Current Anthropology*, 39 : 99-135.

WOOD J. W., HOLMAN D. J., O'CONNOR K. A. ET FERRELL R. J. (2002) Mortality models for paleodemography, in : R. D. Hoppa et J. W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography. Age distributions from skeletal samples*, Cambridge : Cambridge University Press, p. 129-168.

WOOD J. W., MILNER G. R., HARPENDING H. C. ET WEISS K. M. (1992) The Osteological Paradox. Problems of Inferring Prehistoric Health from Skeletal Samples. *Current Anthropology*, 33 : 343-370.

WRIGHT L. E. (1997) Intertooth Patterns of Hypoplasia Expression: Implications for Childhood Health in the Classic Maya Collapse. *American Journal of Physical Anthropology*, 102 : 233-247.

WRIGHT L. E. ET YODER C. J. (2003) Recent Progress in Bioarchaeology: Approaches to the Osteological Paradox. *Journal of Archaeological Research*, 11 : 43-70.

Y'EDYNAK G. (1976) Long Bone Growth in Western Eskimo and Aleut Skeletons. *American Journal of Physical Anthropology*, 45 : 569-574.

YAMAUCHI M., USAMI S., IKEDA R., ECHIZEN N. ET YOSHIOKA N. (2000) Medico-legal studies on infanticide: Statistics and a case of repeated neonaticide. *Forensic Science International*, 113 : 205-208.

YANKAUER A. (1950) The Relationship of Fetal and Infant Mortality to Residential Segregation. An Inquiry Into Social Epidemiology. *American Sociological Review*, 15 : 644-648.

YANKAUER A. (1990) What Infant Mortality Tells Us. *American Journal of Public Health*, 80 : 653-654.

YOCCOZ N. G. (1991) Use, Overuse, and Misuse of Significance Tests in Evolutionary Biology and Ecology. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 72 : 106-111.

YOUNG B. K. (1977) Paganisme, christianisation et rites funéraires mérovingiens. *Archéologie médiévale*, 7 : 5-81.

ZADORA-RIO E. (2003) The making of churchyards and parish territories in the early medieval landscape of France and England in the VIIth-XIIth centuries: A reconsideration. *Medieval Archaeology*, 47 : 1-19.

ZADZINSKA E., KARASINSKA M., JEDRYCHOWSKA-DANSKA K., WATALA C. ET WITAS H. W. (2008) Sex diagnosis of subadult specimens from Medieval Polish archaeological sites: Metric analysis of deciduous dentition. *Homo*, 59 : 175-187.

ZAR J. H. (1996) *Biostatistical Analysis*, London : Prentice-Hall International, 662 p.

ZARINA G. (2006) The main trends in the palaeodemography of the 7th-8th century population of Latvia. *Anthropologie Anzug*, 64 : 189-202.

ZEMEL B. S. ET JOHNSTON F. E. (1994) Application of the Preece-Baines Growth Model to Cross-Sectional Data: Problems of Validity and Interpretation. *American Journal of Human Biology*, 6 : 563-570.

ZENS M. S. ET PEART D. R. (2003) Dealing with death data: Individual hazards, mortality and bias. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 : 366-373.

ZEYBEK G., ERGUR I. ET DEMIROGLU Z. (2008) Stature and gender estimation using foot measurements. *Forensic Science International*, 181 : 54.e51-54.e55.

ZOLITSCHKA B., BEHRE K.-E. ET SCHNEIDER J. (2003) Human and climatic impact on the environment as derived from colluvial, fluvial and lacustrine archives — examples from the Bronze Age to the Migration period, Germany. *Quaternary Science Reviews*, 22 : 81-100.

Références Internet :

http://whc.unesco.org
http://www.arstignaria.com/sekery.htm
http://www.r-project.org
http://www.ubytujmese.cz/img/velke/mikulcice.jpg
http://www.uhm-prednasky.fpf.slu.cz/
http://www.universalis.fr/
http://fr.wikipedia.org

ANNEXES

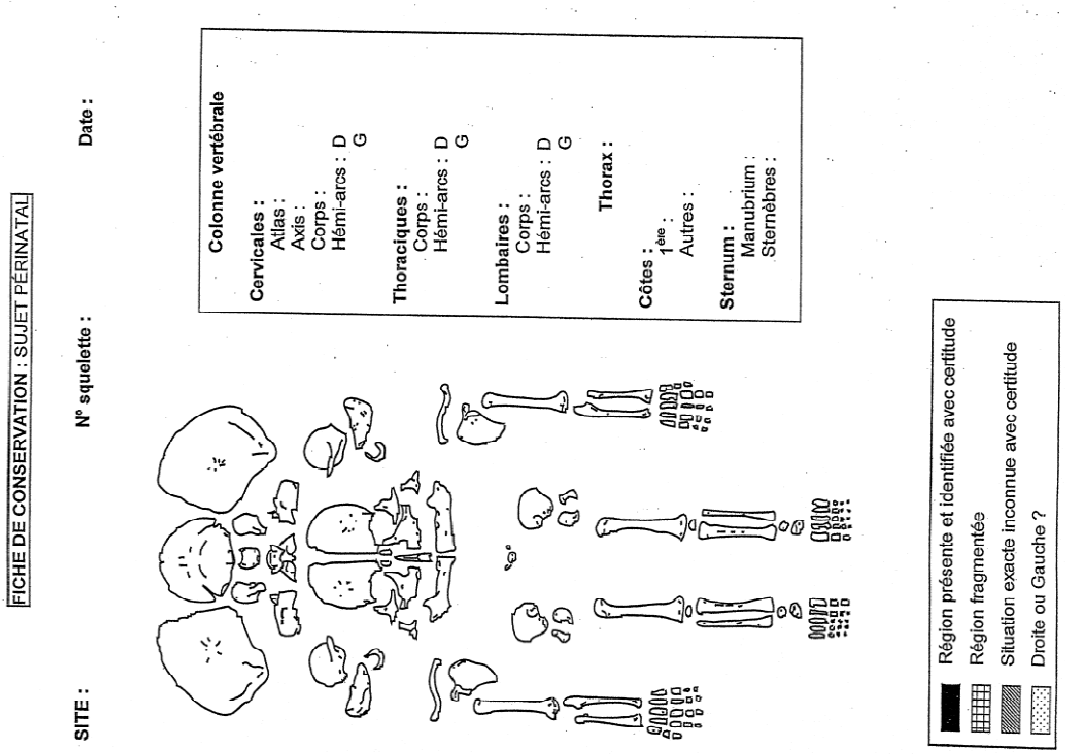
LISTE DES ANNEXES

A1. Exemple de fiche de conservation utilisée pour les tout-petits (modifiée d'après Tillier & Duday 1990).329
A2. Exemple de photographie utilisée pour doubler l'enregistrement des données : individu de la sépulture n°59 de Prušánky. *329*
A3. Liste et correspondance aux standards des mesures spécifiques aux individus immatures. *330*
A4. Liste des mesures correspondant aux squelettes adultes. *333*
A5. Fiches d'enregistrement des indicateurs de stress et autres pathologies. *335*
A6. Résultats des tests de normalité de Kolmogorov-Smirnov et de Shapiro-Wilk sur les variables métriques des 4 sites étudiés (S-W pour Shapiro-Wilk, K-S pour Kolmogorov-Smirnov). Les variables au seuil de la significativité sont grisées. *336*
A7. Stades de cotation de la minéralisation dentaire selon Moorrees et al. (1963a et b). *338*
A8. Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge). *338*
A9. Influence de la latéralisation sur les mesures. Résultats des tests t pour échantillons appariés (tests de Wilcoxon pour les effectifs N inférieurs à 30). *353*
A10. Analyse approfondie de l'estimation de l'âge des individus de moins de 1 an (IU = intra-utérin ; âge gestationnel en mois civils). *354*
A 11. Exemple d'utilisation du programme développé par V. Honkimaki pour appliquer l'ESA. *356*
A12. Variabilité des mensurations par partie anatomique et par site. *358*
A13. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, échantillon total. *362*
A14. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [0]. *364*
A15. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [1-4]. *365*
A16. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [5-9]. *367*
A17. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [10-14]. *368*
A18. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [15-19]. *370*
A19. Liste des indices utilisés dans l'étude. *371*
A20. Homoscédacité des variances : test de Levene et de Brown-Forsythe. *373*
A21. Résultats de l'analyse des variances (ANOVA) sur la population globale, sans distinction par classe d'âge. *374*
A22. Liste des relations allométriques étudiées (se reporter à la liste des mesures pour les correspondances). *378*
A23. Description des relations allométriques (allométrie positive, allométrie négative, isométrie). *379*
A24. Coordonnées factorielles des mensurations, basées sur les corrélations sur les deux premiers axes des ACP. Liaison des variables à la conformation. *379*
A25. Représentations graphiques des résidus de régression en fonction de l'âge estimé pour deux exemples de relation allométriques. *380*
A26. Profils de croissance squelettique : ajustements choisis, résultats des régressions multiples et des tests d'homogénéité des pentes. *381*
A27. Synthèse des résidus obtenus par site par rapport à Mikulčice et par classe d'âge. *382*
A28. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Mikulčice. *383*
A29. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Prušánky. *385*
A30. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Cherbourg. *386*
A31. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Norroy. *388*
A32. Probabilités utilisées dans la mise en place des séquences de minéralisation dentaire : fondements statistiques — Théorème de Bayes —. *389*

A33. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 2 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison). 391
A34. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 3 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison). 392
A35. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 4 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison). 394
A36. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 5 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison). 396
A37. Différences intersites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 6 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison). 398
A38. Défauts hypoplasiques observés sur les dents déciduales (site de Cherbourg, sépulture n° 182). 401
A39. Stades de sévérité observés pour les hypoplasies de l'émail dentaire sur les dents permanentes. 401
A40. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Mikulčice (les fréquences > 0,5 sont grisées). 401
A41. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Prušánky (les fréquences > 0,5 sont grisées). 402
A42. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Cherbourg (les fréquences > 0,5 sont grisées). 402
A43. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Norroy (les fréquences > 0,5 sont grisées). 402
A44. Résultats des divers tests de Chi² comparant les caractéristiques des HLE entre les sites (les différences significatives sont grisées). 403
A 45. Discussion sur les cribra orbitalia dans les collections étudiées. 403
A46. Stades de cotation de la dimension des lésions carieuses. 404
A47. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Mikulčice. 404
A48. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Prušánky. 405
A49. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Cherbourg. 405
A50. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Norroy. 406
A51. Situation des lésions carieuses par face d'apparition. 407
A52. Catalogue des pathologies et traumatismes rencontrés dans les 4 nécropoles étudiées (Mk = Mikulčice ; P = Prušánky ; Che = Cherbourg ; Nlv = Norroy). 408
A53. Ecarts réduits ajustés et distances probabilistes de l'individu n°188 par rapport au reste de la population de Prušánky. 410
A54. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Prušánky. 413
A55. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Mikulčice. 414
A56. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 1. 415
A57. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 2. 415
A58. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 3. 416
A59. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 4. 416
A60. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Norroy. 417
A61. Relation entre la largeur de la fosse et l'âge du défunt. 418
A62. Relation entre la profondeur de la fosse et l'âge du défunt. 419
A63. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, ÉCHANTILLON TOTAL (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 421
A64. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, ÉCHANTILLON TOTAL (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 422
A65. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, ÉCHANTILLON TOTAL (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 423

A66. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [0] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 424
A67. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [0] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 425
A68. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [0] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 426
A69. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [1-4] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 427
A70. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [1-4] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 428
A71. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [1-4] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 429
A72. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [5-9] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 430
A73. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [5-9] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 431
A74. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [5-9] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 432
A75. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [10-14] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 433
A76. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [10-14] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 434
A77. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [10-14] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 435
A78. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [15-19] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 436
A79. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [15-19] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 437
A80. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [15-19] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5). 438

A1. Exemple de fiche de conservation utilisée pour les tout-petits (modifiée d'après Tillier & Duday 1990).



A2. Exemple de photographie utilisée pour doubler l'enregistrement des données : individu de la sépulture n°59 de Prušánky.

A3. Liste et correspondance aux standards des mesures spécifiques aux individus immatures.

Os considéré	Code	Mesures	Référence	Code de la référence
Mandibule	Md1	Longueur maximale de l'hémi-mandibule /mandibule complète	Fazekas & Kósa, 1978	(c)
	Md2	Largeur de l'incisure mandibulaire	Fazekas & Kósa, 1978	(b)
	Md3	Largeur minimale de la branche	Bräuer, 1988	71a
	Md4	Largeur bicondylienne	Bräuer, 1988	65
	Md5	Largeur bigoniaque	Bräuer, 1988	66
Clavicule	Clav1	Longueur maximale	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	Clav2	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	6
	Clav3	Largeur maximale de l'extrémité acromiale	Duday *et al.* , 1995	Cl3
	Clav4	Largeur maximale de l'extrémité sternale	Duday *et al.* , 1995	Cl6
Humérus	H1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	H2	Périmètre au milieu	Duday *et al.* , 1995	Hu2
	H3	Diamètre maximal au milieu	Duday *et al.* , 1995	Hu3
	H4	Largeur maximale de la métaphyse proximale	Duday *et al.* , 1995	Hu5
	H5	Largeur maximal de la métaphyse distale	Duday *et al.* , 1995	Hu7

A3. (suite) Liste et correspondance aux standards des mesures spécifiques aux individus immatures.

Os considéré	Code dans l'étude	Mesures	Référence	Code de la référence
Radius	R1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	R2	Périmètre au milieu	Duday *et al.* , 1995	Ra8
	R3	Diamètre sagittal en milieu de diaphyse	Duday *et al.* , 1995	Ra9
	R4	Diamètre transversal en milieu de diaphyse	Duday *et al.* , 1995	Ra10
	R5	Largeur maximale de la métaphyse proximale	Duday *et al.* , 1995	Ra6
	R6	Largeur maximal de la métaphyse distale	Duday *et al.* , 1995	Ra11
Ulna	U1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	U2	Périmètre au milieu	Duday *et al.* , 1995	Ul2
	U3	Diamètre maximal au milieu	Duday *et al.* , 1995	Ul4
	U4	Largeur maximale de la métaphyse proximale	Duday *et al.* , 1995	Ul5
	U5	Largeur maximal de la métaphyse distale	Duday *et al.* , 1995	Ul10
Métacarpien I	Mc1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	Mc2	Diamètre maximal au milieu	Duday *et al.* , 1995	MC2
Ischium	Isc1	Longueur maximale de l'ischium	Duday *et al.* , 1995	IS2
Pubis	Pub1	Longueur maximale du pubis	Duday *et al.* , 1995	Pu1
Ilium	il1	Hauteur maximale de l'ilium	Duday *et al.* , 1995	IL1
	il2	Largeur maximale de l'ilium	Duday *et al.* , 1995	IL3

A3. (suite) Liste et correspondance aux standards des mesures spécifiques aux individus immatures.

Os considéré	Code dans l'étude	Mesures	Référence	Code de la référence
Fémur	F1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	F2	Diamètre antéro-postérieur de la tête	Bräuer, 1988	19
	F3	Diamètre antéro-postérieur au milieu	Duday *et al.* , 1995	Fe3
	F4	Diamètre transversal au milieu	Duday *et al.* , 1995	Fe4
	F5	Périmètre au milieu	Duday *et al.* , 1995	Fe2
	F6	Largeur maximale de la métaphyse proximale	Duday *et al.* , 1995	Fe5
	F7	Largeur maximal de la métaphyse distale	Duday *et al.* , 1995	Fe7
Tibia	T1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	T2	Diamètre antéro-postérieur au milieu	Duday *et al.* , 1995	Ti3
	T3	Diamètre transversal au milieu	Duday *et al.* , 1995	Ti4
	T4	Périmètre au milieu	Duday *et al.* , 1995	Ti2
	T5	Largeur maximale de la métaphyse proximale	Duday *et al.* , 1995	Ti7
	T6	Largeur maximal de la métaphyse distale	Duday *et al.* , 1995	Ti9
Fibula	Fib1	Longueur maximale de la diaphyse	Fazekas & Kósa, 1978	(a)
	Fib2	Diamètre maximal au milieu	Duday *et al.* , 1995	Fi2
	Fib3	Périmètre au milieu	Duday *et al.* , 1995	Fi4
Talus	Tal1	Longueur maximale	Duday *et al.* , 1995	Ta1
	Tal2	Largeur maximale	Duday *et al.* , 1995	Ta2
Calcanéus	Calca1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	Calca2	Largeur maximale	Bräuer, 1988	2
Métatarsien I	Mt1	Longueur maximale de la diaphyse	Duday *et al.* , 1995	MT1
	Mt2	Diamètre maximal au milieu	Duday *et al.* , 1995	MT2

A4. Liste des mesures correspondant aux squelettes adultes.

Os considéré	Code dans l'étude	Mesures	Référence	Code de la référence
Mandibule	MMd1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	68(1)
	MMd3	Largeur minimale de la branche	Bräuer, 1988	71a
	MMd4	Largeur bicondylienne	Bräuer, 1988	65
	MMd5	Largeur bigoniaque	Bräuer, 1988	66
Clavicule	MClav1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MClav2	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	6
	MClav4	Largeur maximale de l'extrémité sternale	Bräuer, 1988	7
Humérus	MH1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MH2	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	7a
	MH3	Diamètre maximal au milieu	Bräuer, 1988	5
	MH4	Largeur maximale de l'épiphyse proximale	Bräuer, 1988	3
	MH5	Largeur maximal de l'épiphyse distale	Bräuer, 1988	4
Radius	MR1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MR2	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	5(5)
	MR3	Diamètre sagittal en milieu de diaphyse	Bräuer, 1988	5a
	MR4	Diamètre transversal en milieu de diaphyse	Bräuer, 1988	4a
	MR5	Largeur maximale de l'épiphyse proximale	Bräuer, 1988	4(1)
	MR6	Largeur maximal de l'épiphyse distale	Bräuer, 1988	5(6)

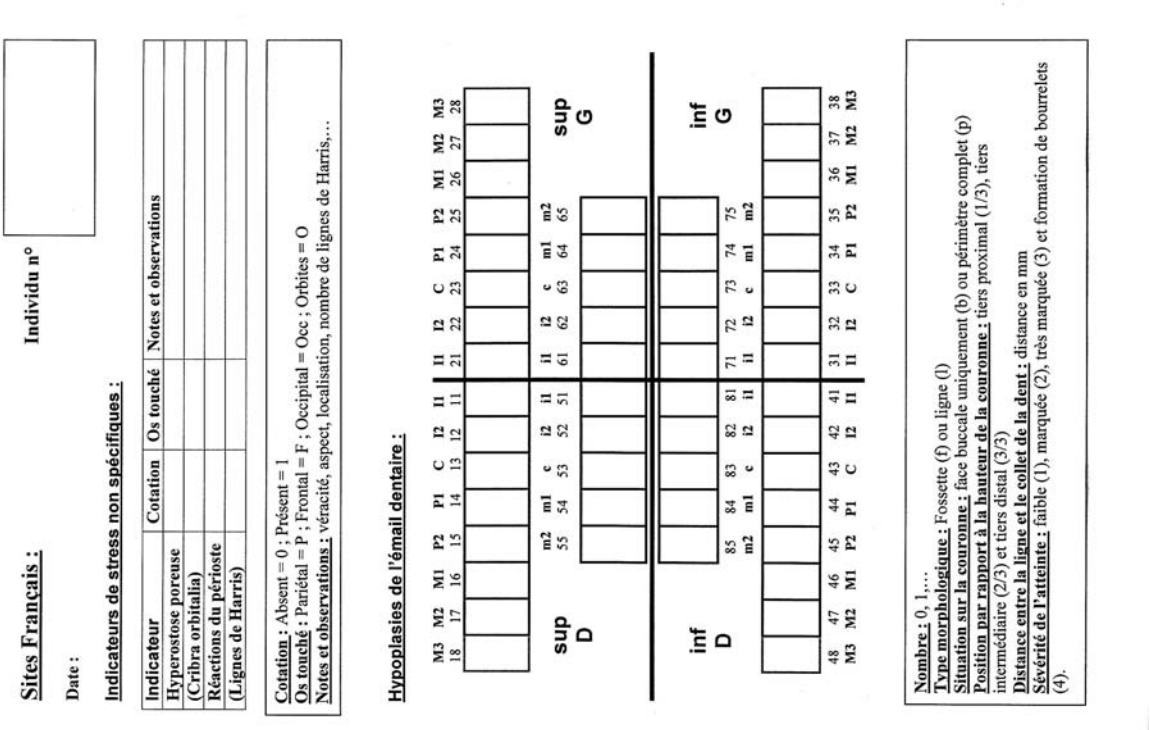
A4. (suite) Liste des mesures correspondant aux squelettes adultes.

Os considéré	Code dans l'étude	Mesures	Référence	Code de la référence
Ulna	MU1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MU3	Diamètre maximal au milieu	Bräuer, 1988	12
	MU4	Largeur maximale de l'épiphyse proximale	Bräuer, 1988	6
	MU5	Largeur maximal de l'épiphyse distale	Bräuer, 1988	12a
Métacarpien I	MMc1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	2
Fémur	MF1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MF2	Diamètre antéro-postérieur de la tête	Bräuer, 1988	19
	MF3	Diamètre antéro-postérieur au milieu	Bräuer, 1988	6
	MF4	Diamètre transversal au milieu	Bräuer, 1988	7
	MF5	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	8
	MF6	Largeur maximale de l'épiphyse proximale	Bräuer, 1988	13
	MF7	Largeur maximal de l'épiphyse distale	Bräuer, 1988	21
Tibia	MT1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1a
	MT2	Diamètre antéro-postérieur au milieu	Bräuer, 1988	8
	MT3	Diamètre transversal au milieu	Bräuer, 1988	9
	MT4	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	10
	MT5	Largeur maximale de l'épiphyse proximale	Bräuer, 1988	3
	MT6	Largeur maximale de l'épiphyse distale	Bräuer, 1988	6

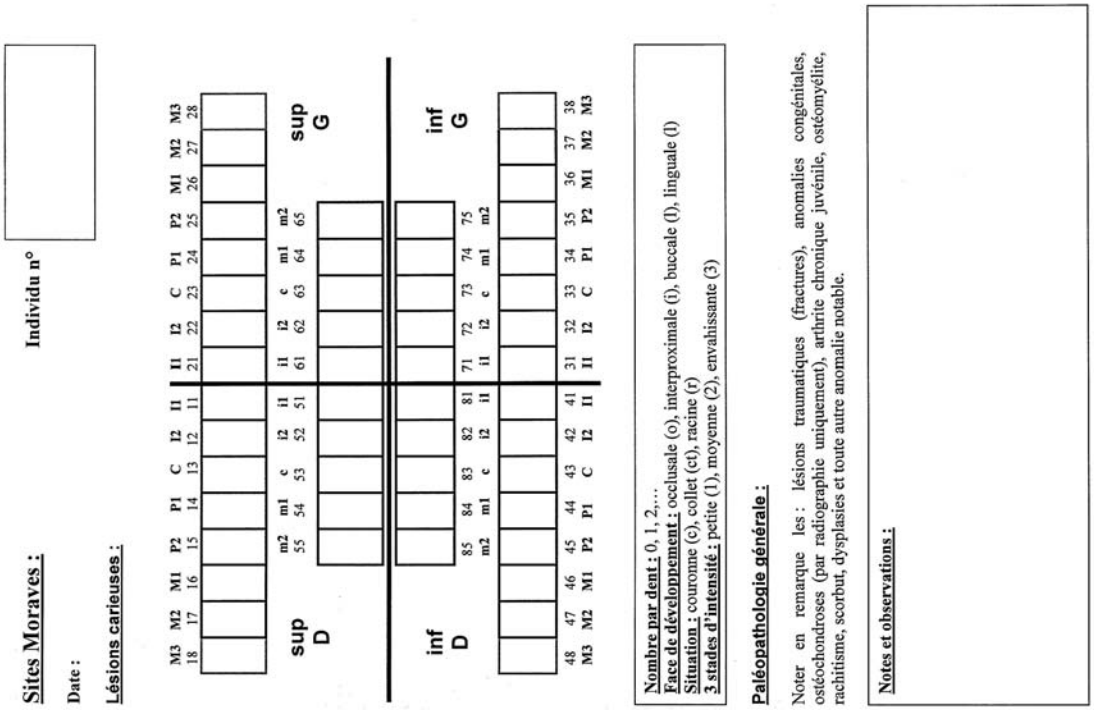
A4. (suite) Liste des mesures correspondant aux squelettes adultes.

Os considéré	Code dans l'étude	Mesures	Référence	Code de la référence
Fibula	MFib1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MFib2	Diamètre maximal au milieu	Bräuer, 1988	2
	MFib3	Périmètre au milieu	Bräuer, 1988	4
Talus	MTal1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1a
	MTal2	Largeur maximale	Bräuer, 1988	2
Calcanéus	MCalca1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1
	MCalca2	Largeur maximale	Bräuer, 1988	2
Métatarsien I	MMt1	Longueur maximale	Bräuer, 1988	1b
	MMt2	Diamètre maximal au milieu	Bräuer, 1988	3

A5. Fiches d'enregistrement des indicateurs de stress et autres pathologies.



A5. (suite) Fiches d'enregistrement des indicateurs de stress et autres pathologies.



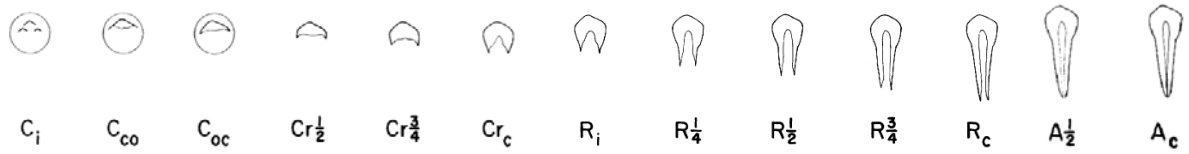
A6. Résultats des tests de normalité de Kolmogorov-Smirnov et de Shapiro-Wilk sur les variables métriques des 4 sites étudiés (S-W pour Shapiro-Wilk, K-S pour Kolmogorov-Smirnov). Les variables au seuil de la significativité sont grisées.

	Mikulčice	Prušánky	Cherbourg	Norroy
	p S-W (*p* K-S > 0,2)	*p* S-W (*p* K-S > 0,2)	*p* S-W (*p* K-S > 0,2)	*p* S-W (*p* K-S > 0,2)
Md1	0,301	0,603	0,746	0,896
Md2	0,632	0,862	0,131	0,959
Md3	0,818	0,454	0,709	0,063
Md4	0,467	0,738	0,320	0,740
Md5	0,056	0,686	0,264	0,982
Clav1	0,302	0,179	0,102	0,247
Clav2	0,048	0,032	0,043	0,564
Clav3	0,143	0,047	0,078	0,334
Clav4	0,035	0,089	0,035	0,486
H1	0,344	0,301	0,138	0,224
H2	0,335	0,264	0,124	0,104
H3	0,469	0,411	0,158	0,284
H4	0,721	0,791	0,136	0,664
H5	0,218	0,507	0,098	0,306

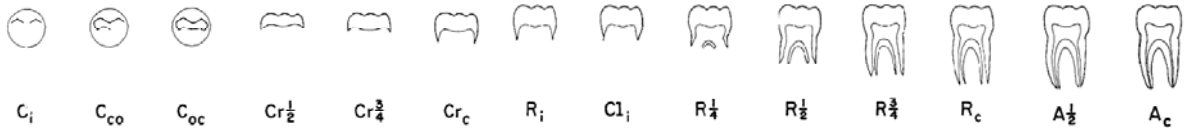
A6. (suite) Résultats des tests de normalité de Kolmogorov-Smirnov et de Shapiro-Wilk sur les variables métriques des 4 sites étudiés (S-W pour Shapiro-Wilk, K-S pour Kolmogorov-Smirnov). Les variables au seuil de la significativité sont grisées.

	Mikulčice	Prušánky	Cherbourg	Norroy
	p S-W (*p* K-S > 0,2)	*p* S-W (*p* K-S > 0,2)	*p* S-W (*p* K-S > 0,2)	*p* S-W (*p* K-S > 0,2)
R1	0,143	0,311	0,087	0,318
R2	0,208	0,339	0,162	0,908
R3	0,063	0,404	0,150	0,876
R4	0,167	0,377	0,169	0,582
R5	0,431	0,344	0,117	0,509
R6	0,309	0,458	0,399	0,504
U1	0,717	0,811	0,032	0,117
U2	0,609	0,253	0,055	0,547
U3	0,645	0,709	0,065	0,241
U4	0,427	0,242	0,116	0,428
U5	0,832	0,327	0,049	0,658
Mc1	0,231	0,707	0,872	0,180
Mc2	0,256	0,853	0,243	0,649
Isc1	0,651	0,254	0,113	0,233
Pub1	0,325	0,419	0,104	0,949
il1	0,556	0,566	0,407	0,496
il2	0,753	0,501	0,056	0,637
F1	0,308	0,087	0,066	0,079
F2	0,097	0,944	0,032	0,662
F3	0,367	0,125	0,056	0,259
F4	0,101	0,066	0,146	0,137
F5	0,160	0,062	0,110	0,279
F6	0,684	0,042	0,041	0,505
F7	0,836	0,411	0,145	0,485
T1	0,829	0,051	0,103	0,093
T2	0,052	0,042	0,132	0,015
T3	0,052	0,155	0,322	0,206
T4	0,051	0,072	0,102	0,360
T5	0,929	0,136	0,170	0,438
T6	0,654	0,085	0,357	0,616
Fib1	0,866	0,934	0,063	0,122
Fib2	0,487	0,845	0,211	0,038
Fib3	0,397	0,625	0,066	0,541
Tal1	0,137	0,791	0,615	0,364
Tal2	0,076	0,977	0,716	0,505
Calca1	0,093	0,448	0,096	0,097
Calca2	0,174	0,793	0,460	0,048
Mt1	0,183	0,069	0,103	0,797
Mt2	0,827	0,345	0,118	0,415

A7. Stades de cotation de la minéralisation dentaire selon Moorrees* et al. *(1963a et b).



Dents antérieures et prémolaires



Molaires

A8. Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Mk1551							<12-13	[0]	[0]
Mk1564							~ 1	[0]	[0]
Mk1565(1)			[0]	[0]	[0]	[0]	~ 1	[0]	[0]
Mk1581							~ 1	[0]	[0]
Mk1583(2)								[0]	[0]
Mk1583(3)									[0]
Mk1620									[0]
Mk1633								[0]	[0]
Mk1658p							<1	[0]	[0]
Mk1659							>4	[0]	[0]
Mk1669	0,65	0,36		[0]		[0]	1-2	[0]	[0]
Mk1693							4-5		[0]
Mk1712			[0]	[0]	[0]	[0]	1-2	[0]	[0]
Mk1715	0,74	0,63		[0]	[0]		1-5	[0]	[0]
Mk1721							1-5	[0]	[0]
Mk1724				[0]	[0]		1-5	[0]	[0]
Mk1726	0,69	1,01					~ 1	[0]	[0]
Mk1748p								[0]	[0]
Mk1758a								[0]	[0]
Mk1761	0,69	0,39					<1	[0]	[0]
Mk1791	0,55	0,35					1-4	[0]	[0]
Mk1794a								[0]	[0]
Mk1806							<1	[0]	[0]
Mk1817	0,67	0,49				[0]	1-2	[0]	[0]
Mk1822a	0,41	0,37						[0]	[0]
Mk1823a			[0]	[0]	[0]		<5	[0]	[0]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Mk1823b				[0]			<11	[0]	[0]
Mk1849	0,46	0,33					1-2	[0]	[0]
Mk1875	0,84	0,54					~1	[0]	[0]
Mk1905								[0]	[0]
Mk1913a				[0]		[0]	<5		[0]
Mk1915	1,82	0,62	[0]	[1-4]			1-5	[0]	[0]
Mk1916a									[0]
Mk1918p	0,95	0,76							[0]
Mk1924a			[0]	[0]			<1	[0]	[0]
Mk1934	0,69	0,39					1-4	[0]	[0]
Mk1565(2)							2-4		[1-4]
Mk1566	2,72	0,52					<1	[1-4]	[1-4]
Mk1574	2,42	0,69					<1	[1-4]	[1-4]
Mk1575								[1-4]	[1-4]
Mk1585	2,10	0,61	[0]	[0]	[0]	[1-4]	<1	[1-4]	[1-4]
Mk1586	1,50	0,57		[1-4]			4-11	[1-4]	[1-4]
Mk1589	1,90	0,72		[1-4]			~ 1	[1-4]	[1-4]
Mk1593	4,70	2,60							[1-4]
Mk1595	3,52	0,88		[1-4]		[1-4]	3-5	[1-4]	[1-4]
Mk1596	4,57	0,89	[1-4]	[1-4]	[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1601	1,68	0,59		[1-4]	[0]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1607	4,10	0,86					<12		[1-4]
Mk1616a	3,18	0,78					>1	[1-4]	[1-4]
Mk1617	5,54	0,97	[1-4]	[5-9]	[1-4]		5-11	[1-4]	[1-4]
Mk1627	1,42	0,64					2-5	[1-4]	[1-4]
Mk1629							<11	[1-4]	[1-4]
Mk1634	1,61	1,16						[1-4]	[1-4]
Mk1643	2,06	1,23				[1-4]	1-4	[1-4]	[1-4]
Mk1644(1)	3,29	1,20							[1-4]
Mk1644(2)	4,88	1,52						[1-4]	[1-4]
Mk1651	2,08	0,54					1-4	[1-4]	[1-4]
Mk1660	4,64	0,79					4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1668	1,09	1,02					>4	[1-4]	[1-4]
Mk1670	4,57	0,82					4-11	[1-4]	[1-4]
Mk1671	1,90	0,93					>1	[1-4]	[1-4]
Mk1681	1,09	1,02							[1-4]
Mk1682	4,44	0,99							[1-4]
Mk1690	1,55	1,10						[1-4]	[1-4]
Mk1692	1,99	0,72	[0]	[1-4]	[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1694	2,53	1,01							[1-4]
Mk1695	4,09	0,88					5-7	[1-4]	[1-4]
Mk1697				[1-4]		[5-9]	4-5	[1-4]	[1-4]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Mk1701	2,34	0,59	[0]	[1-4]			4-11	[1-4]	[1-4]
Mk1703	4,41	1,00					>4		[1-4]
Mk1727	1,09	1,02					>4	[1-4]	[1-4]
Mk1731	1,32	0,91		[5-9]		[5-9]	<5		[1-4]
Mk1731a	1,09	1,02					~ 1	[1-4]	[1-4]
Mk1737	1,16	0,42					2-4	[1-4]	[1-4]
Mk1743	4,57	0,84					4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1745a	4,02	0,86		[1-4]	[1-4]		1-5	[1-4]	[1-4]
Mk1757p			[1-4]	[1-4]	[1-4]			[1-4]	[1-4]
Mk1766a	4,60	1,09					>4	[1-4]	[1-4]
Mk1767	3,05	0,62					>1		[1-4]
Mk1770			[0]	[1-4]	[1-4]		4-13	[1-4]	[1-4]
Mk1773p	2,80	1,60						[1-4]	[1-4]
Mk1774	2,42	0,60				[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1780	1,20	0,46	[0]	[1-4]	[0]		1-5	[1-4]	[1-4]
Mk1793	4,02	0,71	[1-4]	[1-4]	[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1797p	2,20	1,40							[1-4]
Mk1798	2,22	0,70					>4		[1-4]
Mk1799	1,84	0,59				[1-4]	4-5		[1-4]
Mk1801	4,97	0,88					4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1810				[1-4]			1-5	[1-4]	[1-4]
Mk1812a	3,79	0,89						[1-4]	[1-4]
Mk1813									[1-4]
Mk1824	4,09	0,86		[1-4]		[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1825			[1-4]	[1-4]			<11	[1-4]	[1-4]
Mk1826	1,55	1,10					>4	[1-4]	[1-4]
Mk1836	3,60	0,83						[1-4]	[1-4]
Mk1846	5,04	1,09						[1-4]	[1-4]
Mk1850								[1-4]	[1-4]
Mk1851	1,09	1,02						[1-4]	[1-4]
Mk1856	3,35	1,02						[1-4]	[1-4]
Mk1859	4,33	0,85	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[5-9]	4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1870	2,20	1,40							[1-4]
Mk1871	4,89	1,51							[1-4]
Mk1872	1,90	0,55					~1	[1-4]	[1-4]
Mk1904	2,60	0,67					<5	[1-4]	[1-4]
Mk1927	4,33	0,74	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[5-9]	7-11	[1-4]	[1-4]
Mk1939	5,27	0,93	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	7-11	[1-4]	[1-4]
Mk1940	2,10	0,60					4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1944	1,36	0,92							[1-4]
Mk1948	4,09	0,80					4-5	[1-4]	[1-4]
Mk1948a			[0]	[1-4]	[1-4]		<11	[1-4]	[1-4]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Mk1955	2,99	0,66					<11	[1-4]	[1-4]
Mk1958a	3,41	1,31						[1-4]	[1-4]
Mk1975p	2,20	1,40					<5		[1-4]
Mk1550			[5-9]	[5-9]		[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
Mk1572	8,55	2,54	[1-4]	[5-9]			1-5	[5-9]	[5-9]
Mk1582			[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	8-11	[5-9]	[5-9]
Mk1583(1)	5,92	2,90		[10-14]			11-13	[5-9]	[5-9]
Mk1584(1)	6,08	1,39	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	8-11	[5-9]	[5-9]
Mk1591			[1-4]	[5-9]			<11	[5-9]	[5-9]
Mk1594	5,54	1,08	[5-9]	[5-9]	[5-9]		8-11	[5-9]	[5-9]
Mk1602	7,04	1,42		[5-9]			<11	[5-9]	[5-9]
Mk1603	6,41	1,42		[5-9]			<11	[5-9]	[5-9]
Mk1604	8,03	1,42	[5-9]	[5-9]	[1-4]	[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
Mk1621p	7,29	3,92						[5-9]	[5-9]
Mk1622	4,59	0,90					>1		[5-9]
Mk1646	8,79	1,55	[5-9]	[5-9]		[5-9]	5-11	[5-9]	[5-9]
Mk1647	5,97	0,95	[5-9]	[5-9]	[5-9]		5-11	[5-9]	[5-9]
Mk1653	10,17	2,19					>1	[5-9]	[5-9]
Mk1658	9,39	1,92						[5-9]	[5-9]
Mk1661	6,30	1,76						[5-9]	[5-9]
Mk1672	4,99	0,95		[5-9]			<11	[5-9]	[5-9]
Mk1700	5,41	1,08	[1-4]	[5-9]		[5-9]	7-12	[5-9]	[5-9]
Mk1717p	8,70	4,23						[5-9]	[5-9]
Mk1722a	9,23	2,43					<12		[5-9]
Mk1740b	8,89	1,66						[5-9]	[5-9]
Mk1748	6,68	1,08					4-11	[5-9]	[5-9]
Mk1753	9,18	3,16	[5-9]	[5-9]	[5-9]		8-11	[5-9]	[5-9]
Mk1754	6,90	1,36							[5-9]
Mk1760	7,06	1,74					>4	[5-9]	[5-9]
Mk1782	8,04	1,77							[5-9]
Mk1789	8,48	1,79					7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1795	6,39	1,05	[5-9]	[5-9]			12-14	[5-9]	[5-9]
Mk1796	7,44	1,12	[1-4]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	4-5	[5-9]	[5-9]
Mk1800	7,94	2,45					>4	[5-9]	[5-9]
Mk1812b				[5-9]			<12	[5-9]	[5-9]
Mk1816	5,41	0,98					5-7	[5-9]	[5-9]
Mk1819	5,92	2,90					>4	[5-9]	[5-9]
Mk1828	6,68	1,37					4-12	[5-9]	[5-9]
Mk1829	8,79	2,09		[5-9]		[5-9]	7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1830	9,86	5,60	[5-9]	[5-9]	[5-9]		7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1853	5,64	1,07					>7	[5-9]	[5-9]
Mk1858	6,08	1,11					>4	[5-9]	[5-9]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Mk1869	9,39	3,33						[5-9]	[5-9]
Mk1883	5,65	0,95				[5-9]	4-5	[5-9]	[5-9]
Mk1888	5,64	1,02					7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1894p	5,45	2,90							[5-9]
Mk1897	8,61	1,66					7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1898	6,79	1,13							[5-9]
Mk1901a	7,60	2,61						[5-9]	[5-9]
Mk1914	4,69	0,87	[1-4]	[5-9]		[5-9]	7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1916	9,63	2,12					>1	[5-9]	[5-9]
Mk1926	8,64	2,17					4-11	[5-9]	[5-9]
Mk1936	7,46	1,22							[5-9]
Mk1956	8,84	1,88					7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1959						[5-9]	11-13	[5-9]	[5-9]
Mk1989	5,26	2,88		[1-4]			4-5	[5-9]	[5-9]
Mk2001	5,64	0,88	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[5-9]	7-11	[5-9]	[5-9]
Mk1573			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	15-19	[10-14]	[10-14]
Mk1576a							8-12		[10-14]
Mk1605			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	18-20	[10-14]	[10-14]
Mk1623			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	14-16	[10-14]	[10-14]
Mk1639			[5-9]	[10-14]	[5-9]		5-12	[10-14]	[10-14]
Mk1663			[10-14]	[10-14]		[15-19]	18-20	[10-14]	[10-14]
Mk1691	10,99	3,33					<11	[10-14]	[10-14]
Mk1739	10,05	3,65					>4	[10-14]	[10-14]
Mk1740a							4-14	[10-14]	[10-14]
Mk1742				[10-14]	[10-14]	[10-14]	18-20	[10-14]	[10-14]
Mk1773			[10-14]	[10-14]	[10-14]		14-18	[10-14]	[10-14]
Mk1777b							7-11	[10-14]	[10-14]
Mk1794				[10-14]	[10-14]	[15-19]	11-18	[10-14]	[10-14]
Mk1808			[10-14]	[15-19]	[10-14]	[15-19]	11-16	[10-14]	[10-14]
Mk1811				[10-14]	[10-14]		14-18	[10-14]	[10-14]
Mk1829a	10,08	4,65						[10-14]	[10-14]
Mk1961	10,98	5,25					>1	[10-14]	[10-14]
Mk1990			[10-14]	[10-14]	[10-14]		14-15	[10-14]	[10-14]
Mk1992			[10-14]	[10-14]	[5-9]		11-13	[10-14]	[10-14]
Mk1997			[10-14]	[5-9]	[5-9]	[10-14]	7-11	[10-14]	[10-14]
Mk1999			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	14-18	[10-14]	[10-14]
Mk1571							15-18		[15-19]
Mk1599			[15-19]	[15-19]	[15-19]		>20	[15-19]	[15-19]
Mk1702							14-16	[15-19]	[15-19]
Mk1730						[15-19]	4-13	[15-19]	[15-19]
Mk1732							4-11	[15-19]	[15-19]
Mk1747							16-18		[15-19]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Mk = Mikulčice ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire 2SD	Anderson Maresh Gindhart B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Mk1867			>7	[15-19]	[15-19]
Mk1901			>4		[15-19]
Mk1903			18-19		[15-19]
Mk1969			13-15		[15-19]
Mk1763			>18	[15-19]]	[15-19]
Mk1563			<11-12		
Mk1584(2)			<16		
Mk1609p					
Mk1613p					
Mk1640p			<12		
Mk1663p					
Mk1665b			>4		
Mk1668(2)					
Mk1675					
Mk1683					
Mk1705p					
Mk1718p			>4		
Mk1729					
Mk1729(2)					
Mk1733p			<14		
Mk1735					
Mk1737(2)					
Mk1740					
Mk1741					
Mk1744p					
Mk1746p					
Mk1751p					
Mk1752a					
Mk1758c			>1		
Mk1762			>4		
Mk1771					
Mk1779p					
Mk1818					
Mk1823c			<11		
Mk1839			>4		
Mk1882			<12		
Mk1892p					
Mk1904p					
Mk1935			>4		
Mk1951			<11		
Mk2005p					

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (P = Prušánky ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
P23	0,97	0,48						[0]	[0]
P24							<2		[0]
P33	0,49	0,60							[0]
P37							<1	[0]	[0]
P43			[0]	[0]	[0]	[0]	<1	[0]	[0]
P53	0,49	0,60						[0]	[0]
P55			[0]	[0]	[0]	[0]	<1	[0]	[0]
P57	0,91	0,61					~1	[0]	[0]
P69	0,71	0,46							[0]
P106	0,71	0,46	[0]	[0]	[0]		1-4	[0]	[0]
P116			[0]	[0]			<12	[0]	[0]
P119	0,73	0,67					4-5	[0]	[0]
P120	0,49	0,60					~1	[0]	[0]
P126	0,27	0,50						[0]	[0]
P144	0,27	0,50	[0]	[0]	[0]		1-4	[0]	[0]
P145	0,59	0,59						[0]	[0]
P146			[0]	[0]		[0]	<1	[0]	[0]
P147	0,95	0,76						[0]	[0]
P156	0,73	0,67						[0]	[0]
P160							<5	[0]	[0]
P166	0,71	0,46					<5	[0]	[0]
P172	0,27	0,46		[0]				[0]	[0]
P175							<11	[0]	[0]
P179				[0]	[0]		1-4	[0]	[0]
P180	0,49	0,60	[0]	[0]		[0]	<11	[0]	[0]
P187	0,27	0,50					14-16	[0]	[0]
P192								[0]	[0]
P194								[0]	[0]
P195	0,95	0,76					<11	[0]	[0]
P197							<1		[0]
P198							<11	[0]	[0]
P199							4-11	[0]	[0]
P205								[0]	[0]
P244							<5	[0]	[0]
P250	0,27	0,50					>4	[0]	[0]
P576	0,71	0,61	[0]	[0]	[0]			[0]	[0]
P11p								[0]	[0]
P124(2)								[0]	[0]
P132p							<12	[0]	[0]
p158(1)								[0]	[0]
P158(2)								[0]	[0]
P196p			[0]	[0]	[0]		<11	[0]	[0]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (P = Prušánky ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
P241p								[0]	[0]
P267(2)				[0]			<11	[0]	[0]
P272(1)				[0]			<1	[0]	[0]
P272(2)				[0]		[0]	1-3	[0]	[0]
P273p								[0]	[0]
P280(2)			[0]	[0]	[0]	[0]	<1	[0]	[0]
P6	2,13	0,93	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
P11	1,85	1,14	[0]	[0]	[0]	[1-4]	~1	[1-4]	[1-4]
P12	2,20	1,40							[1-4]
P27	1,45	0,77						[1-4]	[1-4]
P32	1,04	0,63						[1-4]	[1-4]
P36	2,20	1,40						[1-4]	[1-4]
P70			[0]	[1-4]	[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
P77	1,04	0,63					<5	[1-4]	[1-4]
P82	4,66	1,46					1-5	[1-4]	[1-4]
P107	3,58	1,48					<12	[1-4]	[1-4]
P110	2,58	1,09							[1-4]
P113	1,09	1,02							[1-4]
P114	2,20	1,40							[1-4]
P122	1,25	0,67	[0]	[0]	[0]		4-5	[1-4]	[1-4]
P131	1,36	0,92						[1-4]	[1-4]
P148	1,55	1,10							[1-4]
P165	2,20	1,40						[1-4]	[1-4]
P176	4,70	1,81	[1-4]	[1-4]	[1-4]		<11	[1-4]	[1-4]
P183							4-5	[1-4]	[1-4]
P184	1,09	1,02	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	<11	[1-4]	[1-4]
P186	1,48	0,69	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	<11	[1-4]	[1-4]
P203	3,82	0,93				[1-4]	<2	[1-4]	[1-4]
P207							2-4	[1-4]	[1-4]
P208	1,60	0,73					5-7	[1-4]	[1-4]
P216	1,50	0,59					<11	[1-4]	[1-4]
P218	1,04	0,63						[1-4]	[1-4]
P219	3,76	0,87					<12	[1-4]	[1-4]
P236			[0]	[1-4]			<5	[1-4]	[1-4]
P240	1,55	1,10					<5	[1-4]	[1-4]
P241	2,91	0,80					<5	[1-4]	[1-4]
P247	1,62	1,09						[1-4]	[1-4]
P253							4-5	[1-4]	[1-4]
P255	2,80	1,60						[1-4]	[1-4]
P256	4,50	1,08					4-5	[1-4]	[1-4]
P260							<5	[1-4]	[1-4]
P269	1,04	0,63	[0]	[1-4]	[0]		<11	[1-4]	[1-4]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (P = Prušánky ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
P273	3,13	1,26					<11	[1-4]	[1-4]
P278	4,03	1,65					<2	[1-4]	[1-4]
P279							14-16	[1-4]	[1-4]
P285	1,36	0,92	[0]	[0]		[0]	<11	[1-4]	[1-4]
P287	2,06	1,23	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
P290	3,65	1,02					4-5	[1-4]	[1-4]
P291	2,43	1,01					4-5	[1-4]	[1-4]
P292	1,34	0,85	[0]	[0]		[1-4]		[1-4]	[1-4]
P296	2,32	0,70					4-5	[1-4]	[1-4]
P298	1,62	1,09	[0]	[1-4]	[0]		4-5	[1-4]	[1-4]
P302	3,59	2,02						[1-4]	[1-4]
P303							4-5	[1-4]	[1-4]
P572	1,36	0,92					<11	[1-4]	[1-4]
P575	1,22	0,68					2-4	[1-4]	[1-4]
P582	1,05	0,80	[0]	[0]			4-11	[1-4]	[1-4]
P588	3,09	1,60	[1-4]	[1-4]	[1-4]			[1-4]	[1-4]
P112p	1,00	0,75						[1-4]	[1-4]
P124(1)	2,07	0,90					<1	[1-4]	[1-4]
P145p								[1-4]	[1-4]
P166p							<15	[1-4]	[1-4]
P169(2)	1,55	1,10						[1-4]	[1-4]
P208p	1,55	1,10						[1-4]	[1-4]
P245p	1,00	0,55					>4	[1-4]	[1-4]
P263(1)	3,41	1,12	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[5-9]	4-5	[1-4]	[1-4]
P263(2)	1,55	1,10						[1-4]	[1-4]
P267(1)	1,48	0,69	[0]	[1-4]		[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
P280(1)	2,58	1,01					<11	[1-4]	[1-4]
P59(1)	1,89	0,70	[0]	[0]		[1-4]	<5	[1-4]	[1-4]
P59(2)							~1	[1-4]	[1-4]
P1			[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
P5	9,59	3,55					>1		[5-9]
P71	6,16	1,64	[1-4]	[5-9]			<11	[5-9]	[5-9]
P72			[5-9]	[5-9]	[5-9]	[10-14]	?	[5-9]	[5-9]
P78	5,81	1,49					4-11	[5-9]	[5-9]
P83	8,70	1,59	[5-9]	[5-9]	[5-9]		<11	[5-9]	[5-9]
P87	7,81	2,73		[1-4]			<11	[5-9]	[5-9]
P91	7,95	1,63	[5-9]	[5-9]	[5-9]		7-11	[5-9]	[5-9]
P98	8,01	2,00					>4	[5-9]	[5-9]
P103	8,88	2,21	[5-9]	[5-9]	[5-9]		<11	[5-9]	[5-9]
P111	6,56	2,49					4-5	[5-9]	[5-9]
P132			[5-9]	[5-9]	[5-9]	[10-14]	14-15	[5-9]	[5-9]
P136	5,20	2,60	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[5-9]	4-5	[5-9]	[5-9]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (P = Prušánky ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
P137	8,76	1,84				[10-14]	<5	[5-9]	[5-9]
P141	7,57	1,27	[5-9]	[5-9]	[5-9]		7-11	[5-9]	[5-9]
P161	7,75	1,31					7-11	[5-9]	[5-9]
P169	7,15	2,55					<1	[5-9]	[5-9]
P211	5,84	1,82	[1-4]	[1-4]	[5-9]	[1-4]	<11	[5-9]	[5-9]
P215	7,29	3,92		[5-9]	[5-9]		<12	[5-9]	[5-9]
P217	5,11	1,03	[1-4]	[5-9]				[5-9]	[5-9]
P259	6,05	1,40	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[5-9]		[5-9]	[5-9]
P271	6,69	1,32						[5-9]	[5-9]
P293	5,45	2,90					4-11	[5-9]	[5-9]
P295	5,81	1,36		[5-9]				[5-9]	[5-9]
P304	5,49	1,21	[1-4]	[5-9]	[1-4]		4-11	[5-9]	[5-9]
P308	7,23	1,71					7-11	[5-9]	[5-9]
P571	6,92	1,32	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
P573	9,89	3,82	[5-9]	[5-9]	[5-9]		~1	[5-9]	[5-9]
P91p	8,19	3,05					<11	[5-9]	[5-9]
P268A	5,92	1,35	[1-4]	[5-9]	[1-4]	[5-9]	4-5	[5-9]	[5-9]
P289p			[1-4]	[5-9]	[1-4]	[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
P579Ap	6,90	3,54						[5-9]	[5-9]
P118	11,10	3,43						[10-14]	[10-14]
P155			[10-14]	[10-14]	[10-14]		15-17	[10-14]	[10-14]
P157	11,69	4,12					4-13	[10-14]	[10-14]
P188			[5-9]	[5-9]	[5-9]	[10-14]		[10-14]	[10-14]
P248	11,83	3,04						[10-14]	[10-14]
P281			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[15-19]	13-17	[10-14]	[10-14]
P284			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	4-11	[10-14]	[10-14]
P587	12,61	5,98	[5-9]	[5-9]	[5-9]		4-5	[10-14]	[10-14]
P187p	11,33	6,67						[10-14]	[10-14]
P579A			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	14-18	[10-14]	[10-14]
P99								[15-19]	[15-19]
P112							>14	[15-19]	[15-19]
P15									
P16							<16		
P51									
P81									
P149									
P193									
P246							>4		
P277							>1		
P297							4-13		
P581							<11		
P102p									

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés retenus dans notre étude (P = Prušánky ; Che = Cherbourg ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
P114p							<1		
P138p									
P179p									
P272(3)							<12		
P310B									
Che42	0,49	0,60	[0]	[0]	[0]	[0]	0-1	[0]	[0]
Che69			[0]	[0]	[0]			[0]	[0]
Che71				[0]		[0]	0-1	[0]	[0]
Che73	0,42	0,38	[0]	[0]	[0]	[0]	0-1	[0]	[0]
Che77	0,27	0,50	[0]	[0]			0-1	[0]	[0]
Che129			[0]	[0]	[0]		0-1	[0]	[0]
Che141	1,00	0,61					0-1	[0]	[0]
Che151			[0]	[0]	[0]		0-1	[0]	[0]
Che158	0,69	0,61	[0]	[0]	[0]	[1-4]	1	[0]	[0]
Che159	0,69	0,61					0-1	[0]	[0]
Che164							0-1	[0]	[0]
Che170	0,99	0,46	[0]	[0]	[0]		1	[0]	[0]
Che202			[0]	[0]		[0]	0-1	[0]	[0]
Che205			[0]	[0]	[0]	[0]	0-1	[0]	[0]
Che215	0,69	0,45					2-4	[0]	[0]
Che248							<11	[0]	[0]
Che2001	0,27	0,46	[0]	[0]	[0]		0-1	[0]	[0]
Che113B				[0]			<11	[0]	[0]
Che146B							0-2	[0]	[0]
Che22B				[0]			0-2	[0]	[0]
Che27B								[0]	[0]
Che58B							0-1	[0]	[0]
Che59B			[0]	[0]	[0]			[0]	[0]
Che59C			[0]	[0]	[0]			[0]	[0]
Che66C								[0]	[0]
Che84B				[0]			0-1	[0]	[0]
Che7	2,05	0,59	[0]	[1-4]	[1-4]		1-5	[1-4]	[1-4]
Che34	2,40	0,63	[0]	[1-4]	[1-4]		1-5	[1-4]	[1-4]
Che43	2,67	0,68	[1-4]	[1-4]	[1-4]		5-7	[1-4]	[1-4]
Che48	4,08	1,57	[0]	[1-4]	[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
Che62	1,08	0,49	[0]	[1-4]	[0]		1-5	[1-4]	[1-4]
Che63	4,53	0,90	[0]	[1-4]	[1-4]		0-1	[1-4]	[1-4]
Che70	2,64	0,68	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che72			[1-4]	[1-4]	[1-4]		<11	[1-4]	[1-4]
Che81			[1-4]	[1-4]	[1-4]		<11	[1-4]	[1-4]
Che105				[1-4]			4-5	[1-4]	[1-4]
Che119				[1-4]			0-1	[1-4]	[1-4]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Che = Cherbourg ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Che122	2,40	0,77	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	1-5	[1-4]	[1-4]
Che123				[1-4]	[1-4]	[1-4]	<11	[1-4]	[1-4]
Che125	4,75	0,85	[1-4]	[1-4]			1-11	[1-4]	[1-4]
Che126	1,55	1,10		[1-4]	[0]		4-5	[1-4]	[1-4]
Che128	1,69	0,58	[0]	[1-4]	[1-4]		2-4	[1-4]	[1-4]
Che140	4,46	0,93	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	1-5	[1-4]	[1-4]
Che143	3,02	0,81	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	0-1	[1-4]	[1-4]
Che148	2,46	0,73	[0]		[1-4]		1-3	[1-4]	[1-4]
Che149							4-5	[1-4]	[1-4]
Che153	4,98	0,90	[1-4]	[1-4]	[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
Che160	1,69	0,62	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	1-4	[1-4]	[1-4]
Che161	1,09	0,63	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	1-5	[1-4]	[1-4]
Che162	2,85	0,84		[1-4]		[1-4]	1	[1-4]	[1-4]
Che165	1,63	0,80	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	1-5	[1-4]	[1-4]
Che168	2,19	0,63	[0]	[0]	[0]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che169	4,53	0,87		[1-4]	[1-4]	[5-9]	2-11	[1-4]	[1-4]
Che171	3,13	0,73	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	1	[1-4]	[1-4]
Che172	3,05	0,65	[0]	[1-4]	[1-4]		1-4	[1-4]	[1-4]
Che173	2,42	0,65	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che174	4,44	0,79	[1-4]	[1-4]	[1-4]		5-7	[1-4]	[1-4]
Che176	1,75	0,65	[0]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	1-5	[1-4]	[1-4]
Che177			[0]		[0]		4-5	[1-4]	[1-4]
Che182	2,42	0,65				[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che193	3,70	0,77	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che194	1,89	0,81					1-11	[1-4]	[1-4]
Che201	3,09	1,60	[1-4]		[1-4]		5-7	[1-4]	[1-4]
Che203	4,41	0,93	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che206	1,69	0,70	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che208	4,18	0,83	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che210	4,18	0,92	[1-4]		[1-4]		4-5	[1-4]	[1-4]
Che238	4,23	0,94		[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[1-4]	[1-4]
Che240	1,99	0,65	[0]	[1-4]	[0]	[1-4]	1-3	[1-4]	[1-4]
Che242	4,77	0,84	[1-4]	[1-4]			4-5	[1-4]	[1-4]
Che2002			[0]	[1-4]	[1-4]		4-11	[1-4]	[1-4]
Che113C	2,20	1,40					2-4	[1-4]	[1-4]
Che152B						[1-4]	<11	[1-4]	[1-4]
Che175A							4-5	[1-4]	[1-4]
Che59D			[1-4]	[1-4]	[1-4]			[1-4]	[1-4]
Che68A	3,98	0,97	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	1-5	[1-4]	[1-4]
Che84A			[1-4]	[1-4]	[1-4]		<11	[1-4]	[1-4]
Che33								[5-9]	[5-9]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Che = Cherbourg ; Nlv = Norroy ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Che41	5,43	1,11	[1-4]	[5-9]	[1-4]		3-5	[5-9]	[5-9]
Che144	5,13	0,93	[1-4]	[5-9]	[1-4]		7-11	[5-9]	[5-9]
Che147	5,13	0,97	[1-4]	[5-9]	[1-4]		4-5	[5-9]	[5-9]
Che163	6,09	1,00		[5-9]	[5-9]		4-5	[5-9]	[5-9]
Che179	5,72	1,13	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	7-11	[5-9]	[5-9]
Che186	5,71	1,29	[1-4]	[5-9]	[1-4]	[5-9]	8-11	[5-9]	[5-9]
Che196	9,93	2,35		[5-9]	[5-9]	[5-9]	7-11	[5-9]	[5-9]
Che211	7,28	1,88	[1-4]	[1-4]	[1-4]		1-2	[5-9]	[5-9]
Che220	7,41	1,82				[10-14]	7-11	[5-9]	[5-9]
Che234	7,75	1,63		[5-9]	[5-9]	[5-9]	3-11	[5-9]	[5-9]
Che245	5,71	1,04				[5-9]	4-16	[5-9]	[5-9]
Che252	7,75	1,40	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	4-5	[5-9]	[5-9]
Che261	5,13	1,04	[1-4]	[1-4]	[1-4]	[1-4]	4-5	[5-9]	[5-9]
Che113A							<12	[5-9]	[5-9]
Che4A			[1-4]	[5-9]	[1-4]		4-11	[5-9]	[5-9]
Che66B	9,74	3,48					>1	[5-9]	[5-9]
Che68B							>4	[5-9]	[5-9]
Che13	12,60	6,20	[10-14]	[10-14]	[10-14]		14-18	[10-14]	[10-14]
Che47	9,14	2,28		[5-9]	[5-9]	[5-9]	7-11	[10-14]	[10-14]
Che94	10,33	2,67	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	7-11	[10-14]	[10-14]
Che118	12,60	6,20					>4	[10-14]	[10-14]
Che195				[10-14]	[10-14]	[15-19]	17-19	[10-14]	[10-14]
Che197	11,80	4,48	[10-14]	[10-14]	[5-9]		8-11	[10-14]	[10-14]
Che227							<12	[10-14]	[10-14]
Che247								[10-14]	[10-14]
Che131B							>4	[10-14]	[10-14]
Che135C									
Che175B									
Che243B							>4		
Che4B							<12		
Che52A									
Che56B							<12		
Che58C							<11		
Nlv4011	0,69	0,61	[0]	[0]			[2-12]	[0]	[0]
Nlv4054C			[0]	[0]	[0]		<13	[0]	[0]
Nlv4055D							<13	[0]	[0]
Nlv4079-5				[0]	[0]		<11	[0]	[0]
Nlv4079-6				[0]			[0-2]	[0]	[0]
Nlv4079-7							[0-1]	[0]	[0]
Nlv4079-8							<11	[0]	[0]
Nlv4295							<12	[0]	[0]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Nlv = Norroy ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Nlv4296A			[0]	[0]			<11	[0]	[0]
Nlv4001	4,77	1,01					[4-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4012							[0-2]	[1-4]	[1-4]
Nlv4014	2,67	0,68					[2-11]	[1-4]	[1-4]
Nlv4016								[1-4]	[1-4]
Nlv4020							<12	[1-4]	[1-4]
Nlv4061	3,59	2,02		[1-4]	[1-4]		<5	[1-4]	[1-4]
Nlv4078	4,77	0,83					>4	[1-4]	[1-4]
Nlv4079A							<12	[1-4]	[1-4]
Nlv4079B								[1-4]	[1-4]
Nlv4093	2,71	0,93				[1-4]	[1-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4098C	2,96	1,68					<14	[1-4]	[1-4]
Nlv4120	4,46	0,82					[4-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4161	5,41	0,82						[1-4]	[1-4]
Nlv4168	4,31	0,99					>4	[1-4]	[1-4]
Nlv4173	5,03	0,83						[1-4]	[1-4]
Nlv4176A	2,85	0,78						[1-4]	[1-4]
Nlv4176B	1,54	0,58						[1-4]	[1-4]
Nlv4178	4,46	0,94		[1-4]	[1-4]	[5-9]	[1-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4179	2,67	0,74		[1-4]		[1-4]	[1-11]	[1-4]	[1-4]
Nlv4184	1,58	0,77						[1-4]	[1-4]
Nlv4189B								[1-4]	[1-4]
Nlv4208	2,80	1,60						[1-4]	[1-4]
Nlv4211B			[1-4]	[5-9]	[1-4]		<13	[1-4]	[1-4]
Nlv4221	4,75	0,83	[1-4]	[1-4]	[1-4]		[4-11]	[1-4]	[1-4]
Nlv4228								[1-4]	[1-4]
Nlv4234	4,33	0,89					[4-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4235	3,65	0,75					[1-11]	[1-4]	[1-4]
Nlv4246	4,77	0,85					<11	[1-4]	[1-4]
Nlv4269	4,40	1,38					[5-7]	[1-4]	[1-4]
Nlv4271	1,20	0,54	[0]	[1-4]			[1-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4279	3,85	0,82					[4-5]	[1-4]	[1-4]
Nlv4310	1,71	0,64					[0-1]	[1-4]	[1-4]
Nlv4004	7,88	1,74	[5-9]	[5-9]		[10-14]	<12	[5-9]	[5-9]
Nlv4023	7,88	2,01					<11	[5-9]	[5-9]
Nlv4042	6,45	1,20	[5-9]	[5-9]	[5-9]		[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4079-1			[5-9]	[5-9]			<12	[5-9]	[5-9]
Nlv4079-2	4,98	1,25	[1-4]	[1-4]			<5	[5-9]	[5-9]
Nlv4079-3							<11	[5-9]	[5-9]
Nlv4079-4				[5-9]		[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
Nlv4086	5,78	0,95						[5-9]	[5-9]
Nlv4089B	8,64	2,06					[4-12]	[5-9]	[5-9]

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Nlv = Norroy ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire	2SD	Anderson	Maresh	Gindhart	B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Nlv4089C	9,31	4,38					[4-12]	[5-9]	[5-9]
Nlv4092B	6,43	1,69					[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4098B			[5-9]	[5-9]	[5-9]		<13	[5-9]	[5-9]
Nlv4107B	6,45	1,12						[5-9]	[5-9]
Nlv4127	8,23	1,78	[5-9]	[5-9]			[1-5]	[5-9]	[5-9]
Nlv4129	7,88	2,17	[5-9]	[5-9]		[10-14]	[2-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4167	6,09	1,09		[1-4]		[5-9]	[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4169A	7,04	1,14	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[5-9]	[1-5]	[5-9]	[5-9]
Nlv4174	9,50	1,92					[1-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4227B	5,71	1,04		[5-9]			[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4230	5,71	0,93	[5-9]	[5-9]	[5-9]		[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4238	7,12	1,68	[5-9]	[5-9]			[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4240	5,41	0,85					[0-1]	[5-9]	[5-9]
Nlv4259	7,04	1,15					[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4262	8,77	2,92					<11	[5-9]	[5-9]
Nlv4263						[5-9]	<11	[5-9]	[5-9]
Nlv4283B	5,98	1,16		[5-9]		[5-9]	[7-11]	[5-9]	[5-9]
Nlv4049							[2-11]	[10-14]	[10-14]
Nlv4103	13,79		[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[14-15]	[10-14]	[10-14]
Nlv4151	10,20	3,10				[5-9]	[7-11]	[10-14]	[10-14]
Nlv4156	10,99	3,37	[5-9]	[5-9]	[5-9]		[7-11]	[10-14]	[10-14]
Nlv4185	12,60	6,20					<12	[10-14]	[10-14]
Nlv4190	12,60	6,20	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[12-15]	[10-14]	[10-14]
Nlv4194A	10,69	2,46	[5-9]	[5-9]	[5-9]		[7-11]	[10-14]	[10-14]
Nlv4217-A	9,39	2,29					<11	[10-14]	[10-14]
Nlv4222	12,60	6,20					?	[10-14]	[10-14]
Nlv4237			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[15-19]	[15-19]	[10-14]	[10-14]
Nlv4264A			[15-19]	[10-14]	[10-14]		[15-19]	[10-14]	[10-14]
Nlv4265			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[15-19]	[16-18]	[10-14]	[10-14]
Nlv4296B	9,86	2,98	[5-9]	[5-9]			[7-11]	[10-14]	[10-14]
Nlv4296C	12,60	6,20	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[15-19]	[15-19]	[10-14]	[10-14]
Nlv4303A			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[15-19]	[10-14]	[10-14]
Nlv4007			[15-19]	[10-14]	[15-19]	[15-19]	[16-18]	[15-19]	[15-19]
Nlv4034B			[15-19]	[10-14]	[15-19]	[15-19]	[18-19]	[15-19]	[15-19]
Nlv4037A			[10-14]	[10-14]	[10-14]		[17,5-18,5]	[15-19]	[15-19]
Nlv4175			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[18-19]	[15-19]	[15-19]
Nlv4226			[15-19]	[10-14]		[10-14]	[15-19]	[15-19]	[15-19]
Nlv4256							[1-12]	[15-19]	[15-19]
Nlv4260			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[15-19]	[15-19]	[15-19]
Nlv4275			[10-14]	[10-14]	[10-14]	[10-14]	[11-16]	[15-19]	[15-19]
Nlv4182B									
Nlv4254E									

A8. (suite) Données individuelles par site des différents âges estimés et classes d'âge retenues dans notre étude (Nlv = Norroy ; âge dentaire en années révolues ; âge squelettique par classe d'âge).

Individus	Age dentaire 2SD	Anderson Maresh Gindhart B&S	Maturation	ESA	Classe retenue
Nlv4261A Nlv4281			<14		

A9. Influence de la latéralisation sur les mesures. Résultats des tests* t *pour échantillons appariés (tests de Wilcoxon pour les effectifs N inférieurs à 30).

	Mikulčice		Prušánky		Cherbourg		Norroy			Mikulčice		Prušánky		Cherbourg		Norroy	
Mesure	N	*p*	N	*p*	N	*p*	N	*p*	Mesure	N	*p*	N	*p*	N	*p*	N	*p*
Md2	32	0,249	13	0,168	18	0,807	12	0,562	Pub1	9	0,159	4	0,580	16	0,840	/	/
Md3	41	0,404	18	0,159	23	0,928	10	0,452	il1	13	0,987	11	0,139	30	0,653	/	/
Clav1	12	0,654	8	0,475	9	0,268	/	/	il2	16	0,582	9	0,119	26	0,195	/	/
Clav2	21	0,888	18	0,998	16	0,487	8	0,063	F1	18	0,142	19	0,230	28	0,105	5	0,283
Clav3	14	0,508	11	0,374	12	0,400	5	0,756	F2	15	0,601	9	0,135	17	0,428	10	0,151
Clav4	25	0,545	8	0,599	19	0,053	5	0,655	F3	33	0,989	32	0,959	33	0,966	6	0,322
H1	19	0,380	8	0,094	28	0,253	4	0,391	F4	33	0,890	32	0,507	35	0,439	6	0,398
H2	34	0,735	22	0,252	31	0,511	9	0,095	F5	31	0,379	32	0,143	35	0,115	6	0,203
H3	34	0,051	21	0,346	31	0,193	8	0,110	F6	14	0,510	16	0,767	38	0,569	3	0,965
H4	24	0,338	9	0,393	24	0,169	6	0,106	F7	15	0,754	16	0,154	30	0,075	4	0,066
H5	15	0,429	2	0,139	24	0,402	4	0,622	T1	18	0,413	21	0,080	29	0,388	3	0,422
R1	11	0,088	6	0,701	23	0,148	2	0,500	T2	23	0,554	25	0,265	36	0,200	4	0,342
R2	20	0,366	8	0,634	24	0,258	3	0,807	T3	23	0,536	25	0,379	36	0,719	5	0,589
R3	21	0,219	8	0,558	24	224,000	3	0,532	T4	23	0,299	25	0,760	36	0,444	4	0,391
R4	22	0,126	8	0,437	24	0,153	3	0,560	T5	16	0,890	15	0,878	28	0,111	4	0,444
R5	15	0,403	4	0,411	23	0,179	3	0,979	T6	17	0,158	14	0,289	31	0,221	6	0,361
R6	9	0,477	/	/	24	0,835	2	0,364	Fib1	8	0,598	5	0,373	8	0,350	/	/
U1	8	0,662	2	0,500	16	0,295	/	/	Fib2	13	0,216	8	0,052	11	0,851	/	/
U2	13	0,733	9	0,065	18	0,996	/	/	Fib3	13	0,096	8	0,265	11	0,221	/	/
U3	13	0,487	9	0,109	19	0,121	2	0,351	Tal1	16	0,415	13	0,542	25	0,492	8	0,180
U4	16	0,734	7	0,444	29	0,710	3	0,293	Tal2	15	0,986	12	0,381	19	0,172	6	0,451
U5	5	0,690	2	0,533	15	0,822	2	0,263	Calca1	18	0,618	11	0,177	20	0,354	9	0,472
Mc1	/	/	3	0,274	18	0,297	2	0,479	Calca2	14	0,446	10	0,628	15	0,821	9	0,246
Mc2	/	/	4	0,533	18	0,919	/	/	Mt1	9	0,291	14	0,400	20	0,607	4	0,621
Isc1	6	0,673	11	0,162	36	0,374	/	/	Mt2	8	0,363	16	268,000	21	0,814	5	0,463

A10. Analyse approfondie de l'estimation de l'âge des individus de moins de 1 an (IU = intra-utérin ; âge gestationnel en mois civils).

Observation	Age min en mois	Age moyen en mois	Age max en mois	Age retenu
Nlv4296A	6m IU	7m IU	-0,9	AT
Che59B	6m IU	8,5m IU	1,0	N
Che69	6m IU	8,5m IU	1,0	N
Che71	6m IU	7,5m IU	0,2	N
Mk1565(1)	7-8m IU	0,1	1,0	N
Mk1823b	6m IU	8,5m IU	0,5	N
Mk1913a	6m IU	8,5m IU	0,8	N
Nlv4054C	5m IU	7m IU	1,0	N
P272(2)	0,3	0,3	0,3	N
Che113B	7m IU	0,3	2,3	[0a]
Che129	8,5m IU	1,2	2,1	[0a]
Che151	8,5m IU	1,0	1,8	[0a]
Che2001	8,5m IU	0,7	1,5	[0a]
Che202	7m IU	0,9	3,1	[0a]
Che205	8,5m IU	0,4	1,2	[0a]
Che22B	5m IU	8m IU	2,0	[0a]
Che42	0,6	2,6	4,7	[0a]
Che59C	6m IU	0,7	6,3	[0a]
Che73	0,6	2,4	3,9	[0a]
Che77	6m IU	0,0	3,3	[0a]
Che84B	7m IU	0,5	1,7	[0a]
Mk1669	6-7m IU	2,5	6,5	[0a]
Mk1715	6,1	6,1	6,1	[0a]
Mk1724	6m IU	0,8	2,6	[0a]
Mk1823a	6m IU	2,2	7,0	[0a]
Mk1924a	6m IU	8,5m IU	2,9	[0a]
Nlv4079-5	1,2	1,2	1,2	[0a]
P106	5m IU	8,75m IU	5,0	[0a]
P116	6m IU	8m IU	1,4	[0a]
P122	5m IU	0,6	6,2	[0a]
P144	6-7m IU	3,0	6,7	[0a]
P146	6m IU	0,5	4,3	[0a]
P172	5m IU	0,1	2,7	[0a]
P179	2,5	2,5	2,5	[0a]
P196p	6m IU	8,5m IU	1,5	[0a]
P267(2)	7m IU	8,75m IU	1,9	[0a]
P280(2)	0,3	1,9	3,3	[0a]
P43	8,5m IU	1,3	2,7	[0a]
P55	5m IU	8,75m IU	3,7	[0a]
P576	5m IU	0,2	5,4	[0a]
Mk1712	2,2	4,8	8,6	[0b]
Nlv4079-6	7-8m IU	3,0	7,4	[0b]

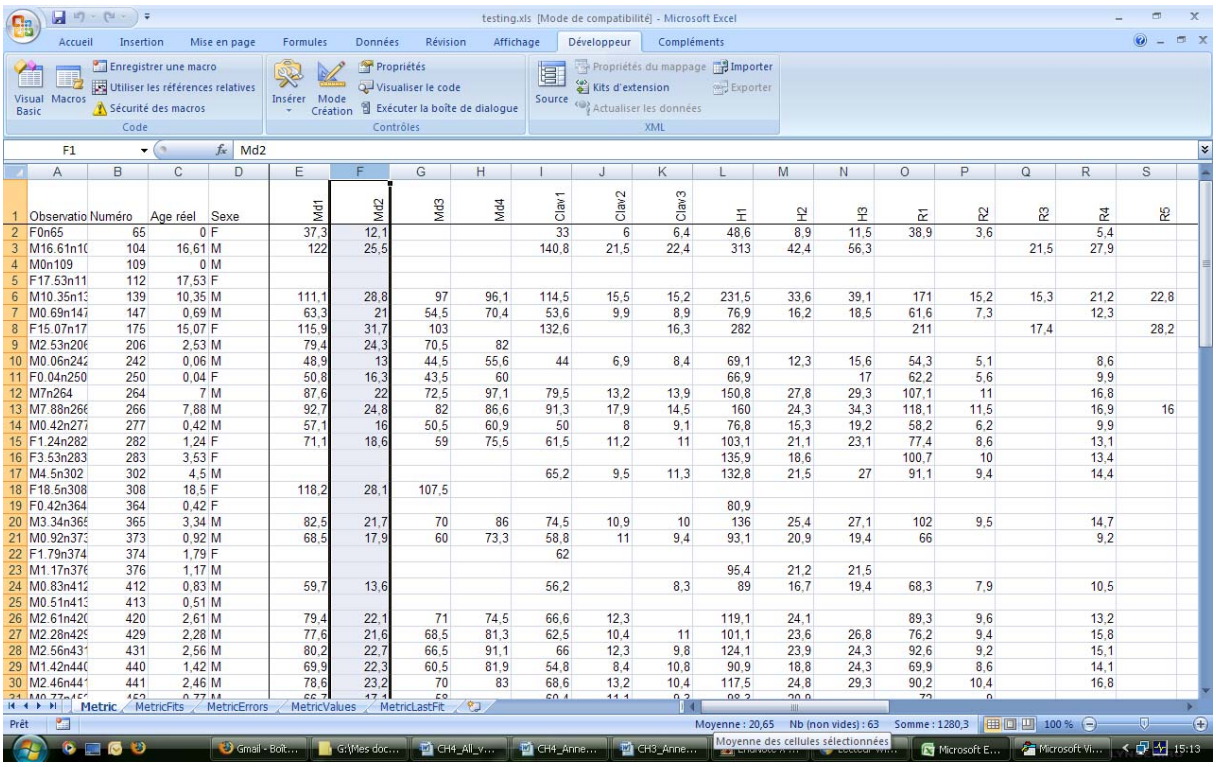
A10. (Suite) Analyse approfondie de l'estimation de l'âge des individus de moins de 1 an.

Observation	Age en mois min	Age en mois moyen	Age en mois max	Age retenu
P180	6m IU	2,6	9,2	[0b]
P269	5m IU	1,7	8,2	[0b]
P272(1)	8,3	8,3	8,3	[0b]
P298	5m IU	2,2	8,9	[0b]
Che158	6m IU	4,3	13,5	[0-1]
Che168	3,2	7,8	15,9	[0-1]
Che170	2,1	6,2	12,8	[0-1]
Che62	3,9	10,0	20,3	[0-1]
Mk1585	2,9	8,3	17,1	[0-1]
Mk1780	1,4	9,1	22,8	[0-1]
Mk1915	6m IU	7,1	22,8	[0-1]
Nlv4011	6m IU	4,4	14,3	[0-1]
P11	7-8m IU	5,7	13,2	[0-1]
P186	8-8,5m IU	5,7	15,8	[0-1]
P267(1)	0,6	7,9	19,4	[0-1]
P285	8m IU	4,7	14,3	[0-1]
P287	0,8	8,6	20,3	[0-1]
P292	0,0	6,6	15,9	[0-1]
P582	0,1	6,7	16,3	[0-1]
P59(1)	4,1	9,4	20,3	[0-1]

Note : m pour mois ; IU pour in utero ; les âges moyens sont les âges concordants pour les 4 méthodes appliquées.

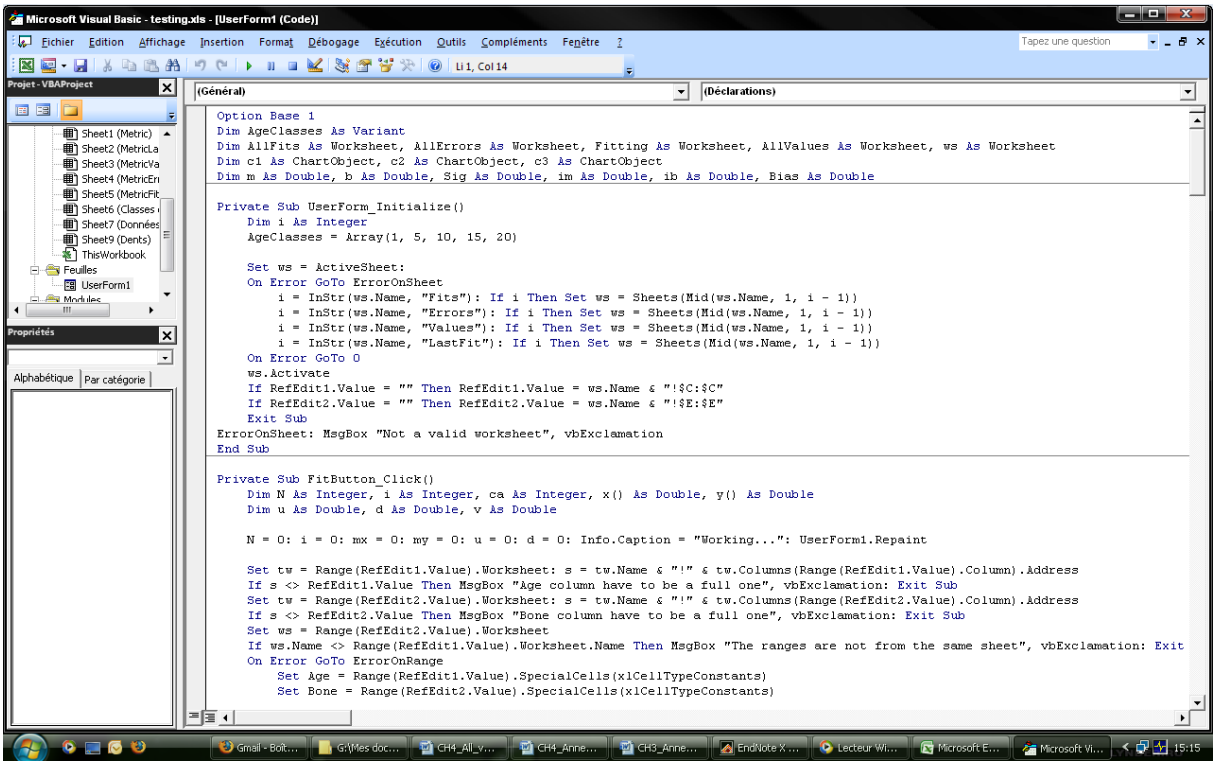
A 11. Exemple d'utilisation du programme développé par V. Honkimaki pour appliquer l'ESA.

1. Base de données pour la collection de Spitalfields



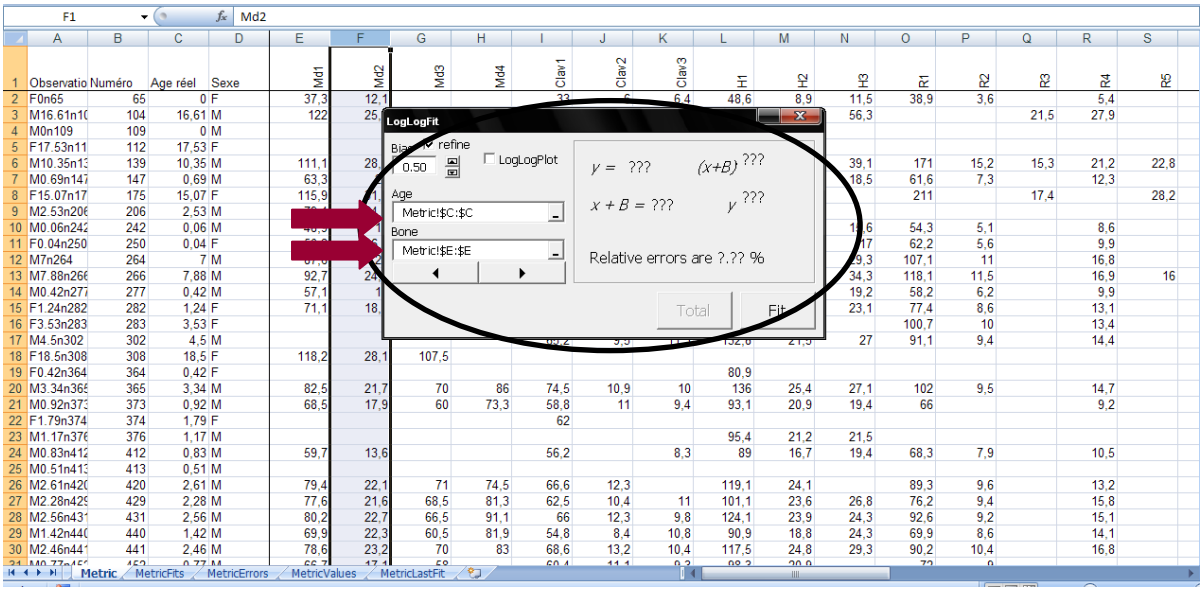
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Observatio	Numéro	Age réel	Sexe	Md1	Md2	Md3	Md4	Clav1	Clav2	Clav3	H1	H2	H3	R1	R2	R3	R4	R5
2	F0n65	65	0	F	37,3	12,1			33	6	6,4	48,6	8,9	11,5	38,9	3,6		5,4	
3	M16.61n1(	104	16,61	M	122	25,5			140,8	21,5	22,4	313	42,4	56,3			21,5	27,9	
4	M0n109	109	0	M															
5	F17.53n11	112	17,53	F															
6	M10.35n13	139	10,35	M	111,1	28,8	97	96,1	114,5	15,5	15,2	231,5	33,6	39,1	171	15,2	15,3	21,2	22,8
7	M0.69n147	147	0,69	M	63,3	21	54,5	70,4	53,6	9,9	8,9	76,9	16,2	18,5	61,6	7,3		12,3	
8	F15.07n17	175	15,07	F	115,9	31,7	103		132,6		16,3	282			211		17,4		28,2
9	M2.53n206	206	2,53	M	79,4	24,3	70,5	82											
10	M0.06n242	242	0,06	M	48,9	13	44,5	55,6	44	6,9	8,4	69,1	12,3	15,6	54,3	5,1		8,6	
11	F0.04n250	250	0,04	F	50,8	16,3	43,5	60				66,9		17	62,2	5,6		9,9	
12	M7n264	264	7	M	87,6	22	72,5	97,1	79,5	13,2	13,9	150,8	27,8	29,3	107,1	11		16,8	
13	M7.88n266	266	7,88	M	92,7	24,8	82	86,6	91,3	17,9	14,5	160	24,3	34,3	118,1	11,5		16,9	16
14	M0.42n277	277	0,42	M	57,1	16	50,5	60,9	50	8	9,1	76,8	15,3	19,2	58,2	6,2		9,9	
15	F1.24n282	282	1,24	F	71,1	18,6	59	75,5	61,5	11,2	11	103,1	21,1	23,1	77,4	8,6		13,1	
16	F3.53n283	283	3,53	F								135,9	18,6		100,7	10		13,4	
17	M4.5n302	302	4,5	M					65,2	9,5	11,3	132,8	21,5	27	91,1	9,4		14,4	
18	F18.5n308	308	18,5	F	118,2	28,1	107,5												
19	F0.42n364	364	0,42	F								80,9							
20	M3.34n365	365	3,34	M	82,5	21,7	70	86	74,5	10,9	10	136	25,4	27,1	102	9,5		14,7	
21	M0.92n373	373	0,92	M	68,5	17,9	60	73,3	58,8	11	9,4	93,1	20,9	19,4	66			9,2	
22	F1.79n374	374	1,79	F					62										
23	M1.17n376	376	1,17	M								95,4	21,2	21,5					
24	M0.83n412	412	0,83	M	59,7	13,6			56,2		8,3	89	16,7	19,4	68,3	7,9		10,5	
25	M0.51n413	413	0,51	M															
26	M2.61n420	420	2,61	M	79,4	22,1	71	74,5	66,6	12,3		119,1	24,1		89,3	9,6		13,2	
27	M2.28n429	429	2,28	M	77,6	21,6	68,5	81,3	62,5	10,4	11	101,1	23,6	26,8	76,2	9,4		15,8	
28	M2.56n431	431	2,56	M	80,2	22,7	66,5	91,1	66	12,3	9,8	124,1	23,9	24,3	92,6	9,2		15,1	
29	M1.42n440	440	1,42	M	69,9	22,3	60,5	81,9	54,8	8,4	10,8	90,9	18,8	24,3	69,9	8,6		14,1	
30	M2.46n441	441	2,46	M	78,6	23,2	70	83	68,6	13,2	10,4	117,5	24,8	29,3	90,2	10,4		16,8	

2. Début du programme développé en langage Visual Basic©



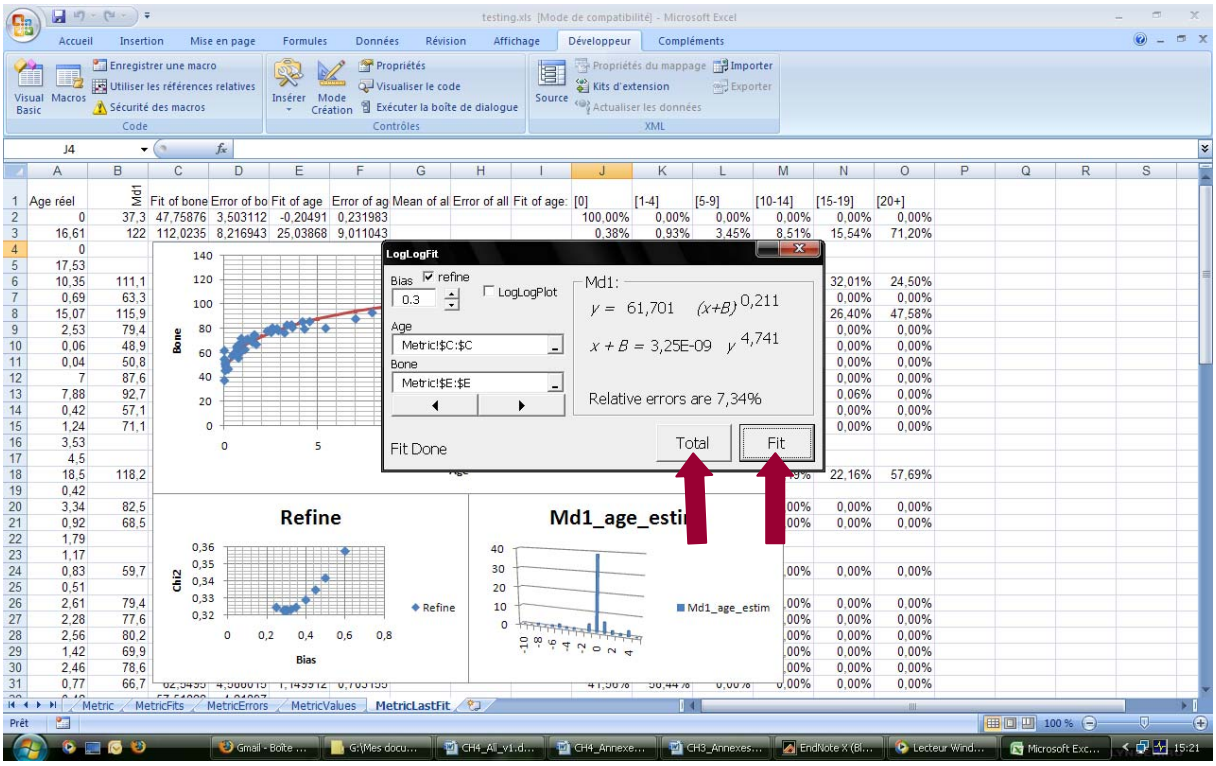
```
Option Base 1
Dim AgeClasses As Variant
Dim AllFits As Worksheet, AllErrors As Worksheet, Fitting As Worksheet, AllValues As Worksheet, ws As Worksheet
Dim c1 As ChartObject, c2 As ChartObject, c3 As ChartObject
Dim m As Double, b As Double, Sig As Double, im As Double, ib As Double, Bias As Double

Private Sub UserForm_Initialize()
    Dim i As Integer
    AgeClasses = Array(1, 5, 10, 15, 20)

    Set ws = ActiveSheet:
    On Error GoTo ErrorOnSheet
        i = InStr(ws.Name, "Fits"): If i Then Set ws = Sheets(Mid(ws.Name, 1, i - 1))
        i = InStr(ws.Name, "Errors"): If i Then Set ws = Sheets(Mid(ws.Name, 1, i - 1))
        i = InStr(ws.Name, "Values"): If i Then Set ws = Sheets(Mid(ws.Name, 1, i - 1))
        i = InStr(ws.Name, "LastFit"): If i Then Set ws = Sheets(Mid(ws.Name, 1, i - 1))
    On Error GoTo 0
    ws.Activate
    If RefEdit1.Value = "" Then RefEdit1.Value = ws.Name & "!$C:$C"
    If RefEdit2.Value = "" Then RefEdit2.Value = ws.Name & "!$E:$E"
    Exit Sub
ErrorOnSheet: MsgBox "Not a valid worksheet", vbExclamation
End Sub

Private Sub FitButton_Click()
    Dim N As Integer, i As Integer, ca As Integer, x() As Double, y() As Double
    Dim u As Double, d As Double, v As Double

    N = 0: i = 0: mx = 0: my = 0: u = 0: d = 0: Info.Caption = "Working...": UserForm1.Repaint

    Set tw = Range(RefEdit1.Value).Worksheet: s = tw.Name & "!" & tw.Columns(Range(RefEdit1.Value).Column).Address
    If s <> RefEdit1.Value Then MsgBox "Age column have to be a full one", vbExclamation: Exit Sub
    Set tw = Range(RefEdit2.Value).Worksheet: s = tw.Name & "!" & tw.Columns(Range(RefEdit2.Value).Column).Address
    If s <> RefEdit2.Value Then MsgBox "Bone column have to be a full one", vbExclamation: Exit Sub
    Set ws = Range(RefEdit2.Value).Worksheet
    If ws.Name <> Range(RefEdit1.Value).Worksheet.Name Then MsgBox "The ranges are not from the same sheet", vbExclamation: Exit
    On Error GoTo ErrorOnRange
        Set Age = Range(RefEdit1.Value).SpecialCells(xlCellTypeConstants)
        Set Bone = Range(RefEdit2.Value).SpecialCells(xlCellTypeConstants)
```

3. Choix des paramètres d'entrée : âge dentaire (*Age*) et mesure (*Bone*)

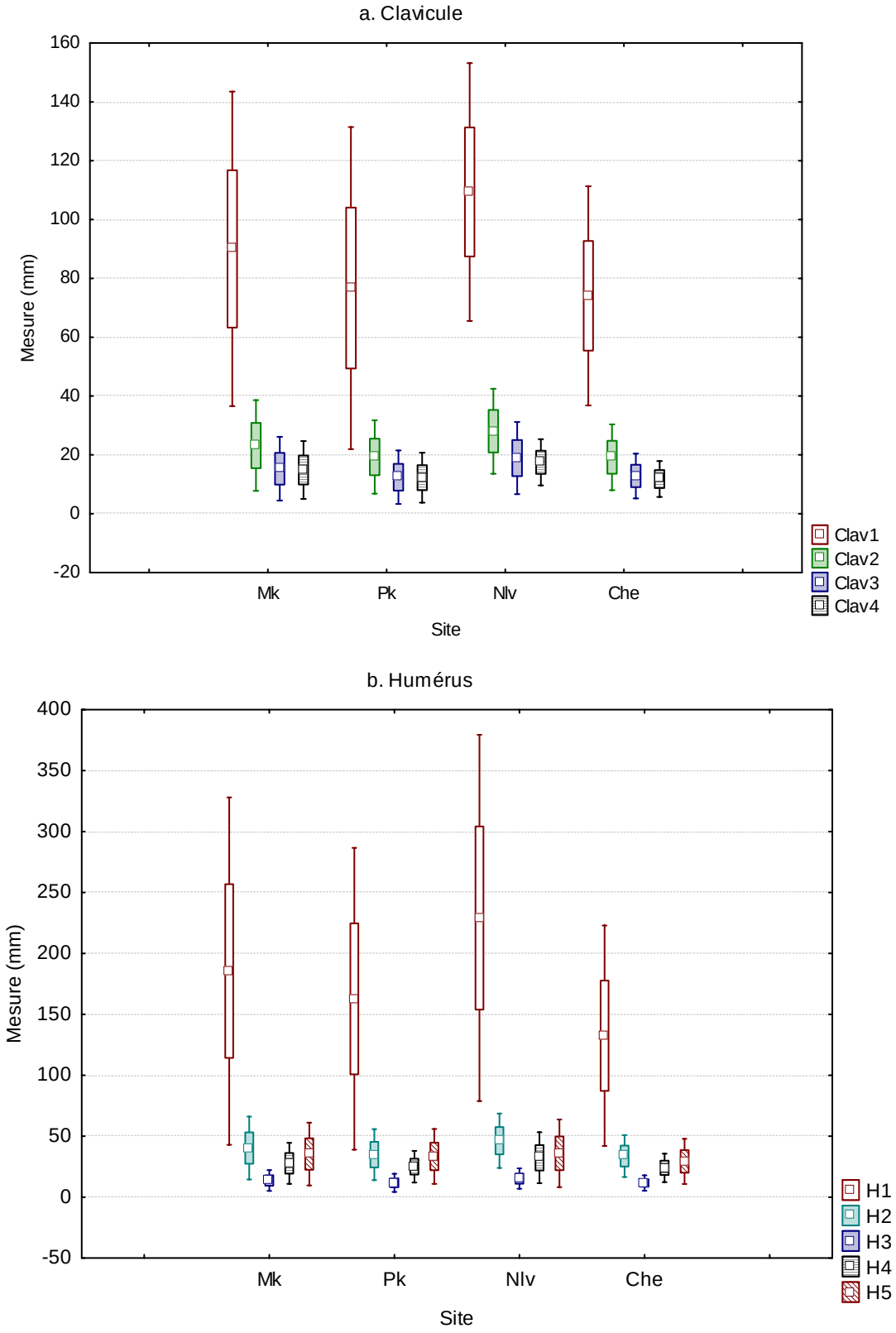


Note : les données de l'encadré sont les résultats de la modélisation de la variabilité intra-population pour la mesure choisie.

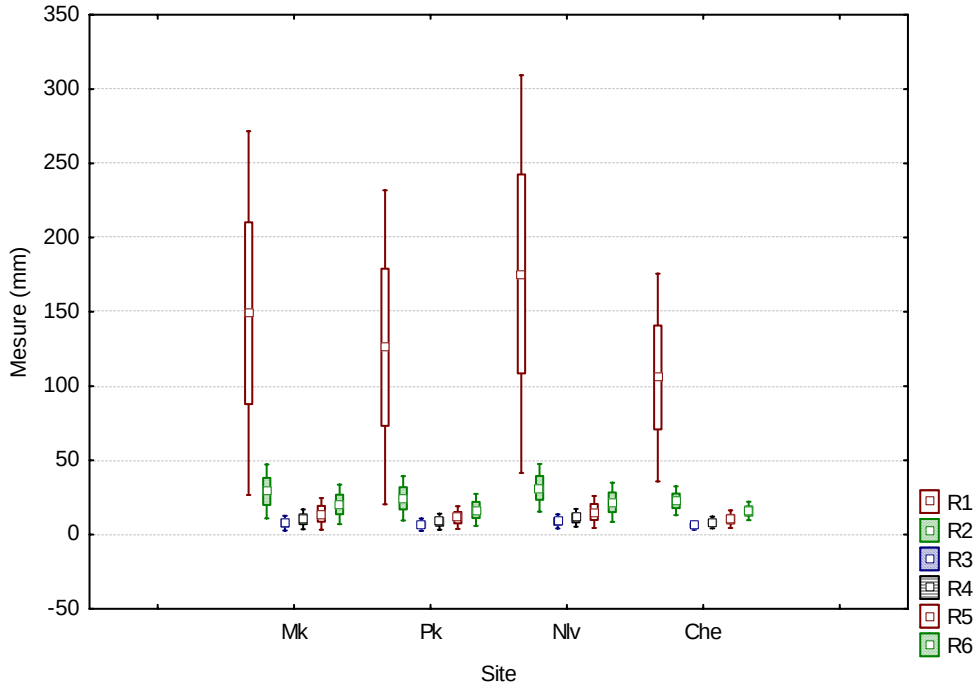
4. Calcul des probabilités *a posteriori* : soit par mesure (*Fit*) soit pour l'ensemble des mesures (*Total*)



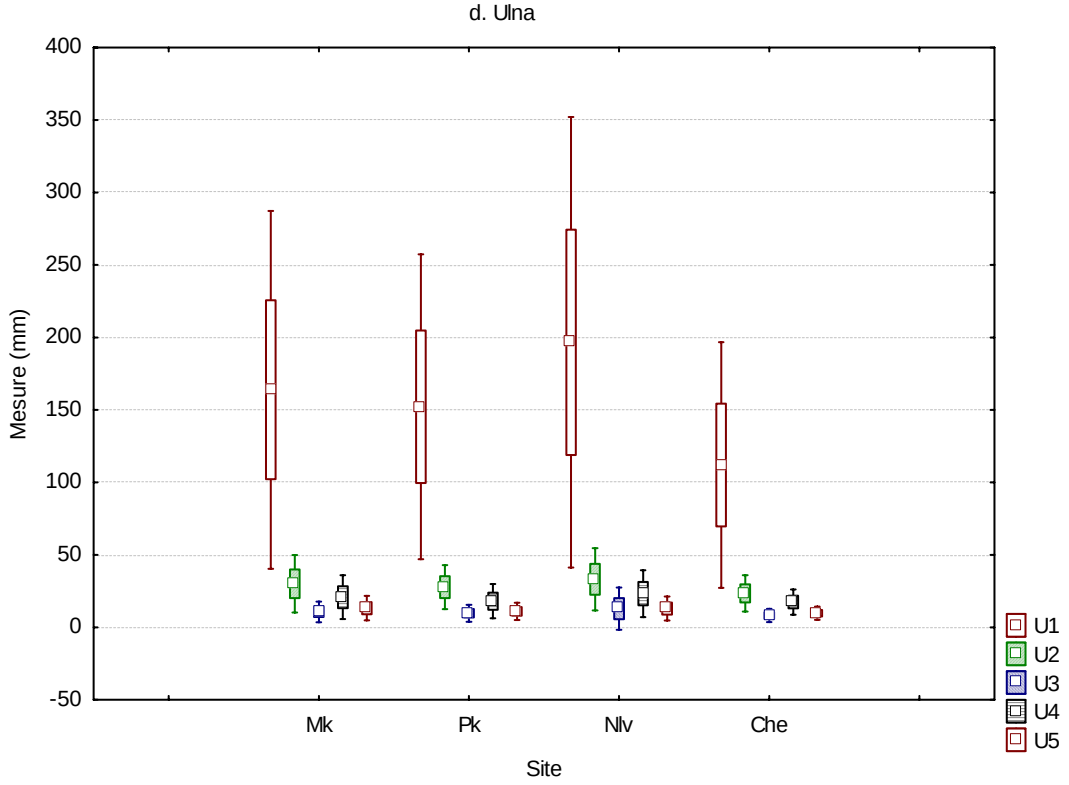
A12. Variabilité des mensurations par partie anatomique et par site (point central = moyenne ; boîte = ± 1 écart-type ; moustaches = ± 2 écart-types).



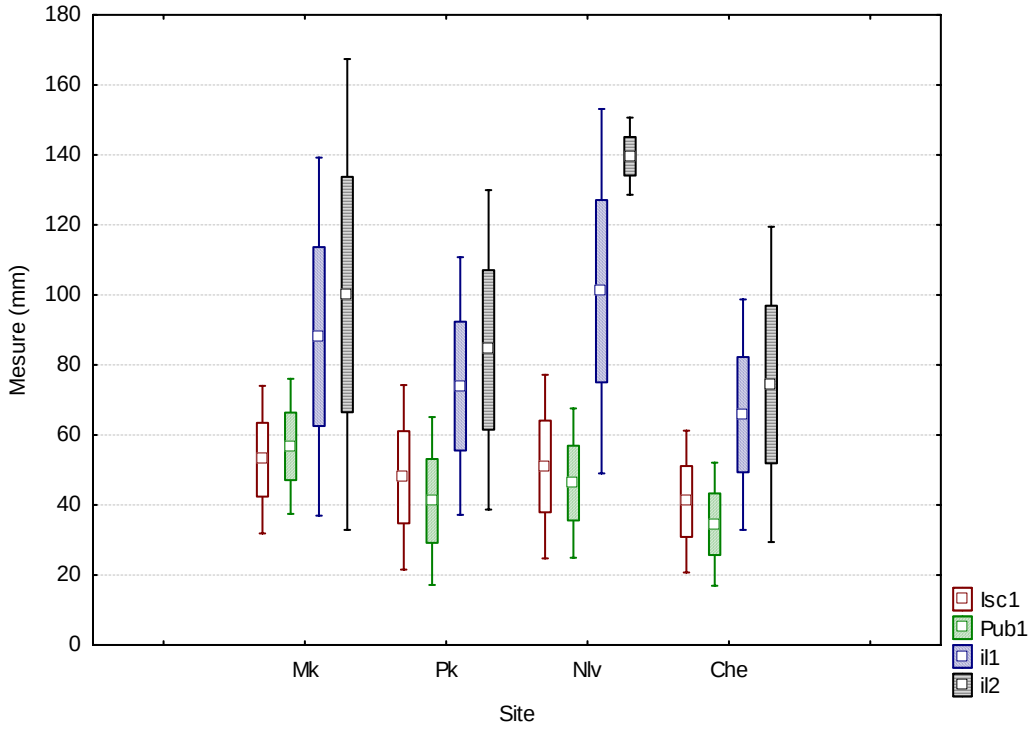
c. Radius



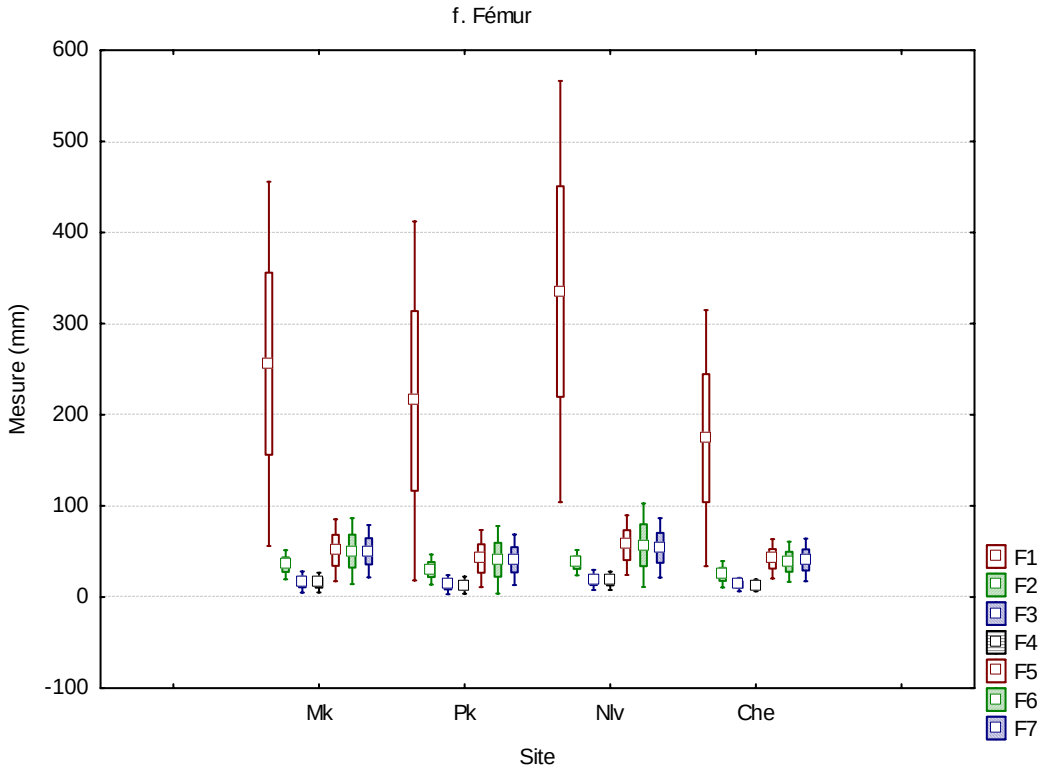
d. Ulna



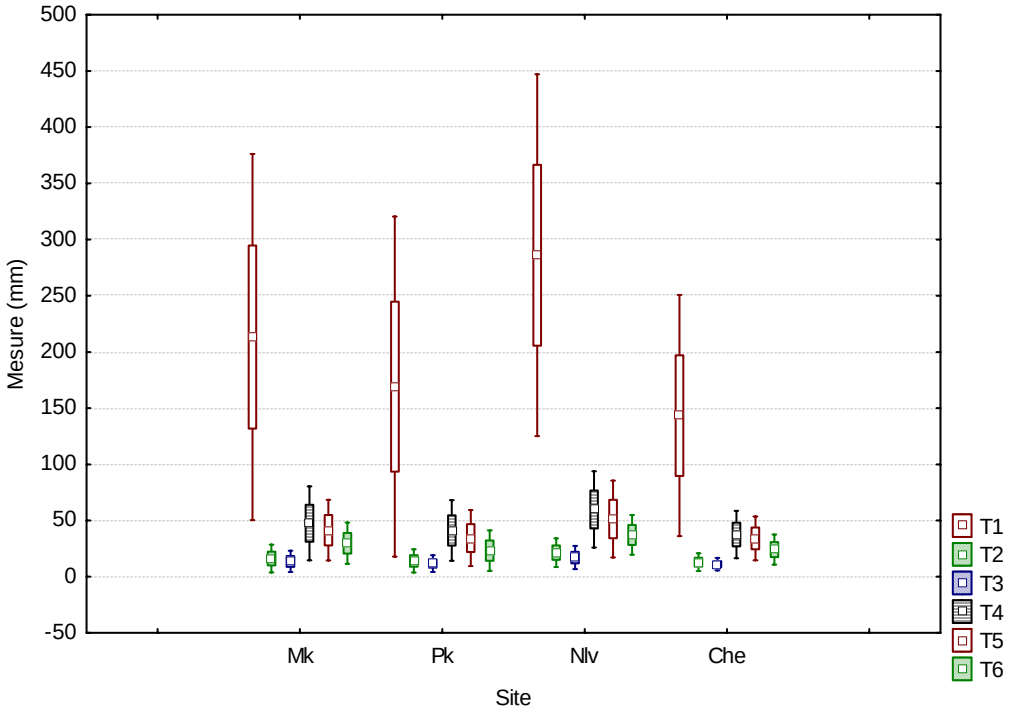
e. Os coxal



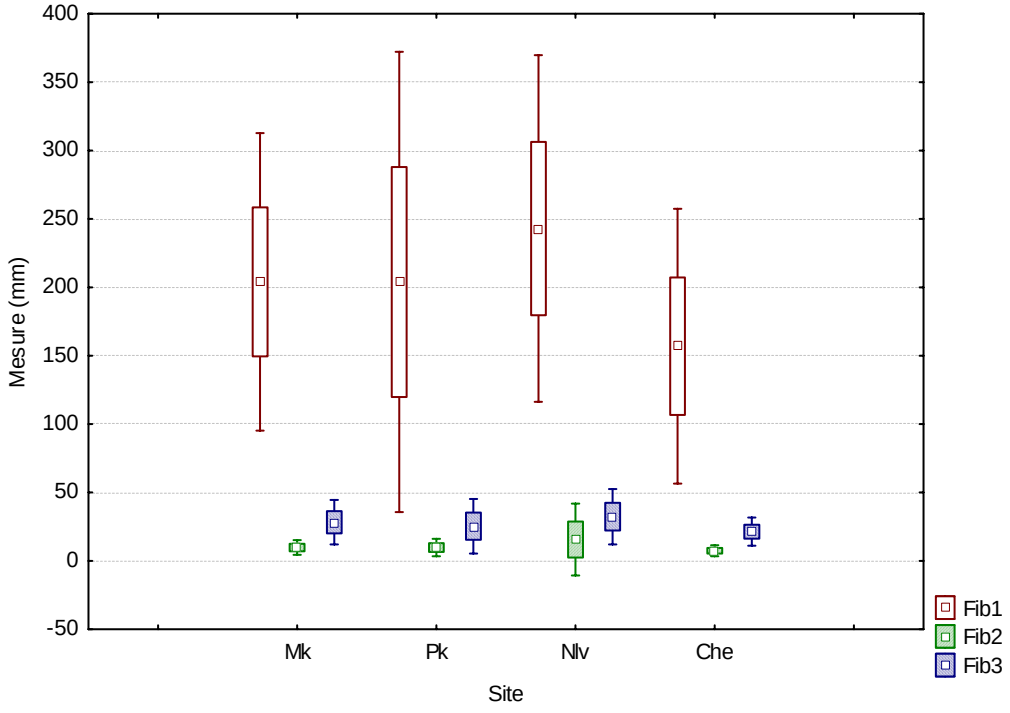
f. Fémur

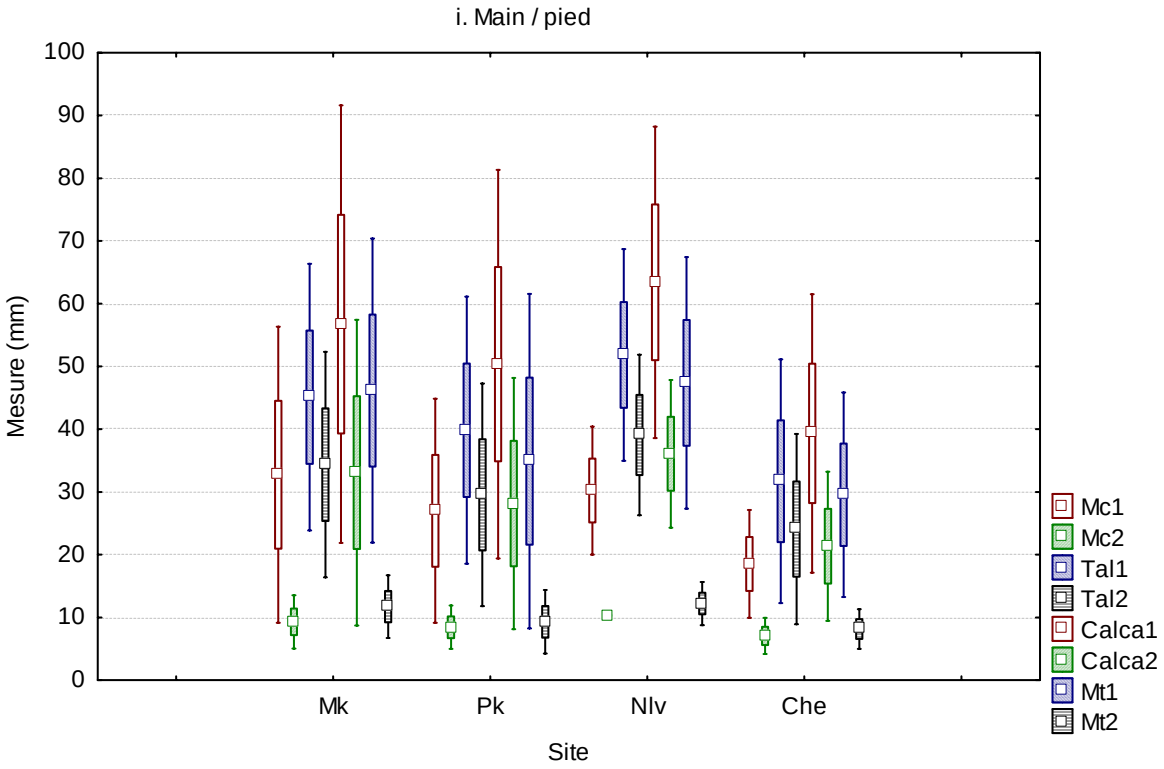


g. Tibia



h. Fibula





A13. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, échantillon total.

N : effectif utilisable ; Moy. : Moyenne ; SD : Ecart-type, *p* S-W : *p* du test de normalité de Shapiro-Wilk.

	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
Md1	76	78,7	16,1	0,30	35	71,3	15,9	0,60	45	69,3	12,8	0,75	25	89,4	11,1	0,90
Md2	73	29,1	6,4	0,63	25	26,3	6,1	0,86	46	26,3	5,7	0,13	27	30,8	5,0	0,96
Md3	79	26,2	3,9	0,82	31	24,7	4,6	0,45	48	24,9	4,0	0,71	24	28,2	3,3	0,06
Md4	37	96,8	14,7	0,47	13	92,0	12,7	0,74	21	94,5	10,0	0,32	12	108,3	10,9	0,74
Md5	48	80,1	11,6	0,06	18	77,3	12,6	0,69	22	75,1	9,7	0,26	14	87,9	9,2	0,98
Clav1	39	90,0	26,7	0,30	31	76,7	27,4	0,18	40	74,1	18,6	0,10	23	109,3	21,9	0,25
Clav2	49	23,2	7,7	0,02	38	19,3	6,2	0,03	45	19,2	5,6	0,18	30	28,0	7,2	0,56
Clav3	48	15,3	5,4	0,14	39	12,4	4,5	0,00	46	12,8	3,8	0,08	24	18,9	6,1	0,33
Clav4	47	14,9	4,9	0,02	32	12,3	4,3	0,09	44	11,8	3,0	0,16	22	17,5	3,9	0,49
H1	49	185,5	71,3	0,34	30	162,8	61,9	0,30	55	132,5	45,2	0,14	18	229,1	75,2	0,23
H2	66	40,3	12,9	0,34	44	34,8	10,5	0,26	64	33,7	8,6	0,14	44	46,3	11,2	0,10
H3	65	13,6	4,3	0,47	44	11,7	3,7	0,41	65	11,5	3,1	0,13	39	15,3	4,2	0,28
H4	53	27,7	8,4	0,72	30	25,0	6,5	0,79	52	24,0	5,8	0,14	25	32,4	10,9	0,66
H5	38	35,4	12,9	0,22	23	33,4	11,3	0,51	59	29,3	9,3	0,11	17	35,9	14,0	0,31
R1	28	149,1	61,2	0,14	24	126,2	52,9	0,31	49	105,8	35,0	0,11	10	175,8	67,1	0,32
R2	36	29,0	9,1	0,21	30	24,4	7,5	0,34	51	22,7	4,9	0,16	23	31,4	8,1	0,91
R3	37	7,8	2,5	0,06	30	6,7	2,1	0,40	49	6,2	1,4	0,15	22	8,8	2,4	0,88
R4	37	10,3	3,3	0,17	29	8,7	2,7	0,38	49	8,2	2,0	0,17	22	11,3	3,0	0,58
R5	32	14,0	5,3	0,43	25	11,5	3,8	0,34	54	10,4	3,0	0,12	11	15,3	5,4	0,51

A13. (suite) Statistiques élémentaires des variables métriques par site, échantillon total.

	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
R6	29	20,3	6,6	0,31	22	16,6	5,4	0,46	46	15,9	3,1	0,40	14	21,6	6,5	0,50
U1	24	163,9	61,7	0,72	22	152,2	52,6	0,81	53	112,0	42,4	0,11	8	196,7	77,7	0,12
U2	29	30,0	9,9	0,61	25	27,7	7,6	0,35	57	23,4	6,3	0,17	18	33,3	10,8	0,55
U3	29	10,7	3,5	0,65	25	9,7	2,9	0,71	57	8,2	2,3	0,07	18	12,9	7,3	0,24
U4	45	20,8	7,6	0,43	36	18,0	5,9	0,24	66	17,5	4,4	0,12	23	23,2	8,0	0,43
U5	24	13,3	4,2	0,83	17	11,0	3,0	0,33	51	9,8	2,3	0,10	12	13,1	4,2	0,66
Mc1	16	32,7	11,8	0,23	16	27,0	8,9	0,71	32	18,5	4,3	0,87	4	30,6	4,2	0,18
Mc2	17	9,3	2,1	0,26	16	8,4	1,7	0,85	34	7,1	1,4	0,24	4	10,3	0,1	0,65
Isc1	24	52,9	10,5	0,65	20	47,9	13,2	0,25	55	41,0	10,1	0,11	8	50,9	13,0	0,23
Pub1	15	56,8	9,7	0,33	20	41,2	12,0	0,42	37	34,5	8,8	0,10	7	46,3	10,7	0,95
il1	34	88,1	25,6	0,56	24	74,0	18,4	0,57	51	65,8	16,5	0,41	6	101,1	26,0	0,50
il2	32	100,1	33,6	0,75	24	84,3	22,8	0,50	47	74,4	22,5	0,13	3	137,3	1,5	0,64
F1	39	255,9	99,9	0,31	41	215,2	98,5	0,09	58	174,4	70,2	0,07	24	335,0	115,6	0,14
F2	29	35,5	8,0	0,10	23	30,2	8,2	0,94	31	25,0	7,2	0,15	28	38,0	7,0	0,66
F3	52	16,5	5,8	0,37	51	13,6	5,2	0,12	59	13,6	3,7	0,06	49	18,6	5,5	0,26
F4	52	15,8	5,4	0,10	50	13,0	4,7	0,07	60	12,7	3,3	0,15	49	18,7	8,3	0,14
F5	54	51,3	17,0	0,16	51	42,2	15,7	0,06	60	41,9	10,8	0,11	55	56,9	16,3	0,28
F6	34	50,4	18,1	0,68	36	40,9	18,5	0,02	59	38,7	11,0	0,09	20	56,8	22,9	0,51
F7	34	50,2	14,3	0,84	38	40,9	13,9	0,41	56	40,7	11,6	0,15	28	54,3	16,3	0,49
T1	32	213,2	81,5	0,83	34	169,2	75,7	0,05	51	143,4	53,7	0,10	22	286,0	80,5	0,09
T2	45	16,2	6,2	0,05	39	14,1	5,1	0,04	55	13,0	4,0	0,13	36	21,4	6,4	0,15
T3	45	13,6	4,8	0,01	40	11,7	3,7	0,15	55	11,1	2,7	0,32	36	17,0	5,1	0,21
T4	46	47,5	16,5	0,05	40	41,2	13,5	0,07	56	37,5	10,5	0,10	41	59,8	17,0	0,36
T5	33	41,3	13,5	0,94	32	34,4	12,4	0,14	48	34,1	9,7	0,17	23	51,4	17,1	0,44
T6	37	29,8	9,2	0,65	29	23,2	9,0	0,09	47	24,1	6,7	0,36	20	37,4	8,7	0,62
Fib1	15	204,0	54,4	0,87	14	203,9	84,1	0,93	34	156,9	50,2	0,13	4	243,0	63,3	0,12
Fib2	22	9,8	2,7	0,49	14	9,7	3,2	0,85	48	7,4	2,0	0,21	15	15,5	13,1	0,34
Fib3	22	28,3	8,1	0,40	14	25,3	10,0	0,63	47	21,4	5,1	0,07	13	32,3	10,1	0,54
Tal1	36	45,1	10,6	0,14	23	39,8	10,6	0,79	36	31,7	9,7	0,62	22	51,9	8,3	0,36
Tal2	33	34,4	9,0	0,08	21	29,5	8,9	0,98	33	24,1	7,6	0,72	21	39,0	6,3	0,51
Calca1	29	56,7	17,4	0,09	20	50,4	15,5	0,45	38	39,3	11,1	0,10	18	63,6	12,7	0,10
Calca2	24	33,1	12,2	0,17	17	28,1	10,0	0,79	36	21,4	5,9	0,46	14	36,4	6,1	0,17
Mt1	22	46,2	12,1	0,18	23	34,9	13,3	0,07	46	29,6	8,2	0,10	15	47,4	10,1	0,80
Mt2	23	11,7	2,5	0,83	25	9,3	2,5	0,35	47	8,2	1,6	0,12	16	12,1	1,6	0,42

A14. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [0].

N : effectif utilisable ; Moy. : Moyenne ; SD : Ecart-type, *p* S-W : *p* du test de normalité de Shapiro-Wilk.

[0]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
Md1	7	53,7	4,1	0,46	5	49,7	4,7	0,65	8	50,9	4,0	0,90	0	/	/	/
Md2	6	17,3	1,9	0,66	2	15,6	0,7	/	7	18,4	2,7	0,03	0	/	/	/
Md3	6	19,2	1,7	0,17	2	15,1	1,8	/	5	18,6	3,5	0,15	0	/	/	/
Md4	2	74,8	1,2	/	0	/	/	/	1	77,0	/	/	0	/	/	/
Md5	3	61,5	0,5	0,29	0	/	/	/	1	61,0	/	/	0	/	/	/
Clav1	5	49,8	8,0	0,06	6	42,6	4,6	0,92	6	46,0	6,3	0,46	0	/	/	/
Clav2	5	13,0	2,0	0,44	9	12,9	2,4	0,11	7	12,1	2,7	0,52	0	/	/	/
Clav3	5	8,5	1,5	0,07	8	8,0	0,9	0,72	10	8,3	1,4	0,12	1	8,0	/	/
Clav4	4	9,0	0,3	0,10	5	7,2	1,5	0,45	7	8,5	1,3	0,89	0	/	/	/
H1	6	71,6	12,9	0,09	3	70,7	3,1	0,64	12	69,2	9,7	0,30	1	89,0	/	/
H2	8	22,0	4,9	0,03	10	21,1	2,6	0,28	12	21,4	5,0	0,02	3	23,7	8,7	0,55
H3	8	7,2	1,4	0,14	10	6,9	1,1	0,82	12	7,2	1,7	0,20	3	7,4	2,9	0,56
H4	6	14,3	4,0	0,47	4	15,6	4,3	0,99	10	15,2	2,8	0,51	2	15,2	2,3	/
H5	6	17,7	4,1	0,16	4	18,5	1,9	0,68	13	17,8	3,7	0,63	3	16,6	5,2	0,68
R1	4	67,2	7,2	0,18	5	55,2	5,0	0,76	7	58,6	11,1	0,07	1	50,0	/	/
R2	5	16,2	3,0	0,01	6	14,2	3,4	0,00	6	15,7	4,0	0,15	1	15,0	/	/
R3	5	4,6	0,7	0,03	6	4,2	1,1	0,05	6	4,1	1,1	0,19	1	4,0	/	/
R4	5	5,6	1,0	0,29	5	4,6	0,7	0,40	6	5,1	1,4	0,23	1	5,5	/	/
R5	5	6,9	1,5	0,92	5	5,7	0,5	0,95	9	6,3	1,1	0,54	1	7,5	/	/
R6	3	11,6	3,0	0,88	4	8,7	1,7	0,18	6	10,9	1,9	0,28	0	/	/	/
U1	1	53,3	/	/	2	62,3	5,1	/	10	63,0	6,9	0,06	1	46,5	/	/
U2	3	14,7	5,9	0,33	2	13,5	3,5	/	11	15,7	4,1	0,95	2	14,0	5,7	/
U3	3	5,2	1,4	0,22	2	4,4	1,2	/	11	5,3	1,4	0,30	2	4,9	1,6	/
U4	9	11,0	2,5	0,32	6	10,3	0,8	0,57	11	11,0	2,4	0,23	3	10,8	2,9	0,13
U5	1	5,6	/	/	1	5,8	/	/	8	6,9	0,7	0,17	1	4,0	/	/
Mc1	1	12,6	/	/	1	12,4	/	/	3	10,9	2,3	0,92	0	/	/	/
Mc2	1	5,5	/	/	1	5,1	/	/	3	4,6	1,2	0,53	0	/	/	/
Isc1	1	28,0	/	/	0	/	/	/	5	23,4	6,9	0,12	1	25,5	/	/
Pub1	0	/	/	/	2	18,5	0,9	/	4	20,5	5,5	0,49	0	/	/	/
il1	2	40,2	8,1	/	1	43,0	/	/	6	37,0	8,9	0,16	0	/	/	/
il2	2	43,6	8,0	/	1	47,4	/	/	6	37,1	6,9	0,19	0	/	/	/
F1	4	89,7	16,2	0,64	7	86,9	12,9	0,56	11	86,1	18,3	0,24	2	88,6	48,7	/
F2	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/
F3	6	8,2	1,8	0,43	13	7,5	1,4	0,74	10	8,4	1,9	0,99	2	6,8	2,2	/
F4	6	8,6	1,5	0,95	13	7,7	1,1	0,56	10	8,1	1,8	0,09	2	8,0	3,2	/
F5	6	27,2	4,8	0,69	14	24,6	3,7	0,16	10	26,6	5,6	0,37	3	26,0	5,3	0,36
F6	3	19,5	4,8	0,38	8	20,0	2,5	0,05	9	21,0	4,9	0,31	2	20,0	11,5	/
F7	2	24,6	9,4	/	5	21,4	3,1	0,40	11	22,9	5,5	0,48	2	18,6	10,2	/
T1	2	74,8	20,1	/	7	82,8	11,6	0,61	10	73,1	14,9	0,15	1	62,0	/	/
T2	5	7,7	1,8	0,84	8	8,2	1,4	0,78	11	8,6	1,6	0,62	3	7,6	2,1	0,92

A14. (suite) Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [0].

[0]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
T3	5	7,8	1,2	0,27	8	7,3	1,3	0,80	11	7,4	1,2	0,38	3	6,3	1,9	0,58
T4	5	25,2	5,0	0,12	8	25,3	4,2	0,70	12	24,8	4,1	0,28	3	24,0	5,3	0,36
T5	2	16,3	7,1	/	5	20,5	3,6	0,77	7	18,3	4,3	0,69	1	10,1	/	/
T6	2	13,7	4,7	/	7	13,5	2,1	0,83	7	13,6	3,1	0,54	0	/	/	/
Fib1	0	/	/	/	1	55,0	/	/	2	70,6	5,2	/	0	/	/	/
Fib2	1	5,8	/	/	1	4,0	/	/	6	4,9	1,2	0,62	0	/	/	/
Fib3	1	17,0	/	/	1	12,0	/	/	6	14,5	3,8	0,26	0	/	/	/
Tal1	0	/	/	/	0	/	/	/	2	14,0	1,3	/	0	/	/	/
Tal2	0	/	/	/	0	/	/	/	2	10,5	1,3	/	0	/	/	/
Calca1	0	/	/	/	0	/	/	/	1	17,0	/	/	0	/	/	/
Calca2	0	/	/	/	0	/	/	/	1	10,8	/	/	0	/	/	/
Mt1	1	20,9	/	/	3	19,7	1,4	0,37	3	19,1	1,4	0,35	0	/	/	/
Mt2	1	6,3	/	/	3	6,3	0,6	0,59	3	6,4	0,5	0,71	0	/	/	/

A15. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [1-4].

N : effectif utilisable ; Moy. : Moyenne ; SD : Ecart-type, *p* S-W : *p* du test de normalité de Shapiro-Wilk.

[1-4]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
Md1	31	69,7	8,2	0,90	17	66,1	9,8	0,74	25	68,0	6,2	0,50	3	74,0	9,8	0,49
Md2	29	25,7	3,8	0,88	12	23,4	3,2	0,05	28	25,2	2,8	0,46	5	24,3	3,1	0,62
Md3	29	24,2	2,6	0,10	15	22,6	3,1	0,83	30	24,0	2,4	0,65	4	23,8	1,1	1,00
Md4	18	87,9	7,8	0,74	6	81,2	8,2	0,79	12	89,2	5,3	0,31	1	90,0	/	/
Md5	23	72,7	5,3	0,38	9	66,9	5,9	0,24	14	71,3	6,6	0,08	1	72,0	/	/
Clav1	13	75,8	11,9	0,37	12	65,2	8,1	0,19	23	70,3	5,1	0,55	3	74,3	5,5	0,90
Clav2	16	17,4	2,1	0,28	15	17,2	2,1	0,21	25	18,0	2,0	0,26	4	18,3	1,7	0,85
Clav3	14	11,2	2,2	1,00	15	10,1	1,1	0,45	24	12,4	1,7	0,49	3	11,6	1,2	0,19
Clav4	16	11,1	1,9	0,84	14	10,1	1,8	0,13	26	11,0	1,4	0,95	1	9,9	/	/
H1	15	142,2	28,1	0,46	11	121,0	20,3	0,05	30	133,1	18,0	0,23	3	130,3	10,0	0,89
H2	22	32,9	5,2	0,93	13	31,5	4,0	0,18	37	33,7	3,2	0,20	7	35,9	5,6	0,32
H3	21	11,2	1,5	0,79	13	10,5	1,5	0,13	37	11,5	1,1	0,65	7	11,9	2,0	0,44
H4	16	23,5	3,4	0,15	10	21,7	2,1	0,44	29	24,2	2,4	0,15	5	21,4	4,0	0,35
H5	9	28,7	2,9	0,09	5	24,3	2,2	0,24	31	28,8	2,5	0,12	3	23,8	0,2	0,70
R1	7	97,1	15,7	0,37	6	98,8	18,2	0,26	29	98,1	12,7	0,07	2	109,5	6,4	/
R2	9	22,1	2,0	0,67	8	21,3	3,7	0,48	32	21,7	1,9	0,25	4	22,5	3,4	0,85
R3	10	5,7	0,6	0,17	8	5,8	1,1	0,30	30	5,9	0,5	0,31	4	6,3	0,8	0,73
R4	10	8,0	0,9	0,61	8	7,3	1,3	0,52	30	7,8	0,9	0,94	4	7,7	1,1	0,88
R5	7	10,6	1,8	0,28	5	9,9	1,4	0,45	31	10,2	1,1	0,18	2	9,2	1,0	/
R6	7	14,9	1,7	0,65	4	13,8	3,6	0,94	27	15,5	1,6	0,74	3	13,7	0,9	0,34
U1	8	111,8	20,5	0,53	5	107,4	24,3	0,27	30	105,3	22,5	0,20	1	117,0	/	/

A15. (Suite) Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [1-4].

[1-4]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
U2	8	23,6	2,3	0,60	6	21,6	4,3	0,07	31	22,5	2,0	0,25	2	21,0	1,4	/
U3	8	8,4	0,9	0,44	6	7,2	1,2	0,77	31	8,0	0,9	0,77	2	7,1	0,4	/
U4	10	16,8	2,5	0,77	12	15,3	2,3	0,10	38	17,2	1,4	0,88	3	17,1	3,1	0,68
U5	6	9,7	1,1	0,76	4	8,2	1,1	0,79	29	9,4	1,3	0,43	1	8,8	/	/
Mc1	1	21,7	/	/	3	17,3	3,5	0,45	21	17,8	2,4	0,68	0	/	/	/
Mc2	1	7,3	/	/	3	6,7	1,1	0,86	22	6,7	0,9	0,29	0	/	/	/
Isc1	5	44,6	8,6	0,59	9	37,6	6,5	0,10	38	39,4	5,4	0,16	2	43,9	6,2	/
Pub1	2	45,6	0,6	/	6	32,8	4,6	0,98	27	33,7	4,5	0,50	4	39,3	6,7	0,08
il1	11	68,0	12,2	0,56	11	60,9	9,0	0,48	33	64,1	8,4	0,33	1	54,5	/	/
il2	9	70,5	15,0	0,53	10	66,5	9,6	0,30	29	71,2	9,5	0,09	0	/	/	/
F1	13	193,2	44,4	0,35	14	158,5	37,1	0,18	35	170,3	37,6	0,44	2	189,5	53,0	/
F2	5	25,0	2,5	0,89	5	20,2	3,6	0,57	15	20,0	3,6	0,65	2	27,3	0,6	/
F3	17	12,8	2,7	0,45	15	11,7	2,1	0,41	35	13,4	1,6	0,56	13	14,1	2,6	0,22
F4	17	12,5	2,3	0,33	15	11,5	1,6	0,62	36	12,7	1,6	0,27	13	13,5	2,1	0,23
F5	18	40,2	7,4	0,32	15	37,2	5,4	0,27	36	41,6	4,8	0,07	14	44,1	6,7	0,12
F6	11	37,9	8,5	0,06	13	33,5	5,8	0,06	38	38,9	5,5	0,79	4	40,6	8,1	0,29
F7	10	38,4	8,2	0,16	13	32,0	5,0	0,35	32	41,7	5,0	0,67	5	39,6	7,1	0,36
T1	12	153,5	29,3	0,89	11	126,5	22,8	0,51	29	139,6	20,3	0,35	2	187,5	13,4	/
T2	17	12,9	2,8	0,19	14	11,6	2,6	0,15	31	12,6	1,8	0,05	5	15,0	3,6	0,24
T3	17	11,2	2,2	0,35	15	10,1	1,5	0,07	31	11,2	1,3	0,48	5	12,9	2,5	0,44
T4	17	38,2	7,5	0,07	15	35,0	6,2	0,23	31	37,3	4,5	0,28	7	43,6	8,6	0,13
T5	11	32,3	6,9	0,12	12	26,5	4,9	0,72	29	33,4	4,3	0,06	3	30,5	8,7	0,26
T6	13	22,4	3,7	0,08	9	19,2	3,0	0,53	26	23,1	3,0	0,56	2	24,1	5,0	/
Fib1	5	146,6	24,4	0,60	4	128,3	30,5	0,07	20	136,4	21,4	0,30	0	/	/	/
Fib2	6	7,4	1,2	0,36	4	8,9	4,2	0,24	27	6,9	0,9	0,70	2	5,8	0,9	/
Fib3	6	21,7	3,5	0,30	4	16,4	8,1	0,83	27	20,3	2,5	0,49	2	17,0	1,4	/
Tal1	6	29,8	5,9	0,93	5	25,3	4,6	0,50	18	27,1	5,1	0,64	0	/	/	/
Tal2	6	22,7	7,4	0,36	5	18,3	3,3	0,64	17	20,6	4,2	0,91	0	/	/	/
Calca1	7	33,3	6,9	0,62	4	26,4	2,6	0,11	22	33,7	5,4	0,50	1	44,6	/	/
Calca2	6	17,0	4,8	0,59	4	15,0	2,4	0,33	22	18,3	3,3	0,90	1	25,3	/	/
Mt1	4	30,0	4,9	0,99	5	20,4	2,2	0,71	26	25,5	3,6	0,12	0	/	/	/
Mt2	4	8,6	1,3	0,68	6	6,9	0,9	0,42	27	7,4	0,8	0,38	0	/	/	/

A16. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [5-9].

N : effectif utilisable ; Moy. : Moyenne ; SD : Ecart-type, *p* S-W : *p* du test de normalité de Shapiro-Wilk.

[5-9]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
Md1	19	81,9	8,1	0,72	10	82,8	8,3	0,57	9	82,4	6,4	0,81	8	84,3	6,7	0,92
Md2	21	31,6	2,7	0,30	9	30,2	2,6	0,31	8	33,1	2,7	0,50	10	29,6	2,3	0,63
Md3	24	27,1	1,9	0,95	11	27,7	1,9	0,80	9	29,2	2,0	0,98	8	27,5	2,8	0,31
Md4	7	101,9	9,6	0,71	6	100,0	6,8	0,40	7	104,0	5,5	0,38	4	100,8	6,3	0,37
Md5	9	87,0	8,5	0,14	6	86,2	8,4	0,16	6	85,0	8,3	0,76	4	79,5	1,9	0,27
Clav1	11	92,2	5,7	0,07	10	96,3	13,9	0,97	8	92,5	8,8	0,81	7	96,7	11,0	0,08
Clav2	12	22,3	2,5	0,80	10	23,2	3,0	0,71	9	23,0	3,2	0,49	9	24,4	4,4	0,09
Clav3	16	16,2	3,4	0,12	13	15,2	2,2	0,58	8	15,8	2,3	0,47	6	15,3	2,6	0,65
Clav4	16	15,8	2,4	0,38	9	15,3	1,6	0,14	8	14,7	1,8	0,30	8	14,3	2,1	0,84
H1	17	202,8	32,8	0,96	13	194,5	29,4	0,14	10	179,4	21,0	0,37	4	194,3	16,3	0,11
H2	21	42,1	6,7	0,22	17	41,3	3,9	0,20	11	40,7	4,4	0,97	13	42,9	5,0	0,14
H3	21	14,2	2,0	0,67	17	13,9	1,5	0,10	11	13,6	1,4	0,83	11	13,7	1,4	0,21
H4	20	29,5	4,5	0,47	14	28,2	4,0	0,11	10	29,0	3,7	0,08	6	28,5	2,7	0,47
H5	15	38,2	6,2	0,95	10	37,8	5,2	0,42	11	36,0	2,6	0,32	4	35,5	2,7	0,26
R1	7	149,7	16,0	0,18	9	151,2	21,6	0,14	10	135,1	16,2	0,24	0	/	/	/
R2	11	29,5	3,3	0,65	12	27,9	2,6	0,06	10	27,2	2,6	0,22	3	27,3	2,5	0,78
R3	11	8,0	0,9	0,17	12	7,4	0,6	0,87	10	7,3	0,7	0,83	3	7,7	0,8	0,46
R4	11	10,4	1,3	0,70	12	10,0	1,1	0,45	10	9,9	1,0	0,81	3	9,8	1,0	0,79
R5	11	14,0	2,4	0,10	11	12,9	1,7	0,10	11	12,6	1,2	0,31	2	12,7	0,7	/
R6	10	19,5	2,9	0,78	10	18,1	2,0	0,29	11	18,5	1,6	0,55	3	18,4	2,1	0,18
U1	8	161,9	23,5	0,29	11	163,5	23,6	0,30	11	153,4	21,6	0,20	1	184,0	/	/
U2	10	29,7	4,5	0,43	13	29,3	2,2	0,06	12	29,5	4,2	0,40	4	30,0	4,1	0,21
U3	10	10,4	1,5	0,85	13	10,4	1,1	0,75	12	10,4	1,4	0,32	4	10,3	1,3	0,92
U4	15	22,7	4,0	0,35	13	21,6	3,7	0,86	12	21,5	2,1	0,41	4	20,6	2,1	0,96
U5	9	12,3	1,9	0,09	9	11,5	1,9	0,12	11	11,5	1,4	0,65	3	12,2	2,5	0,45
Mc1	8	27,3	5,9	0,06	9	27,5	4,3	0,26	7	22,9	3,3	0,47	2	28,1	3,8	/
Mc2	8	8,1	0,8	0,14	9	8,8	0,8	0,81	8	8,7	0,9	0,85	1	10,5	/	/
Isc1	10	55,3	6,3	0,71	9	54,3	9,5	0,69	10	51,0	5,6	0,52	4	58,0	5,2	0,88
Pub1	6	51,2	7,5	0,43	11	48,3	5,9	0,45	5	44,3	4,0	0,17	0	/	/	/
il1	11	90,5	11,7	0,75	11	86,4	10,1	0,43	9	81,3	9,0	0,50	1	94,0	/	/
il2	11	99,9	13,3	0,84	11	97,0	12,7	0,07	9	92,6	9,1	0,16	0	/	/	/
F1	13	276,3	38,1	0,09	15	274,1	35,5	0,41	9	239,0	29,1	0,24	7	291,6	42,7	0,86
F2	10	32,1	4,1	0,85	12	30,0	4,9	0,50	10	26,5	2,5	0,67	7	31,3	5,5	0,49
F3	15	17,3	2,2	0,22	18	17,2	2,1	0,35	9	16,4	1,3	0,09	15	17,3	2,5	0,21
F4	15	16,2	2,1	0,33	17	15,9	2,0	0,17	9	14,9	1,4	0,57	15	16,4	2,0	0,27
F5	15	53,8	6,6	0,22	17	52,8	6,6	0,32	9	49,8	3,5	0,22	15	53,8	7,3	0,54
F6	12	53,4	5,7	0,16	12	52,8	8,5	0,98	10	47,9	4,0	0,24	4	53,3	5,6	0,81
F7	11	51,1	6,7	0,88	15	48,5	6,8	0,28	9	49,7	4,2	0,51	6	50,9	5,2	0,29
T1	10	225,9	32,3	0,94	14	221,1	31,2	0,12	9	188,0	22,4	0,62	4	226,3	13,1	0,77
T2	12	18,2	4,0	0,64	14	17,9	1,8	0,20	9	16,2	1,5	0,23	7	19,2	2,9	0,44

A16. (suite) Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [5-9].

[5-9]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
T3	12	14,5	2,4	0,30	14	14,5	1,1	0,74	9	13,4	1,2	0,41	7	15,3	1,4	0,49
T4	12	52,4	9,5	0,81	14	51,0	4,4	0,74	9	45,8	4,1	0,57	8	56,8	6,2	0,77
T5	11	41,9	4,8	0,15	12	41,9	5,0	0,43	8	41,8	3,7	0,81	3	41,1	1,4	0,25
T6	12	31,5	4,7	0,60	11	28,8	3,4	0,32	9	28,8	2,0	0,30	5	29,8	3,1	0,16
Fib1	7	211,1	22,8	0,84	7	233,0	33,6	0,44	9	184,2	21,1	0,64	2	188,5	12,0	/
Fib2	10	9,9	1,8	0,48	7	10,2	1,6	0,15	9	8,3	1,0	0,78	3	8,4	1,0	0,09
Fib3	10	27,7	4,8	0,32	7	28,5	3,0	0,86	9	24,9	2,4	0,29	3	26,0	1,7	/
Tal1	10	43,0	5,9	0,80	14	41,0	5,1	0,25	9	36,4	3,0	0,12	6	41,4	5,2	0,50
Tal2	8	32,4	5,7	0,28	13	30,8	4,7	0,94	9	28,2	2,4	1,00	6	30,7	3,3	0,68
Calca1	8	51,9	8,1	0,23	12	52,2	7,7	0,19	9	44,5	5,0	0,55	5	51,0	8,5	0,77
Calca2	6	30,2	5,7	0,48	9	28,8	4,9	0,38	8	25,7	2,2	0,20	3	29,7	4,2	0,33
Mt1	5	47,2	6,5	0,42	12	39,0	4,8	0,06	10	33,4	3,4	0,97	6	39,0	6,5	0,34
Mt2	5	11,6	0,8	0,77	13	10,1	1,1	0,70	10	9,1	0,7	0,57	6	10,8	1,8	0,43

A17. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [10-14].

N : effectif utilisable ; Moy. : Moyenne ; SD : Ecart-type, *p* S-W : *p* du test de normalité de Shapiro-Wilk.

[10-14]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
Md1	12	96,4	6,9	0,49	3	98,0	6,2	0,46	3	89,0	14,2	0,41	8	92,1	7,0	0,13
Md2	12	35,3	3,6	0,84	2	37,4	4,0	/	3	36,4	1,2	0,18	6	32,5	3,5	0,82
Md3	13	30,5	2,7	0,95	3	30,1	2,9	0,40	4	29,2	4,2	0,66	5	29,2	3,2	0,78
Md4	7	112,7	9,1	0,76	1	109,0	/	/	1	110,0	/	/	4	113,0	8,0	0,83
Md5	10	92,5	4,7	0,23	3	90,7	5,8	/	1	84,0	/	/	5	92,8	7,9	0,42
Clav1	9	125,7	10,7	0,43	3	125,7	12,0	0,91	3	109,7	18,0	0,37	7	120,9	16,4	0,80
Clav2	12	32,6	3,9	0,10	3	32,7	2,1	0,46	4	30,3	7,3	0,60	10	30,2	5,0	0,53
Clav3	10	21,8	4,4	0,06	3	23,3	1,8	0,39	4	20,5	2,0	0,90	8	22,0	5,1	0,65
Clav4	9	21,6	4,0	0,85	3	19,1	2,4	0,25	3	18,4	3,7	0,59	8	19,3	2,7	0,69
H1	11	279,8	24,3	0,99	3	270,7	45,5	0,51	3	223,0	26,0	0,07	6	279,2	27,9	0,18
H2	13	58,5	5,8	0,24	4	52,9	7,0	0,43	4	51,0	9,1	0,37	13	54,2	4,4	0,64
H3	13	19,6	2,0	0,41	4	18,3	2,3	0,67	4	17,1	3,5	0,35	10	18,5	1,6	0,97
H4	10	39,3	5,3	0,15	2	37,4	4,4	/	3	34,2	4,8	0,93	7	40,3	4,4	0,34
H5	6	54,0	4,9	0,16	4	48,6	5,8	0,98	4	52,1	9,4	0,96	5	49,5	4,6	0,38
R1	9	212,8	18,1	0,59	4	199,5	25,7	0,71	3	192,7	36,1	0,88	5	205,6	29,8	0,05
R2	9	39,9	3,4	0,43	4	35,8	3,0	0,95	3	33,5	4,8	0,30	10	35,2	4,5	0,76
R3	9	10,7	1,1	0,05	4	10,2	1,1	0,88	3	9,4	1,7	0,65	9	10,2	1,4	0,45
R4	9	14,6	1,4	0,16	4	12,5	1,0	0,41	3	12,0	1,8	0,12	9	13,0	1,1	0,55
R5	8	20,4	3,3	0,70	4	16,6	1,8	0,68	3	17,2	5,3	0,54	4	18,7	2,8	0,36
R6	8	27,7	3,2	0,64	4	23,6	3,3	0,09	2	22,1	4,6	/	5	25,7	4,0	0,12
U1	6	234,7	22,9	0,68	4	222,3	31,2	0,82	2	231,0	32,5	/	3	244,7	7,6	0,25

A17. (suite) Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [10-14].

[10-14]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
U2	6	42,8	5,0	0,09	4	38,6	5,3	0,82	3	36,7	5,8	/	5	40,0	5,1	0,50
U3	6	15,4	2,0	0,09	4	13,8	2,3	0,99	3	12,8	2,3	0,29	5	19,1	10,6	0,16
U4	8	30,5	3,8	0,58	4	26,9	4,2	0,89	4	26,1	5,6	0,33	8	26,2	6,2	0,11
U5	7	17,8	3,0	0,96	3	15,0	0,9	0,36	3	14,5	2,7	0,13	5	15,4	3,2	0,80
Mc1	4	43,2	5,5	0,60	3	40,1	1,4	0,46	1	26,4	/	/	0	/	/	/
Mc2	5	11,4	0,9	0,90	3	10,4	1,5	0,91	1	8,6	/	/	1	10,4	/	/
Isc1	6	56,7	10,7	0,91	2	65,4	17,4	/	2	65,2	12,9	/	1	62,6	/	/
Pub1	6	64,0	5,0	0,54	1	57,4	/	/	1	63,3	/	/	1	62,3	/	/
il1	9	116,0	10,3	0,54	1	112,0	/	/	3	96,3	9,5	0,94	2	109,0	11,3	/
il2	9	135,6	14,9	0,91	2	122,5	16,3	/	3	125,7	14,6	0,26	2	141,0	7,1	/
F1	9	390,9	29,1	0,37	5	377,2	45,8	0,54	3	351,7	48,0	0,71	7	401,1	42,9	0,45
F2	11	42,9	3,7	0,61	5	40,8	5,3	0,87	5	37,4	6,3	0,36	11	39,8	3,8	0,10
F3	11	23,2	3,3	0,27	5	22,6	3,3	0,58	4	22,2	2,4	0,38	12	23,4	3,0	0,84
F4	11	21,9	3,9	0,96	5	22,0	2,2	0,83	4	20,2	1,7	0,78	12	21,6	2,4	0,15
F5	12	69,8	10,9	0,57	5	71,1	7,8	0,86	4	67,5	6,0	0,28	14	70,1	7,9	0,19
F6	7	74,6	7,4	0,27	3	81,0	4,9	0,19	2	69,4	6,0	/	7	74,1	13,1	0,08
F7	10	63,8	6,7	0,87	5	60,7	9,6	0,86	4	61,9	7,5	0,46	10	64,1	7,5	0,50
T1	7	309,9	21,4	0,27	2	342,5	7,8	/	3	281,0	31,2	0,79	9	313,4	37,3	0,67
T2	8	24,6	1,7	0,42	3	23,8	2,0	0,29	3	24,2	2,8	0,53	12	25,1	2,4	0,49
T3	8	18,8	1,9	0,31	3	19,0	3,4	0,32	3	17,7	1,0	0,51	12	19,0	1,9	0,83
T4	9	66,4	9,6	0,52	3	68,0	7,3	0,89	3	66,3	6,7	0,58	13	68,4	6,1	0,48
T5	8	55,3	7,0	0,98	3	59,0	3,5	0,27	4	51,8	9,1	0,10	10	58,8	7,0	0,07
T6	8	40,4	4,0	0,71	2	44,5	1,6	/	4	37,1	4,7	0,95	8	39,4	6,5	0,73
Fib1	3	283,3	11,0	0,90	2	328,0	25,5	/	3	270,0	35,6	0,43	1	295,0	/	/
Fib2	5	13,2	1,3	1,00	2	12,7	3,1	/	4	11,1	1,2	0,31	6	17,2	10,6	0,20
Fib3	5	39,6	4,6	0,98	2	38,8	11,0	/	4	32,0	3,2	0,65	5	38,0	8,9	0,96
Tal1	13	53,6	4,7	0,92	4	53,9	8,4	0,82	3	46,4	3,3	0,20	10	55,3	3,4	0,64
Tal2	13	41,9	3,7	0,19	3	43,0	5,7	0,94	3	36,2	4,2	0,46	9	43,1	4,2	0,89
Calca1	12	72,6	5,6	0,24	4	68,9	7,6	0,99	3	57,9	5,9	0,25	7	71,8	6,2	0,68
Calca2	10	42,9	5,4	0,25	4	39,8	7,4	0,08	3	33,9	3,3	0,35	4	39,2	3,7	0,66
Mt1	9	56,3	4,8	0,32	3	58,2	5,8	0,70	4	44,9	5,2	0,37	7	51,3	6,5	0,11
Mt2	10	13,6	1,6	0,75	3	13,9	1,2	0,89	4	11,7	1,3	0,36	8	13,0	1,0	0,30

A18. Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [15-19].

N : effectif utilisable ; Moy. : Moyenne ; SD : Ecart-type, *p* S-W : *p* du test de normalité de Shapiro-Wilk.

[15-19]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
Md1	6	102,3	6,3	0,86	0	/	/	/	0	/	/	/	6	100,2	9,2	0,57
Md2	4	38,6	5,4	0,35	0	/	/	/	0	/	/	/	6	36,5	3,4	0,62
Md3	6	29,6	3,4	0,81	0	/	/	/	0	/	/	/	7	30,8	1,5	0,23
Md4	3	116,0	10,6	0,36	0	/	/	/	0	/	/	/	3	118,3	4,9	0,19
Md5	3	93,3	7,5	0,93	0	/	/	/	0	/	/	/	4	94,0	3,6	0,41
Clav1	1	132,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	128,2	7,9	0,31
Clav2	4	33,3	1,5	0,22	1	30,0	/	/	0	/	/	/	7	35,1	6,1	0,68
Clav3	2	21,3	0,9	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	24,0	3,3	0,82
Clav4	2	19,8	4,7	/	1	20,0	/	/	0	/	/	/	5	21,2	1,6	0,86
H1	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	4	297,8	34,1	0,05
H2	2	57,0	1,4	/	0	/	/	/	0	/	/	/	7	59,0	3,2	0,49
H3	2	19,9	0,1	/	0	/	/	/	0	/	/	/	7	20,2	1,4	0,30
H4	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	41,8	7,0	0,21
H5	1	60,6	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	50,4	2,3	/
R1	1	264,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	229,0	45,3	/
R2	2	41,0	4,2	/	0	/	/	/	0	/	/	/	4	40,3	4,0	0,30
R3	2	11,2	1,6	/	0	/	/	/	0	/	/	/	4	11,0	1,5	0,47
R4	2	13,4	2,5	/	0	/	/	/	0	/	/	/	4	14,4	1,7	0,54
R5	1	21,8	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	20,9	2,9	/
R6	1	33,6	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	30,0	7,2	/
U1	1	283,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	246,0	36,8	/
U2	2	42,0	5,7	/	0	/	/	/	0	/	/	/	5	41,4	5,5	0,58
U3	2	14,9	0,6	/	0	/	/	/	0	/	/	/	5	14,4	1,9	0,48
U4	2	31,6	4,5	/	0	/	/	/	0	/	/	/	5	32,0	4,0	0,07
U5	1	18,9	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	14,7	0,7	/
Mc1	2	49,2	2,1	/	0	/	/	/	0	/	/	/	1	37,1	/	/
Mc2	2	11,6	0,8	/	0	/	/	/	0	/	/	/	1	10,2	/	/
Isc1	1	63,2	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/
Pub1	1	69,2	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/
il1	1	129,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	120,0	14,1	/
il2	1	164,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	1	137,0	/	/
F1	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	440,2	34,7	0,84
F2	2	43,3	0,8	/	0	/	/	/	0	/	/	/	8	43,5	4,5	0,32
F3	3	25,3	2,9	0,70	0	/	/	/	0	/	/	/	7	25,6	1,2	0,98
F4	3	24,8	2,2	0,85	0	/	/	/	0	/	/	/	7	25,2	2,3	0,62
F5	3	79,0	5,6	0,70	0	/	/	/	0	/	/	/	7	80,5	4,7	0,58
F6	1	74,4	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	86,7	9,6	/
F7	1	76,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	4	72,1	6,8	0,47
T1	1	402,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	355,0	31,5	0,57
T2	2	23,0	4,2	/	0	/	/	/	0	/	/	/	8	27,2	1,8	0,77

A18. (suite) Statistiques élémentaires des variables métriques par site, classe [15-19].

[15-19]	Mikulčice				Prušánky				Cherbourg				Norroy			
	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W	N	Moy.	SD	*p* S-W
T3	2	24,4	9,5	/	0	/	/	/	0	/	/	/	8	22,3	4,2	0,07
T4	2	76,0	7,1	/	0	/	/	/	0	/	/	/	8	78,6	8,6	0,30
T5	1	73,0	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	5	67,3	7,9	0,41
T6	1	47,6	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	5	46,2	4,0	0,70
Fib1	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	1	300,0	/	/
Fib2	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	4	23,3	20,5	0,60
Fib3	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	3	39,3	2,5	0,78
Tal1	3	56,7	2,2	0,79	0	/	/	/	0	/	/	/	6	56,6	8,3	0,09
Tal2	2	40,6	2,4	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	41,5	1,9	0,48
Calca1	1	74,8	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	5	67,8	9,9	0,28
Calca2	1	50,4	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	6	39,0	3,0	0,65
Mt1	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	58,9	12,4	/
Mt2	0	/	/	/	0	/	/	/	0	/	/	/	2	13,1	1,4	/

A19. Liste des indices utilisés dans l'étude.

Les indices adaptés spécialement au squelette immature sont marqués d'un astérisque.

Partie anatomique	Code utilisé dans l'étude	Nom	Formule
Mandibule	IMd1	Indice mandibulaire	Md1x100/Md4
	IMd2	Indice gonio-condylien	Md5x100/Md4
Clavicule	IC1	Indice de robustesse	Clav2x100/Clav1
	IC2*	Indice claviculo-huméral	Clav1x100/H1
	IC3	Indice de largeur acromiale	Clav3x100/Clav1
	IC4	Indice de largeur sternale	Clav4x100/Clav1
Humérus	IH1*	Indice de robustesse	H2x100/H1
	IH2	Indice huméro-fémoral	H1x100/F1
	IH3	Indice brachial	R1x100/H1
	IH4*	Indice de largeur proximale	H4x100/H1
	IH5*	Indice de largeur distale	H5x100/H1

A19. (suite) Liste des indices utilisés dans l'étude.

Partie anatomique	Code utilisé dans l'étude	Nom	Formule
Radius	IR1*	Indice de robustesse	R2x100/R1
	IR2*	Indice d'aplatissement diaphysaire	R3x100/R4
	IR3*	Indice de largeur proximale	R5x100/R1
	IR4*	Indice de largeur distale	R6x100/R1
Ulna	IU1*	Indice de robustesse	U2x100/U1
	IU2*	Indice de largeur proximale	U4x100/U1
	IU3*	Indice de largeur distale	U5x100/U1
Os coxal	II1*	Indice de largeur de l'ilion	il2x100/il1
	IP1*	Indice ischio-pubien	Pub1x100/Isc1
Fémur	IF1	Indice de robustesse	F5x100/F1
	IF2*	Indice de robusticité (Morel 1962)	(F3+F4)x100/F1
	IF3	Indice pilastrique	F3x100/F4
	IF4*	Indice métaphyso-diaphysaire	F4x100/F7
	IF5*	Indice intermembral	(H1+R1)x100/(F1+T1)
Tibia	IT1*	Indice de robustesse	T4x100/T1
	IT2*	Indice diaphysaire au milieu	T3x100/T2
	IT3*	Indice crural	T1x100/F1
	IT4*	Indice de largeur proximale	T5x100/T1
	IT5*	Indice de largeur distale	T6x100/T1
Fibula	IFib1	Indice de robustesse	Fib3x100/Fib1
Talus	ITal1	Indice de largeur	Tal2x100/Tal1
Calcanéus	ICalca1	Indice de largeur	Calca2x100/Calca1
Métacarpien I	IMc1*	Indice de robustesse	Mc2x100/Mc1
Métatarsien I	IMt1*	Indice de robustesse	Mt2x100/Mt1

A20. Homoscédacité des variances : test de Levene et de Brown-Forsythe.

Les résultats significatifs représentant des variances non-homogènes sont grisés.

	Test de Levene		Test de Brown-Forsythe	
	F	*p*	F	*p*
IMd1	1,425	0,242	1,242	0,300
IMd2	1,263	0,293	0,510	0,677
IC1	0,741	0,529	0,577	0,631
IC2	5,463	0,001	1,425	0,238
IC3	1,869	0,138	0,895	0,446
IC4	2,877	0,039	1,078	0,361
IH1	1,218	0,305	1,287	0,281
IH2	0,044	0,987	0,153	0,928
IH3	3,963	0,009	0,869	0,459
IH4	1,964	0,122	0,854	0,466
IH5	4,755	0,003	1,305	0,275
IU1	0,921	0,433	0,522	0,668
IU2	0,628	0,598	0,372	0,773
IU3	0,652	0,583	0,491	0,689
IR1	6,651	0,000	3,162	0,028
IR2	0,299	0,826	0,289	0,833
IR3	1,103	0,351	0,486	0,693
IR4	2,946	0,036	1,020	0,387
IMc1	7,957	0,000	4,160	0,009
II1	8,985	0,000	6,032	0,001
IP1	8,709	0,000	2,369	0,075
IF1	0,923	0,431	1,078	0,360
IF2	2,895	0,037	2,799	0,042
IF3	0,101	0,959	0,086	0,968
IF4	1,458	0,228	0,758	0,519
IF5	0,412	0,745	0,575	0,632
IT1	2,022	0,114	1,637	0,184
IT2	3,160	0,026	2,534	0,059
IT3	10,188	0,000	2,502	0,061
IT4	1,282	0,283	0,420	0,739
IT5	3,146	0,027	0,804	0,494
IFib1	4,639	0,005	3,153	0,031
ITal1	0,407	0,748	0,055	0,983
ICalca1	5,890	0,001	1,796	0,153
IMt1	0,851	0,469	0,776	0,510

A21. Résultats de l'analyse des variances (ANOVA) sur la population globale, sans distinction par classe d'âge.

Les indices moyens pour chaque site sont notés en en-tête, les différences significatives en grisé.

ANOVA pour IMd1 (F = 8,42 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	82,8	87,7	86,1	77,6	82,8	87,7	86,1	77,6
Mk		0,131	0,532	0,032		0,084	0,449	0,016
Pk	0,131		0,936	0,000	0,084		0,916	0,000
Nlv	0,532	0,936		0,007	0,449	0,916		0,003
Che	0,032	0,000	0,007		0,016	0,000	0,003	

ANOVA pour IMd2 (F = 8,42 ; p = 0,007)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	83,4	84,92	80,7	80,1	83,4	84,92	80,7	80,1
Mk		0,770	0,412	0,076		0,712	0,329	0,045
Pk	0,770		0,172	0,031	0,712		0,115	0,016
Nlv	0,412	0,172		0,989	0,329	0,115		0,985
Che	0,076	0,031	0,989		0,045	0,016	0,985	

ANOVA pour IC1 (F = 1,022 ; p = 0,385)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	24,9	26,0	26,0	26,0	24,9	26,0	26,0	26,0
Mk		0,606	0,650	0,532		0,525	0,574	0,445
Pk	0,606		1,000	1,000	0,525		1,000	1,000
Nlv	0,650	1,000		1,000	0,574	1,000		1,000
Che	0,532	1,000	1,000		0,445	1,000	1,000	

ANOVA pour IC2 (F = 3,919 ; p = 0,0112)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	51,8	51,4	46,1	54,0	51,8	51,4	46,1	54,0
Mk		0,998	0,129	0,680		0,997	0,082	0,609
Pk	0,998		0,225	0,627	0,997		0,159	0,550
Nlv	0,129	0,225		0,011	0,082	0,159		0,005
Che	0,680	0,627	0,011		0,609	0,550	0,005	

ANOVA pour IC3 (F = 2,170 ; p = 0,095)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	16,3	16,5	17,5	17,2	16,3	16,5	17,5	17,2
Mk		0,969	0,223	0,295		0,959	0,157	0,218
Pk	0,969		0,478	0,632	0,959		0,393	0,556
Nlv	0,223	0,478		0,974	0,157	0,393		0,965
Che	0,295	0,632	0,974		0,218	0,556	0,965	

ANOVA pour IC4 (F = 1,201 ; p = 0,313)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	16,1	15,5	15,5	16,3	16,1	15,5	15,5	16,3
Mk		0,699	0,782	0,982		0,631	0,727	0,976
Pk	0,699		1,000	0,478	0,631		1,000	0,394
Nlv	0,782	1,000		0,596	0,727	1,000		0,517
Che	0,982	0,478	0,596		0,976	0,394	0,517	

ANOVA pour IH1 (F = 8,989 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	22,6	23,5	21,6	25,7	22,6	23,5	21,6	25,7
Mk		0,740	0,828	0,000		0,677	0,782	0,000
Pk	0,740		0,388	0,082	0,677		0,300	0,044
Nlv	0,828	0,388		0,001	0,782	0,300		0,000
Che	0,000	0,082	0,001		0,000	0,044	0,000	

ANOVA pour IH2 (F = 6,830 ; p = 0,0003)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	73,7	75,3	70,4	77,9	73,7	75,3	70,4	77,9
Mk		0,757	0,430	0,026		0,698	0,346	0,013
Pk	0,757		0,108	0,304	0,698		0,067	0,227
Nlv	0,430	0,108		0,002	0,346	0,067		0,001
Che	0,026	0,304	0,002		0,013	0,227	0,001	

A21. (suite) Résultats de l'analyse des variances (ANOVA) sur la population globale, sans distinction par classe d'âge.

ANOVA pour IH3 (F = 1,020 ; p = 0,387)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	75,3	73,7	74,6	75,0	75,3	73,7	74,6	75,0
Mk		0,444	0,968	0,987		0,36	0,96	0,98
Pk	0,444		0,922	0,534	0,36		0,90	0,45
Nlv	0,968	0,922		0,994	0,96	0,90		0,99
Che	0,987	0,534	0,994		0,98	0,45	0,99	

ANOVA pour IH4 (F = 14,639 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	16,0	15,4	15,0	18,3	16,0	15,4	15,0	18,3
Mk		0,790	0,487	0,000		0,735	0,398	0,000
Pk	0,790		0,950	0,000	0,735		0,934	0,000
Nlv	0,487	0,950		0,000	0,398	0,934		0,000
Che	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	

ANOVA pour IH5 (F = 7,729 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	20,1	19,6	19,0	22,1	20,1	19,6	19,0	22,1
Mk		0,922	0,604	0,018		0,899	0,526	0,008
Pk	0,922		0,932	0,011	0,899		0,911	0,005
Nlv	0,604	0,932		0,003	0,526	0,911		0,001
Che	0,018	0,011	0,003		0,008	0,005	0,001	

ANOVA pour IU1 (F = 6,556 ; p = 0,0004)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	19,0	18,9	18,3	21,1	19,0	18,9	18,3	21,1
Mk		0,999	0,941	0,018		0,999	0,923	0,009
Pk	0,999		0,965	0,016	0,999		0,953	0,007
Nlv	0,941	0,965		0,058	0,923	0,953		0,033
Che	0,018	0,016	0,058		0,009	0,007	0,033	

ANOVA pour IU2 (F = 7,142 ; p = 0,0002)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	14,3	13,8	14,2	15,7	14,3	13,8	14,2	15,7
Mk		0,859	1,000	0,021		0,819	1,000	0,010
Pk	0,859		0,944	0,002	0,819		0,927	0,001
Nlv	1,000	0,944		0,183	1,000	0,927		0,124
Che	0,021	0,002	0,183		0,010	0,001	0,124	

ANOVA pour IU3 (F = 9,070 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	7,8	7,1	7,1	8,7	7,8	7,1	7,1	8,7
Mk		0,468	0,541	0,055		0,384	0,458	0,031
Pk	0,468		0,999	0,001	0,384		0,998	0,000
Nlv	0,541	0,999		0,010	0,458	0,998		0,004
Che	0,055	0,001	0,010		0,031	0,000	0,004	

ANOVA pour IR1 (F = 3,841 ; p = 0,0118)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	20,8	20,4	18,6	22,0	20,8	20,4	18,6	22,0
Mk		0,968	0,340	0,429		0,958	0,259	0,345
Pk	0,968		0,544	0,208	0,958		0,462	0,145
Nlv	0,340	0,544		0,036	0,259	0,462		0,019
Che	0,429	0,208	0,036		0,345	0,145	0,019	

ANOVA pour IR2 (F = 1,260 ; p = 0,289)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	75,9	78,0	78,5	76,1	75,9	78,0	78,5	76,1
Mk		0,625	0,545	0,999		0,546	0,459	0,999
Pk	0,625		0,996	0,650	0,546		0,995	0,573
Nlv	0,545	0,996		0,567	0,459	0,995		0,483
Che	0,999	0,650	0,567		0,999	0,573	0,483	

A21. (suite) Résultats de l'analyse des variances (ANOVA) sur la population globale, sans distinction par classe d'âge.

ANOVA pour IMc1 (F = 11,801 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	29,7	32,9	32,9	38,2	29,7	32,9	32,9	38,2
Mk		0,364	0,787	0,000		0,283	0,734	0,000
Pk	0,364		1,000	0,009	0,283		1,000	0,004
Nlv	0,787	1,000		0,370	0,734	1,000		0,288
Che	0,000	0,009	0,370		0,000	0,004	0,288	

ANOVA pour II1 (F = 7,730 ; p = 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	112,5	111,0	128,0	112,8	112,5	111,0	128,0	112,8
Mk		0,836	0,000	0,997		0,791	0,000	0,995
Pk	0,836		0,000	0,694	0,791		0,000	0,625
Nlv	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000		0,000
Che	0,997	0,694	0,000		0,995	0,625	0,000	

ANOVA pour IP1 (F = 4,524 ; p = 0,0063)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	101,2	89,7	83,7	87,0	101,2	89,7	83,7	87,0
Mk		0,130	0,590	0,007		0,083	0,511	0,003
Pk	0,130		0,973	0,923	0,083		0,965	0,900
Nlv	0,590	0,973		0,995	0,511	0,965		0,994
Che	0,007	0,923	0,995		0,003	0,900	0,994	

ANOVA pour IF1 (F = 7,416 ; p = 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	21,1	22,0	20,4	23,9	21,1	22,0	20,4	23,9
Mk		0,721	0,894	0,005		0,655	0,864	0,001
Pk	0,721		0,346	0,108	0,655		0,261	0,062
Nlv	0,894	0,346		0,001	0,864	0,261		0,000
Che	0,005	0,108	0,001		0,001	0,062	0,000	

ANOVA pour IF2 (F = 10,058 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	13,2	13,7	12,5	15,0	13,2	13,7	12,5	15,0
Mk		0,761	0,671	0,001		0,702	0,597	0,000
Pk	0,761		0,186	0,033	0,702		0,121	0,015
Nlv	0,671	0,186		0,000	0,597	0,121		0,000
Che	0,001	0,033	0,000		0,000	0,015	0,000	

ANOVA pour IF3 (F = 1,280 ; p = 0,283)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	103,8	103,1	104,5	106,5	103,8	103,1	104,5	106,5
Mk		0,984	0,989	0,555		0,979	0,985	0,470
Pk	0,984		0,911	0,340	0,979		0,884	0,256
Nlv	0,989	0,911		0,773	0,985	0,884		0,716
Che	0,555	0,340	0,773		0,470	0,256	0,716	

ANOVA pour IF4 (F = 12,120 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	33,9	34,2	36,0	31,1	33,9	34,2	36,0	31,1
Mk		0,996	0,209	0,011		0,995	0,140	0,004
Pk	0,996		0,262	0,002	0,995		0,185	0,001
Nlv	0,209	0,262		0,000	0,140	0,185		0,000
Che	0,011	0,002	0,000		0,004	0,001	0,000	

ANOVA pour IF5 (F = 0,0848 ; p = 0,968)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	75,7	73,3	70,7	74,0	75,7	73,3	70,7	74,0
Mk		0,992	0,972	0,996		0,989	0,963	0,995
Pk	0,992		0,996	1,000	0,989		0,995	1,000
Nlv	0,972	0,996		0,990	0,963	0,995		0,987
Che	0,996	1,000	0,990		0,995	1,000	0,987	

A21. (suite) Résultats de l'analyse des variances (ANOVA) sur la population globale, sans distinction par classe d'âge.

ANOVA pour IT1 (F = 4,807 ; p = 0,0033)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	25,0	26,3	24,1	27,4	25,0	26,3	24,1	27,4
Mk		0,569	0,883	0,051		0,485	0,849	0,025
Pk	0,569		0,232	0,630	0,485		0,159	0,552
Nlv	0,883	0,232		0,013	0,849	0,159		0,005
Che	0,051	0,630	0,013		0,025	0,552	0,005	

ANOVA pour IT2 (F = 3,120 ; p = 0,0276)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	85,9	85,5	80,8	87,1	85,9	85,5	80,8	87,1
Mk		0,999	0,165	0,939		0,998	0,105	0,920
Pk	0,999		0,246	0,888	0,998		0,171	0,856
Nlv	0,165	0,246		0,034	0,105	0,171		0,015
Che	0,939	0,888	0,034		0,920	0,856	0,015	

ANOVA pour IT3 (F = 0,170 ; p = 0,918)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	80,7	80,5	81,4	80,7	80,7	80,5	81,4	80,7
Mk		0,998	0,962	1,000		0,997	0,949	1,000
Pk	0,998		0,921	0,996	0,997		0,897	0,995
Nlv	0,962	0,921		0,953	0,949	0,897		0,939
Che	1,000	0,996	0,953		1,000	0,995	0,939	

ANOVA pour IT4 (F = 22,877 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	19,5	20,3	18,9	23,7	19,5	20,3	18,9	23,7
Mk		0,709	0,935	0,000		0,642	0,915	0,000
Pk	0,709		0,437	0,000	0,642		0,352	0,000
Nlv	0,935	0,437		0,000	0,915	0,352		0,000
Che	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	

ANOVA pour IT5 (F = 20,188 ; p < 0,0001)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	14,2	14,4	13,3	16,4	14,2	14,4	13,3	16,4
Mk		0,953	0,404	0,000		0,938	0,320	0,000
Pk	0,953		0,201	0,000	0,938		0,138	0,000
Nlv	0,404	0,201		0,000	0,320	0,138		0,000
Che	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	

ANOVA pour IFib1 (F = 2,714 ; p = 0,0523)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	13,6	13,1	13,3	14,6	13,6	13,1	13,3	14,6
Mk		0,901	0,992	0,397		0,871	0,990	0,314
Pk	0,901		0,998	0,104	0,871		0,997	0,064
Nlv	0,992	0,998		0,614	0,990	0,997		0,536
Che	0,397	0,104	0,614		0,314	0,064	0,536	

ANOVA pour ITal1 (F = 0,410 ; p = 0,742)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	76,8	75,0	76,2	75,6	76,8	75,0	76,2	75,6
Mk		0,775	0,990	0,907		0,718	0,987	0,879
Pk	0,775		0,938	0,985	0,718		0,919	0,980
Nlv	0,990	0,938		0,992	0,987	0,919		0,989
Che	0,907	0,985	0,992		0,879	0,980	0,989	

ANOVA pour ICalca1 (F = 1,926 ; p = 0,131)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	58,2	56,7	57,2	55,1	58,2	56,7	57,2	55,1
Mk		0,835	0,958	0,150		0,790	0,945	0,098
Pk	0,835		0,995	0,771	0,790		0,993	0,714
Nlv	0,958	0,995		0,660	0,945	0,993		0,587
Che	0,150	0,771	0,660		0,098	0,714	0,587	

ANOVA pour IMt1 (F = 5,783 ; p = 0,0011)

	Test de Scheffé				Test HSD de Tukey			
Site	{1}	{2}	{3}	{4}	{1}	{2}	{3}	{4}
	25,5	28,1	26,1	28,7	25,5	28,1	26,1	28,7
Mk		0,086	0,959	0,004		0,051	0,946	0,002
Pk	0,086		0,370	0,904	0,051		0,288	0,875
Nlv	0,959	0,370		0,081	0,946	0,288		0,048
Che	0,004	0,904	0,081		0,002	0,875	0,048	

A22. Liste des relations allométriques étudiées (se reporter à la liste des mesures pour les correspondances).

Mandibule :

- A1 = Md4 par rapport à Md1
- A2 = Md5 par rapport à Md1
- A3 = Md4 par rapport à Md5

Clavicule :

- A4 = Clav2 par rapport à Clav1
- A5 = Clav3 par rapport à Clav1
- A6 = Clav4 par rapport à Clav1
- A7 = Clav1 par rapport à H1

Humérus :

- A8 = H2 par rapport à H1
- A9 = H4 par rapport à H1
- A10 = H5 par rapport à H1
- A11 = H1 par rapport à F1

Radius :

- A12 = R2 par rapport à R1
- A13 = R3 par rapport à R4
- A14 = R5 par rapport à R1
- A15 = R6 par rapport à R1
- A16 = R1 par rapport à H1
- A17 = U1 par rapport à R1

Ulna :

- A18 = U2 par rapport à U1
- A19 = U4 par rapport à U1
- A20 = U5 par rapport à U1

Os coxal :

- A22 = il2 par rapport il1
- A23 = Pub1 par rapport à Isc1

Métacarpiens / Métatarsiens :

- A21 = Mc2 par rapport à Mc1
- A38 = Mt2 par rapport à Mt1
- A39 = Mc1 par rapport à Mt1

Fémur :

- A24 = F3 par rapport à F1
- A25 = F4 par rapport à F1
- A26 = F5 par rapport à F1
- A27 = F3 par rapport à F4
- A28 = F4 par rapport à F7

Tibia :

- A29 = T4 par rapport à T1
- A30 = T5 par rapport à T1
- A31 = T6 par rapport à T1
- A32 = T3 par rapport à T2
- A33 = T1 par rapport à F1

Fibula :

- A34 = Fib3 par rapport à Fib1
- A35 = Fib1 par rapport à T1

Talus / Calcanéus :

- A36 = Tal2 par rapport à Tal1
- A37 = Calca2 par rapport à Calca1

A23. Description des relations allométriques (allométrie positive, allométrie négative, isométrie).

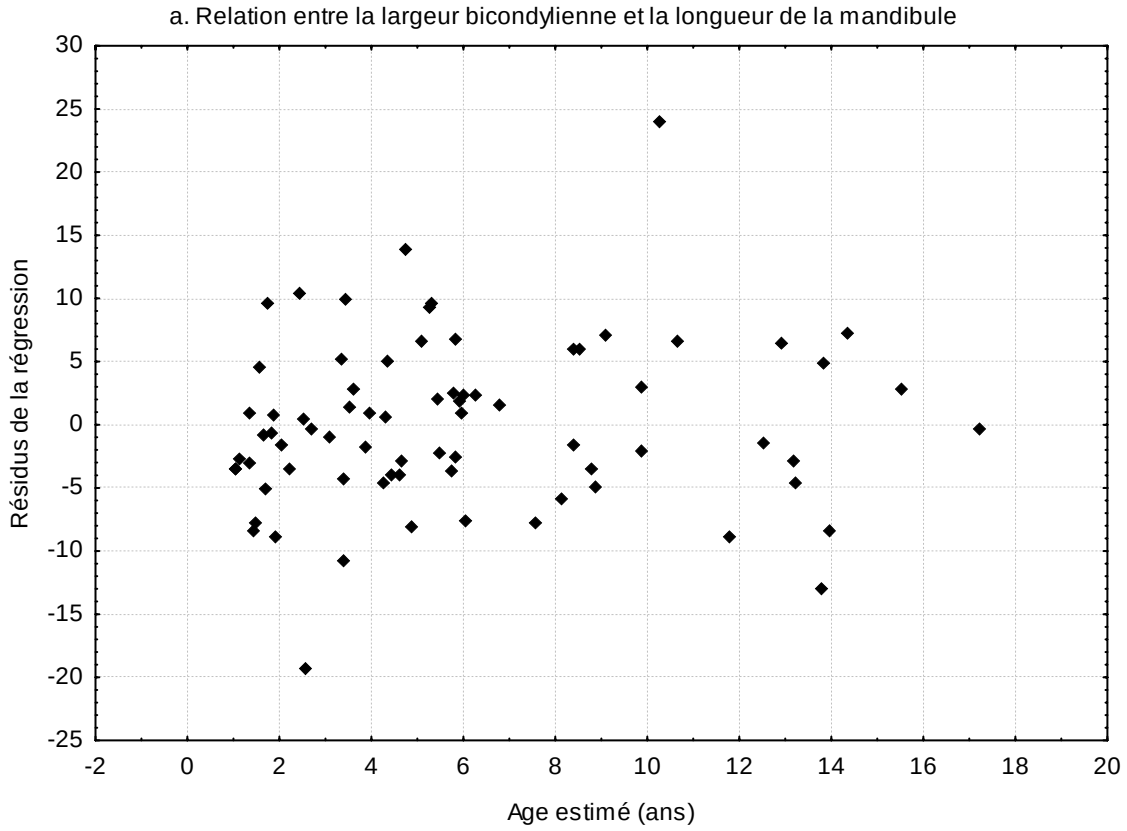
Relation	Pente	Type	Relation	Pente	Type
A1	0,5 à 0,63	Négative	A21	0,15 à 0,26	Négative
A2	0,66 à 0,86	Négative	A22	1,18 à 1,22	Positive
A3	0,71 à 0,92	Négative	A23	0,5 à 0,83	Négative
A4	0,24 à 0,31	Négative	A24	0,05 environ	Négative
A5	0,17 à 0,22	Négative	A25	0,04 à 0,05	Négative
A6	0,34 à 0,37	Négative	A26	0,15 à 0,16	Négative
A7	0,15 à 0,17	Négative	A27	1,03 à 1,06	Isométrie
A8	0,15 à 0,17	Négative	A28	2,76 à 3,00	Positive
A9	0,10 à 0,13	Négative	A29	0,16 à 0,19	Négative
A10	0,15 à 0,16	Négative	A30	0,15 à 0,19	Négative
A11	0,56 à 0,68	Négative	A31	0,10 à 0,12	Négative
A12	0,13 à 0,15	Négative	A32	1,08 à 1,15	Isométrie
A13	0,07 à 0,09	Négative	A33	0,76 à 0,80	Négative
A14	0,09 à 0,013	Négative	A34	0,09 à 0,012	Négative
A15	0,72 à 0,74	Négative	A35	0,88 à 0,96	Isométrie
A16	0,72 à 0,75	Négative	A36	0,78 à 0,80	Négative
A17	1,02 à 1,1	Isométrie	A37	0,59 à 0,64	Négative
A18	0,13 à 0,16	Négative	A38	0,15 à 0,20	Négative
A19	1,22 à 1,36	Positive	A39	0,64 à 0,70	Négative
A20	1,88 à 2, 59	Positive			

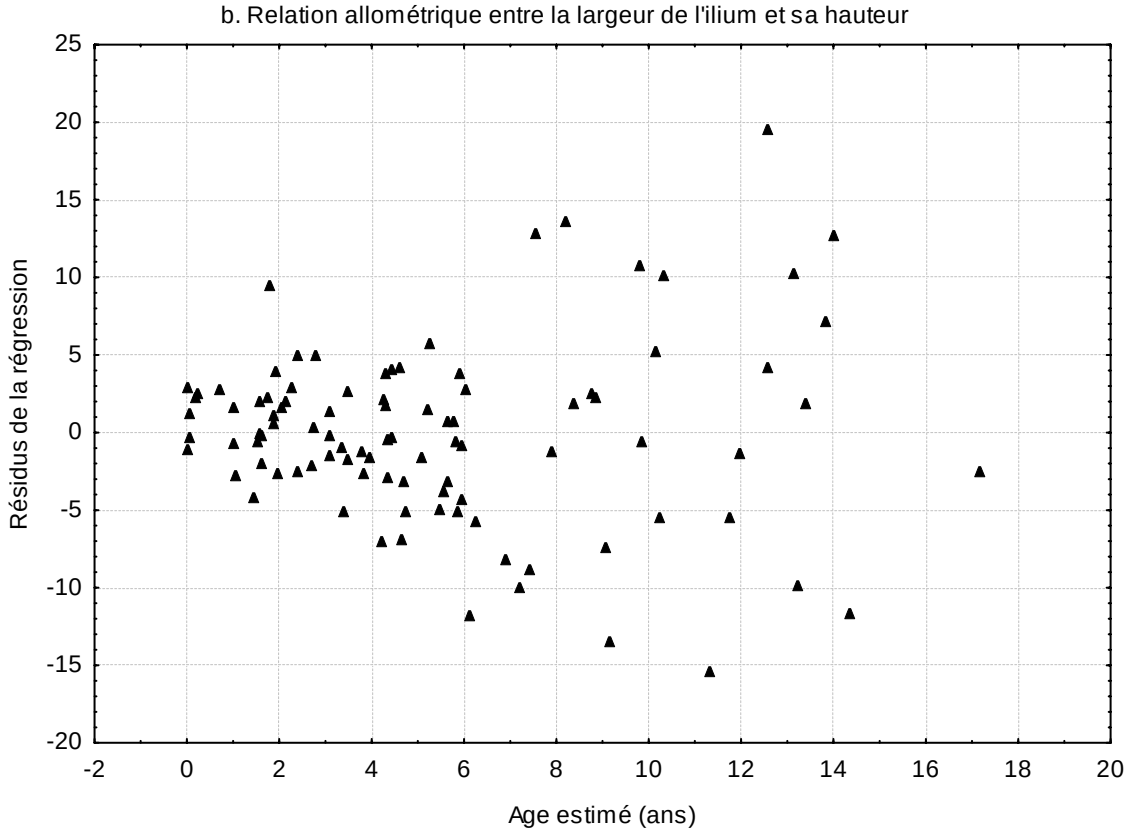
A24. Coordonnées factorielles des mensurations, basées sur les corrélations sur les deux premiers axes des ACP. Liaison des variables à la conformation.

Mesure	Axe 1	Axe 2	Mesure	Axe 1	Axe 2
Md1	0,310	0,823	U4	-0,094	-0,325
Md2	0,814	-0,141	U5	0,060	0,996
Md3	-0,002	-0,802	F1	0,661	0,486
Md4	-0,737	-0,184	F2	0,787	0,285
Md5	-0,798	0,346	F3	-0,694	0,389
Clav1	-0,390	0,321	F4	-0,724	0,091
Clav2	0,686	0,669	F5	-0,907	0,322
Clav3	0,420	-0,898	F6	0,527	-0,458
Clav4	-0,799	-0,055	F7	-0,404	-0,803
H1	0,818	0,412	T1	0,485	0,747
H2	-0,898	0,250	T2	-0,539	0,572
H3	-0,873	0,354	T3	-0,572	-0,690
H4	-0,227	-0,952	T4	-0,955	-0,044
H5	0,383	-0,051	T5	0,520	-0,438
R1	-0,674	0,633	T6	0,526	-0,499
R2	0,859	0,104	Fib1	-0,066	0,998
R3	0,576	0,427	Fib2	0,961	-0,277
R4	0,725	-0,168	Fib3	-0,935	-0,356

Mesure	Axe 1	Axe 2	Mesure	Axe 1	Axe 2
R5	-0,720	-0,276	Tal1	0,687	-0,449
R6	-0,016	-0,918	Tal2	0,499	0,097
U1	0,809	-0,496	Calca1	-0,135	0,937
U2	-0,773	-0,256	Calca2	-0,898	-0,430
U3	-0,745	-0,151			

A25. Représentations graphiques des résidus de régression en fonction de l'âge estimé pour deux exemples de relation allométriques.





A26. Profils de croissance squelettique : ajustements choisis, résultats des régressions multiples et des tests d'homogénéité des pentes.

Mesure	Ajustement retenu	*F* (régression multiple)	*p*	*F* (homogénéité des pentes)	*p*
Md1	Polynomial	0,361	0,781	0,888	0,347
Md2	Polynomial	4,861	0,003	0,022	0,882
Md3	Exponentiel	1,562	0,200	1,382	0,241
Md4	Polynomial	2,755	0,048	2,565	0,113
Md5	Polynomial	0,091	0,763	0,593	0,621
Clav1	Polynomial	1,607	0,207	3,855	0,011
Clav2	Linéaire	1,291	0,258	1,115	0,345
Clav3	Linéaire	3,837	0,052	2,107	0,102
Clav4	Linéaire	1,340	0,249	1,084	0,358
H1	Linéaire	7,795	0,006	0,354	0,787
H2	Polynomial	0,027	0,869	1,469	0,224
H3	Exponentiel	0,173	0,678	1,532	0,207
H4	Exponentiel	1,829	0,178	1,042	0,376
H5	Exponentiel	0,000	1,000	0,796	0,498
R1	Linéaire	2,326	0,130	1,253	0,295
R2	Polynomial	1,642	0,202	1,245	0,296
R3	Polynomial	0,215	0,644	0,587	0,624
R4	Polynomial	0,672	0,414	1,303	0,276
R5	Polynomial	0,618	0,433	1,869	0,139
R6	Polynomial	0,419	0,519	5,110	0,002
U1	Linéaire	2,209	0,140	0,615	0,607
U2	Exponentiel	0,358	0,551	1,210	0,309
U3	Linéaire	0,037	0,847	0,356	0,785
U4	Polynomial	0,001	0,975	3,083	0,029
U5	Polynomial	0,746	0,390	2,725	0,049
Mc1	Polynomial	10,973	0,002	0,665	0,577
Mc2	Polynomial	0,150	0,700	1,027	0,387
Isc1	Polynomial	0,123	0,727	5,713	0,001
Pub1	Polynomial	0,823	0,367	6,542	0,001
il1	Exponentiel	1,955	0,165	0,100	0,960
il2	Polynomial	0,320	0,573	0,364	0,696
F1	Polynomial	1,611	0,206	0,213	0,888
F2	Polynomial	19,548	0,000	2,065	0,110
F3	Exponentiel	3,768	0,054	3,402	0,019
F4	Exponentiel	0,220	0,640	2,872	0,038
F5	Polynomial	1,883	0,171	3,239	0,023
F6	Polynomial	1,686	0,196	2,605	0,054
F7	Polynomial	7,345	0,008	2,756	0,045

A26. (Suite) Profils de croissance squelettique : ajustements choisis, résultats des régressions multiples et des tests d'homogénéité des pentes.

Mesure	Ajustement retenu	F (régression multiple)	*p*	F (homogénéité des pentes)	*p*
T1	Linéaire	3,481	0,064	1,355	0,259
T2	Exponentiel	0,572	0,450	0,560	0,642
T3	Exponentiel	0,000	0,985	1,024	0,384
T4	Exponentiel	0,001	0,976	0,917	0,434
T5	Polynomial	8,779	0,004	3,898	0,011
T6	Polynomial	2,035	0,156	3,157	0,027
Fib1	Linéaire	7,989	0,006	1,551	0,211
Fib2	Linéaire	0,042	0,838	1,407	0,246
Fib3	Linéaire	1,514	0,222	2,644	0,054
Tal1	Linéaire	1,221	0,272	2,249	0,088
Tal2	Linéaire	1,011	0,317	2,147	0,100
Calca1	Linéaire	1,140	0,337	3,240	0,075
Calca2	Linéaire	4,378	0,040	3,165	0,029
Mt1	Linéaire	14,700	0,000	1,476	0,226
Mt2	Linéaire	8,855	0,004	1,528	0,212

A27. Synthèse des résidus obtenus par site par rapport à Mikulčice et par classe d'âge.

		Résidus par rapport aux mesures de Mikulčice prises comme référence												
Classe	Site	Md3	Md4	Md5	Clav1	Clav2	Clav4	H1	H2	H3	H4	H5	R1	R2
[0]	Pk	-0,12		0,03	-0,16	-0,07	-0,15	0,09	0,02	-0,01	0,10	0,08	-0,18	-0,08
	Che	0,00	0,08	0,04	-0,11	-0,18		-0,03		-0,02	0,10		-0,12	
	Nlv							0,14		-0,16	0,15	-0,09	-0,29	
[1-4]	Pk	-0,04	-0,05	-0,06	-0,14	-0,04	-0,08	-0,12	-0,02	-0,06	-0,06	-0,12	0,01	-0,01
	Che	0,02	0,07	0,03	-0,09	-0,10		-0,04		0,02	0,07		0,02	
	Nlv				-0,08	-0,14		-0,15		0,04	-0,11	-0,16	0,07	
[5-9]	Pk	0,03	0,00	0,01	0,04	-0,01	0,00	-0,02	0,02	-0,01	-0,02	0,02	0,01	-0,01
	Che	0,11	0,07	0,03	-0,03	-0,12		-0,09		-0,04	0,03		-0,09	
	Nlv				-0,02	-0,11		-0,10		-0,04	-0,05	-0,04		
[10-14]	Pk	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,04	-0,09	-0,03	-0,07	-0,05	-0,03	-0,09	-0,07	-0,08
	Che	-0,01	0,01	-0,05	-0,16	-0,20		-0,19		-0,12	-0,10		-0,08	
	Nlv				-0,11	-0,24		-0,08		-0,06	0,00	-0,07	-0,08	
[15-19]	Pk													
	Che													
	Nlv				-0,08	-0,02				0,01			-0,06	

A27. (suite) Synthèse des résidus obtenus par site par rapport à Mikulčice et par classe d'âge.

		Résidus par rapport aux mesures de Mikulčice prises comme référence												
Classe	Site	R3	R4	R6	U1	U3	U4	U5	F1	F2	F3	F4	F5	F6
	Pk	-0,04	-0,13	-0,23	0,17	-0,15	0,01	0,29	0,02		-0,10	-0,08	-0,08	0,03
	Che	-0,11	-0,11		0,21	0,04			-0,07		-0,02	-0,05	-0,05	0,04
[0]	Nlv				-0,17	-0,29			-0,09		-0,23	-0,07	-0,13	-0,03
	Pk	0,04	-0,07	-0,05	0,00	-0,14	-0,03	-0,06	-0,17	-0,19	-0,08	-0,08	-0,07	-0,12
	Che	0,02	-0,04		0,00	-0,06			-0,12	-0,20	-0,02	0,02	0,00	-0,01
[1-4]	Nlv	0,07	-0,10		0,04	-0,17			-0,10	0,05	-0,01	0,07	0,03	0,01
	Pk	-0,03	-0,03	-0,03	0,03	0,01	0,02	0,03	0,02	-0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
	Che	-0,06	-0,05		-0,02	0,00			-0,13	-0,14	-0,08	-0,05	-0,07	-0,13
[5-9]	Nlv	-0,03	-0,10		0,10	-0,01			0,00	-0,03	-0,04	0,04	-0,01	-0,05
	Pk	-0,02	-0,14	-0,11	-0,05	-0,10	-0,08	-0,09	-0,03	-0,05	-0,04	-0,02	0,00	0,09
	Che	-0,12	-0,19		0,00	-0,18			-0,11	-0,13	-0,11	-0,10	-0,08	-0,10
[10-14]	Nlv	-0,06	-0,16		-0,01	0,22			-0,04	-0,10	-0,08	-0,04	-0,07	-0,06
	Pk													
	Che													
[15-19]	Nlv	-0,04	-0,09		-0,08	-0,04					0,07	0,12	0,06	
Classe	Site	F7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Fib1	Fib2	Fib3	Tal1	Tal2	Calca1
	Pk	-0,12	0,10	0,06	-0,11	0,01	0,19	-0,07		-0,33	-0,24			
	Che	-0,10	-0,04	-0,02	-0,18	-0,17	0,02			-0,24				
[0]	Nlv	-0,30	-0,22	-0,06	-0,26		-0,42							
	Pk	-0,16	-0,18	-0,10	-0,14	-0,09	-0,19	-0,20	-0,14	0,15	-0,19	-0,15	-0,20	-0,25
	Che	0,04	-0,10	-0,14	-0,13	-0,18	-0,06		-0,09	-0,15		-0,10	-0,12	-0,05
[1-4]	Nlv	-0,04	0,15	0,11	0,06		-0,12	-0,08		-0,29	-0,04			0,22
	Pk	-0,04	0,01	0,00	-0,04	-0,02	-0,04	-0,14	0,09	0,01	0,12	-0,04	-0,06	-0,02
	Che	-0,05	-0,15	-0,19	-0,18	-0,25	-0,10		-0,14	-0,22		-0,16	-0,16	-0,17
[5-9]	Nlv	-0,05	-0,03	0,04	-0,01		-0,09	-0,18	-0,18	-0,22	0,17	-0,09	-0,08	-0,08
	Pk	-0,05	0,11	-0,06	-0,06	0,00	0,03	0,03	0,14	-0,06	0,08	0,01	0,02	-0,09
	Che	-0,07	-0,10	-0,14	-0,18	-0,17	-0,15		-0,07	-0,23		-0,14	-0,16	-0,24
[10-14]	Nlv	-0,06	-0,04	-0,04	-0,08		-0,01	-0,16	-0,04	0,20	0,21	-0,02	0,02	-0,09
	Pk													
	Che													
[15-19]	Nlv	-0,08	-0,11	0,35	-0,35		-0,11	-0,16				0,10	-0,06	-0,36

A28. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Mikulčice.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
Md1	0,827	0,909	2,3	13,0	0,027
Md2	0,840	0,917	4,8	7,9	< 0,0001
Md3	0,774	0,879	4,6	15,1	< 0,0001
Md4	0,835	0,914	4,8	6,8	< 0,0001
Md5	0,808	0,899	/	14,3	< 0,0001

A28. (suite) Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Mikulčice.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
Clav1	0,903	0,950	4,2	14,0	0,0002
Clav2	0,924	0,961	6,9	/	> 0,05
Clav3	0,728	0,853	8,2	14,0	< 0,0001
Clav4	0,734	0,857	5,9	/	> 0,05
H1	0,905	0,951	/	9,2	> 0,05
H2	0,885	0,988	/	/	/
H3	0,901	0,949	/	14,0	< 0,0001
H4	0,782	0,884	/	14,4	> 0,05
H5	0,907	0,952	/	16,5	< 0,0001
R1	0,972	0,986	/	/	/
R2	0,960	0,980	/	/	/
R3	0,948	0,973	4,2	14,7	0,0002
R4	0,953	0,976	/	16,4	< 0,0001
R5	0,834	0,919	12,2	16,1	< 0,0001
R6	0,931	0,965	/	17,2	> 0,05
U1	0,955	0,977	/	/	/
U2	0,926	0,962	/	16,2	< 0,0001
U3	0,910	0,954	11,8	14,5	< 0,0001
U4	0,882	0,939	/	16,6	< 0,0001
U5	0,899	0,948	/	16,3	< 0,0001
Mc1	0,857	0,926	/	16,9	> 0,05
Mc2	0,940	0,969	/	15,9	> 0,05
Isc1	0,646	0,804	6,6	/	< 0,0001
Pub1	0,870	0,933	6,3	/	> 0,05
il1	0,870	0,933	/	/	/
il2	0,944	0,972	/	16,4	> 0,05
F1	0,956	0,978	/	/	/
F2	0,937	0,968	/	/	/
F3	0,892	0,944	2,0	3,9	0,052
F4	0,913	0,956	6,5	13,4	< 0,0001
F5	0,896	0,945	/	/	/
F6	0,938	0,969	5,5	11,8	< 0,0001
F7	0,874	0,935	5,1	/	< 0,0001
T1	0,961	0,980	/	/	/
T2	0,886	0,941	11,5	13,2	< 0,0001
T3	0,875	0,935	/	18,6	> 0,05
T4	0,865	0,929	14,3	16,5	< 0,0001
T5	0,855	0,925	/	17,4	> 0,05
T6	0,912	0,955	/	16,3	< 0,0001
Fib1	0,943	0,971	/	/	/
Fib2	0,886	0,941	/	13,7	> 0,05
Fib3	0,897	0,947	2,6	/	0,069

A28. (suite) Liste des âges obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Mikulčice.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
Tal1	0,839	0,916	/	/	/
Tal2	0,811	0,901	/	16,0	< 0,0001
Calca1	0,954	0,976	/	15,4	< 0,0001
Calca2	0,905	0,951	/	16,2	< 0,0001
Mt1	0,839	0,912	/	14,2	> 0,05
Mt2	0,811	0,900	/	14,1	> 0,05

A29. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Prušánky.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
Md1	0,774	0,879	/	/	/
Md2	0,821	0,906	1,8	4,0	0,0006
Md3	0,836	0,914	2,6	6,8	< 0,0001
Md4	0,806	0,897	2,7	4,4	0,0258
Md5	0,824	0,908	3,7	6,6	0,0023
Clav1	0,947	0,973	/	17,7	> 0,05
Clav2	0,867	0,931	8,6	/	> 0,05
Clav3	0,911	0,954	2,6	8,3	0,0151
Clav4	0,890	0,943	0,8	2,2	0,0348
H1	0,929	0,964	/	/	/
H2	0,864	0,929	3,7	12,7	0,0006
H3	0,862	0,929	2,0	9,2	0,0495
H4	0,844	0,918	/	14,4	> 0,05
H5	0,905	0,951	1,2	10,6	0,2432
R1	0,938	0,969	/	/	/
R2	0,853	0,923	/	13,9	> 0,05
R3	0,834	0,913	/	14,1	> 0,05
R4	0,862	0,929	/	14,1	> 0,05
R5	0,883	0,939	2,8	10,5	0,0097
R6	0,835	0,914	2,9	4,1	0,0006
U1	0,909	0,953	/	/	/
U2	0,830	0,911	1,3	9,9	0,1947
U3	0,827	0,909	1,7	10,3	0,104
U4	0,802	0,896	1,6	3,9	0,1245
U5	0,817	0,904	0,7	/	> 0,05
Mc1	0,908	0,953	/	14,2	> 0,05
Mc2	0,764	0,874	/	13,5	< 0,0001
Isc1	0,722	0,849	9,3	11,8	< 0,0001
Pub1	0,886	0,941	/	/	/
il1	0,890	0,944	/	/	/
il2	0,909	0,953	/	13,6	> 0,05

A29. (suite) Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Prušánky.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
F1	0,938	0,969	/	/	/
F2	0,889	0,943	1,8	9,3	0,0877
F3	0,885	0,941	/	13,9	> 0,05
F4	0,905	0,952	7,1	8,7	< 0,0001
F5	0,917	0,958	10,4	12,7	< 0,0001
F6	0,947	0,973	/	16,2	> 0,05
F7	0,859	0,927	/	16,3	> 0,05
T1	0,961	0,980	/	8,7	> 0,05
T2	0,916	0,957	/	13,7	> 0,05
T3	0,914	0,956	4,1	11,8	0,0002
T4	0,920	0,959	/	15,8	> 0,05
T5	0,945	0,972	1,8	7,6	0,0801
T6	0,945	0,972	/	14,2	> 0,05
Fib1	0,984	0,992	/	/	/
Fib2	0,344	0,586	/	17,2	> 0,05
Fib3	0,825	0,908	/	14,9	> 0,05
Tal1	0,857	0,926	/	14,8	> 0,05
Tal2	0,878	0,937	/	14,0	> 0,05
Calca1	0,920	0,959	/	/	/
Calca2	0,885	0,941	/	15,6	> 0,05
Mt1	0,859	0,927	/	/	/
Mt2	0,878	0,937	/	14,2	> 0,05

A30. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Cherbourg.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
Md1	0,865	0,929	5,0	/	< 0,0001
Md2	0,866	0,931	4,8	8,1	< 0,0001
Md3	0,738	0,859	2,3	5,5	< 0,0001
Md4	0,909	0,953	1,1	4,0	0,2741
Md5	0,622	0,789	/	17,2	> 0,05
Clav1	0,900	0,948	3,1	5,6	0,0033
Clav2	0,761	0,872	1,9	5,6	0,0655
Clav3	0,894	0,945	1,0	5,4	< 0,0001
Clav4	0,844	0,919	0,8	8,0	< 0,0001
H1	0,875	0,935	/	/	/
H2	0,751	0,866	/	14,9	> 0,05
H3	0,856	0,925	1,0	7,2	< 0,0001
H4	0,879	0,938	1,1	9,5	< 0,0001
H5	0,936	0,967	0,7	5,6	< 0,0001

A30. (suite) Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Cherbourg.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
R1	0,915	0,957	/	/	/
R2	0,854	0,924	0,7	5,8	< 0,0001
R3	0,766	0,875	4,6	12,4	< 0,0001
R4	0,729	0,853	3,3	12,2	0,0017
R5	0,834	0,913	1,1	4,0	0,0002
R6	0,853	0,924	1,2	5,3	< 0,0001
U1	0,839	0,916	0,6	12,2	0,5242
U2	0,812	0,901	/	14,3	< 0,0001
U3	0,779	0,883	2,4	5,7	0,0208
U4	0,854	0,924	1,0	5,3	< 0,0001
U5	0,762	0,873	1,6	4,7	< 0,0001
Mc1	0,795	0,892	/	/	/
Mc2	0,699	0,836	1,2	7,1	0,235
Isc1	0,838	0,916	2,9	5,1	< 0,0001
Pub1	0,805	0,897	1,1	6,9	< 0,0001
il1	0,800	0,895	9,3	11,5	< 0,0001
il2	0,860	0,927	/	/	/
F1	0,892	0,944	/	/	/
F2	0,869	0,932	1,6	9,1	0,1262
F3	0,834	0,913	/	14,3	< 0,0001
F4	0,748	0,865	/	14,0	< 0,0001
F5	0,824	0,908	/	14,1	< 0,0001
F6	0,907	0,952	/	13,7	> 0,05
F7	0,884	0,940	1,1	9,7	< 0,0001
T1	0,899	0,948	/	/	/
T2	0,871	0,933	/	12,7	> 0,05
T3	0,851	0,923	1,1	6,4	< 0,0001
T4	0,850	0,922	/	12,7	> 0,05
T5	0,875	0,935	1,1	7,4	< 0,0001
T6	0,910	0,954	1,1	8,0	< 0,0001
Fib1	0,903	0,950	/	/	/
Fib2	0,822	0,907	0,8	4,2	0,0001
Fib3	0,804	0,897	/	12,3	< 0,0001
Tal1	0,837	0,915	/	11,5	< 0,0001
Tal2	0,819	0,904	/	11,9	> 0,05
Calca1	0,839	0,916	/	12,3	> 0,05
Calca2	0,864	0,929	/	12,1	> 0,05
Mt1	0,894	0,946	/	12,5	> 0,05
Mt2	0,887	0,942	2,1	12,1	0,5407

A31. Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Norroy.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
Md1	0,567	0,753	2,1	12,6	0,0499
Md2	0,759	0,871	3,5	9,1	< 0,0001
Md3	0,550	0,742	3,4	12,9	0,0036
Md4	0,873	0,934	3,1	/	> 0,05
Md5	0,880	0,938	5,0	/	> 0,05
Clav1	0,845	0,919	/	/	/
Clav2	0,797	0,893	4,3	11,9	0,0003
Clav3	0,789	0,894	6,9	15,3	< 0,0001
Clav4	0,891	0,944	9,8	12,9	< 0,0001
H1	0,969	0,984	/	/	/
H2	0,862	0,929	3,6	8,3	0,0011
H3	0,863	0,929	1,5	7,2	0,1464
H4	0,830	0,911	5,9	12,6	< 0,0001
H5	0,921	0,959	5,4	/	> 0,05
R1	0,961	0,980	/	/	/
R2	0,881	0,938	/	11,3	> 0,05
R3	0,881	0,938	11,5	/	> 0,05
R4	0,896	0,946	8,3	/	> 0,05
R5	0,958	0,979	2,6	9,6	0,0492
R6	0,929	0,929	2,4	8,7	0,0401
U1	0,988	0,994	/	/	/
U2	0,875	0,935	/	/	/
U3	0,454	0,674	8,4	12,6	< 0,0001
U4	0,768	0,876	9,9	12,6	< 0,0001
U5	0,884	0,939	/	12,6	> 0,05
Mc1	/	/	/	/	/
Mc2	/	/	/	/	/
Isc1	0,863	0,929	11,4	/	> 0,05
Pub1	/	/	/	/	/
il1	/	/	/	/	/
il2	/	/	/	/	/
F1	0,968	0,984	/	/	/
F2	0,741	0,861	/	8,2	> 0,05
F3	0,862	0,928	/	15,6	> 0,05
F4	0,857	0,926	/	16,1	> 0,05
F5	0,868	0,932	4,8	10,5	< 0,0001
F6	0,907	0,952	/	/	/
F7	0,867	0,931	6,2	10,0	< 0,0001
T1	0,926	0,962	/	/	/
T2	0,864	0,929	/	15,5	< 0,0001
T3	0,859	0,927	1,2	11,9	0,2355
T4	0,863	0,929	/	15,5	> 0,05

A31. (suite) Liste des âges (en années révolues) obtenus pour les points de rupture calculés pour le site de Norroy.

Mesure	Variance expliquée	r	Point de rupture 1	Point de rupture 2	*p*
T5	0,899	0,948	/	15,8	> 0,05
T6	0,763	0,874	/	15,6	> 0,05
Fib1	/	/	/	/	/
Fib2	0,304	0,551	1,0	7,8	0,3589
Fib3	0,797	0,893	4,3	9,3	0,0035
Tal1	0,848	0,921	10,8	12,5	< 0,0001
Tal2	0,823	0,907	/	13,3	< 0,0001
Calca1	0,867	0,931	/	13,9	> 0,05
Calca2	0,754	0,869	/	12,0	> 0,05
Mt1	0,645	0,803	/	/	/
Mt2	0,502	0,708	/	15,1	< 0,0001

A32. Probabilités utilisées dans la mise en place des séquences de minéralisation dentaire : fondements statistiques — Théorème de Bayes —.

Le théorème de Bayes est un résultat de base en théorie des probabilités, issu des travaux du révérend Thomas Bayes (1702-1761) puis retrouvé, repris et étendu ensuite par Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) (Encyclopédie en ligne : http://fr.wikipedia.org). Il est utilisé dans l'inférence statistique pour estimer une probabilité ou un paramètre quelconque, à partir des observations (dans notre cas la séquence de quatre mesures, codées en lettres) et des lois de probabilité de ces observations. Cette approche utilise donc les probabilités comme moyen de traduire numériquement un degré de connaissance.

En théorie des probabilités, il énonce des probabilités conditionnelles : soit A et B deux évènements, le théorème de Bayes permet de déterminer la probabilité de A sachant B, si l'on connaît les probabilités de A, de B et de B sachant A. Il s'énonce de la manière suivante :

$$P(A\backslash B) = \frac{P(B\backslash A) \times P(A)}{P(B)}$$

A partir de la probabilité *a priori* P(A), on cherche à définir la probabilité *a posteriori* P(A\B) sachant que la probabilité marginale P(B) est connue. Prenons dans le cadre de cette étude pour A l'événement "certaines données ont été observées (7 codes, un par dent)" et pour B l'événement "le groupe théorique est vrai". Le théorème de Bayes s'énonce alors:

P(Théorie|Données) = P(Théorie)*P(Données|Théorie)/P(Données)

Cette équation permet d'estimer la probabilité du groupe théorique au vu de résultats d'observations, ici le code correspondant aux 7 dents. Le théorème de Bayes calcule des probabilités, terme défini comme le rapport entre le nombre de cas favorables et le nombre de cas possibles. Ici, il se fondera sur des fréquences c'est-à-dire un nombre de cas observé sur un nombre total de cas. Le théorème reste applicable, mais le terme de probabilité « bayésienne » devient impropre. Néanmoins pour plus de facilité, nous avons choisi de garder cette expression.

Le théorème de Bayes peut se généraliser au cas de plusieurs événements. Il répond alors à l'expression :

$$P(Ai\backslash B) = \frac{P(Ai) \times P(B\backslash Ai)}{\sum_j P(Aj) \times P(B\backslash Aj)}$$

Avec *j* = 1 à 7 dans notre cas, pour tout *Ai* de la partition. Cette expression traite les données de manière indépendante (c'est-à-dire que chaque dent est prise séparément dans le calcul d'appartenance au groupe). Or nous savons que les dents se développent de manière dépendante les une par rapport aux autres (pour un stade donné d'une dent, la dent adjacente ne peut appartenir qu'à un nombre de stade limité par rapport à l'autre). Nous avons par conséquent adapté nos calculs à des événements dépendants, selon Heuzé (2004) et Braga *et al.* (2005).

Ce traitement statistique a donc permis de répondre aux impératifs de nos données (valeurs manquantes, fréquences, etc.) et de systématiser la classification des individus qui aurait été lourde si tous les individus avaient été classés manuellement. Le fait d'obtenir un résultat statistique permet d'évaluer l'approche (un individu possédant une séquence intermédiaire verra sa classification accompagnée d'une faible probabilité).

A33. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 2 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy2	SD2	Var2	Moy2	SD2	Var2	Moy2	SD2	Var2	Moy2	SD2	Var2	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md1	66,92	7,42	54,99	73,50	11,03	169,00	68,00	5,83	34,00				-6,58	NON	-1,08	NON		NON	5,50	NON		NON		NON
Md2	24,16	3,12	9,76	24,22	3,13	15,24	24,79	1,91	3,66				-0,06	NON	-0,62	NON		NON	-0,57	NON		NON		NON
Md3	22,89	2,18	4,77	24,14	2,62	8,32	23,71	2,15	4,64				-1,25	NON	-0,82	NON		NON	0,43	NON		NON		NON
Md4	83,96	6,59	43,49	84,00	0,00		89,67	4,59	21,07				-0,04	NON	-5,71	NON		NON	-5,67	OUI		OUI		NON
Md5	72,29	4,73	22,41	71,00	0,00		72,14	8,91	79,48				1,29	NON	0,15	NON		NON	-1,14	OUI		OUI		NON
Clav1	69,87	9,58	91,74	66,25	8,26	76,33	70,32	4,82	23,25				3,62	NON	-0,45	NON		NON	-4,07	NON		NON		NON
Clav2	16,00	1,20	1,43	18,50	1,76	3,80	17,55	1,69	2,87				-2,50	OUI	-1,55	OUI		NON	0,95	NON		NON		NON
Clav3	10,03	1,90	3,60	9,90	1,52	1,58	12,39	2,09	4,35				0,13	NON	-2,36	OUI		NON	-2,48	OUI		NON		NON
Clav4	10,05	1,26	1,59	9,50	1,24	1,93	10,98	1,27	1,62				0,55	NON	-0,93	NON		NON	-1,48	OUI		NON		NON
H1	134,60	21,17	448,30	127,25	18,96	292,33	129,56	14,30	204,53				7,35	NON	5,04	NON		NON	-2,31	NON		NON		NON
H2	31,00	3,46	12,00	30,50	1,22	2,25	32,00	2,32	5,40				0,50	NON	-1,00	NON		NON	-1,50	OUI		NON		NON
H3	10,46	1,22	1,49	10,33	0,44	0,29	11,07	0,99	0,98				0,13	NON	-0,61	NON		NON	-0,74	OUI		NON		NON
H4	22,11	2,22	4,91	21,60	1,52	3,48	23,63	2,66	7,06				0,51	NON	-1,53	NON		NON	-2,04	OUI		NON		NON
H5	27,84	5,33	28,43	24,22	1,90	3,62	28,34	2,06	4,23				3,63	NON	-0,50	NON		NON	-4,13	OUI		NON		NON
R1	96,01	24,03	577,32	90,00	16,97	288,00	96,13	10,79	116,41				6,01	NON	-0,12	NON		NON	-6,13	NON		NON		NON
R2	21,67	1,53	2,33	19,75	3,89	15,13	20,60	1,90	3,60				1,92	OUI	1,07	NON		NON	-0,85	NON		NON		NON
R3	5,65	0,67	0,44	5,38	1,17	1,36	5,52	0,36	0,13				0,27	NON	0,13	NON		NON	-0,15	NON		NON		NON
R4	7,86	0,69	0,47	6,98	1,05	1,11	7,16	0,84	0,71				0,89	OUI	0,70	OUI		NON	-0,18	NON		NON		NON
R5	10,42			9,12			9,80	0,46	0,21				1,30	NON	0,62	NON		NON	-0,68	NON		NON		NON
R6	13,69	1,40	1,95				14,73	1,28	1,64					NON	-1,05	NON		NON		NON		NON		NON
U1	107,46	19,56	382,49				93,66	35,76	1279,11					NON	13,79	NON		NON		NON		NON		NON
U2	22,67	2,52	6,33				20,94	1,57	2,46					NON	1,73	NON		NON		NON		NON		NON
U3	8,18	1,44	2,08				7,22	0,51	0,26					NON	0,96	NON		NON		NON		NON		NON
U4	15,64	2,34	5,47	15,06	1,35	2,27	16,74	1,43	2,05				0,58	NON	-1,10	NON		NON	-1,69	OUI		NON		NON
U5	8,65	0,52	0,27				9,07	1,09	1,20					NON	-0,42	NON		NON		NON		NON		NON
Mc1	21,72						17,25	2,67	7,13					NON	4,47	NON		NON		NON		NON		NON
Mc2	7,32						6,56	0,71	0,51					NON	0,76	NON		NON		NON		NON		NON
Isc1				38,32	5,95		38,43	4,45	19,77	39,53				NON		NON		NON	-0,11	NON	-1,21	NON	-1,10	NON
Pub1				35,12	1,00	1,01	33,56	4,16	17,35					NON		NON		NON	1,56	OUI		NON		NON
il1	60,51	20,49	419,92	58,66	6,74	51,50	62,38	7,69	59,21				1,85	NON	-1,87	NON		NON	-3,72	NON		NON		NON
il2	65,96	17,03	289,92	64,08	5,94	40,08	67,22	6,89	47,44				1,88	NON	-1,26	NON		NON	-3,14	NON		NON		NON
F1	173,00	40,35	1628,00	168,50	37,55	1366,33	172,64	24,82	616,25				4,50	NON	0,36	NON		NON	-4,14	NON		NON		NON

A33. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 2 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy2	SD2	Var2	Moy2	SD2	Var2	Moy2	SD2	Var2	Moy2	SD2	Var2	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
F2				19,80	0,85	0,72	18,70	2,83	7,99					NON		NON		NON	1,11	OUI		NON		NON
F3	11,95	2,44	5,96	11,54	1,40	2,87	12,90	1,70	2,89	13,94	1,68	2,83	0,42	NON	-0,95	NON	-1,99	NON	-1,37	NON	-2,41	OUI	-1,04	NON
F4	11,73	2,34	5,49	11,57	1,22	1,69	12,52	1,92	3,70	12,66	0,37	0,14	0,16	NON	-0,79	NON	-0,92	NON	-0,95	NON	-1,08	NON	-0,14	NON
F5	37,71	6,32	39,90	37,00	4,24	24,33	40,21	5,16	26,61	43,00	2,83	8,00	0,71	NON	-2,49	NON	-5,29	NON	-3,21	NON	-6,00	OUI	-2,79	NON
F6	33,74	8,53	72,83	33,73	4,44	21,68	37,58	4,70	22,05	36,20			0,01	NON	-3,84	NON	-2,46	NON	-3,85	NON	-2,47	NON	1,38	NON
F7	33,81	10,04	100,88	31,20	3,02	13,55	40,57	5,27	27,80				2,61	NON	-6,76	NON		NON	-9,37	OUI		NON		NON
T1	148,00	36,59	1339,00	149,00	7,07	50,00	136,13	20,68	427,84				-1,00	NON	11,88	NON		NON	12,88	OUI		NON		NON
T2	12,06	2,85	8,11	13,23	1,60	2,55	11,77	1,74	3,01	11,51			-1,17	NON	0,30	NON	0,55	NON	1,46	NON	1,72	OUI	0,26	NON
T3	10,54	1,90	3,62	11,56	0,23	0,05	10,60	1,43	2,04	10,63			-1,02	NON	-0,07	NON	-0,09	NON	0,96	OUI	0,93	OUI	-0,03	NON
T4	36,17	7,65	58,57	40,00	2,83	8,00	35,20	4,71	22,18	36,00			-3,83	NON	0,97	NON	0,17	NON	4,80	OUI	4,00	OUI	-0,80	NON
T5	31,32	5,47	29,91	26,56	3,82	14,63	32,43	4,41	19,42				4,76	NON	-1,11	NON		NON	-5,87	OUI		NON		NON
T6	21,14	2,37	5,59	22,50	0,89	0,79	22,08	2,96	8,78				-1,36	NON	-0,94	NON		NON	0,42	NON		NON		NON
Fib1	141,50	37,48	1404,50				133,80	23,81	566,70					NON	7,70	NON		NON		NON		NON		NON
Fib2	6,95	1,49	2,23				6,78	0,65	0,42	5,23				NON	0,16	NON	1,72	OUI		NON		NON	1,55	OUI
Fib3	20,50	3,54	12,50				19,83	2,40	5,77	16,00				NON	0,67	NON	4,50	OUI		NON		NON	3,83	OUI
Tal1	25,38	6,45	41,59	28,39			23,76	4,45	19,82				-3,01	NON	1,62	NON		NON	4,63	NON		NON		NON
Tal2	15,21	5,27	27,75	19,91			17,56	4,20	17,60				-4,71	NON	-2,36	NON		NON	2,35	NON		NON		NON
Calca1	31,22	8,81	77,63				31,63	5,03	25,29					NON	-0,41	NON		NON		NON		NON		NON
Calca2	11,82						16,69	3,35	11,20					NON	-4,87	NON		NON		NON		NON		NON
Mt1	30,14	2,09	4,38				25,15	3,84	14,76					NON	5,00	OUI		NON		NON		NON		NON
Mt2	8,38	0,41	0,17	8,13			7,09	0,84	0,70				0,25	NON	1,29	OUI		NON	1,04	NON		NON		NON

A34. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 3 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md1	76,09	6,82	46,49	77,83	6,31	39,77	74,43	2,37	5,62	82,25	3,77	14,25	-1,74	NON	1,66	NON	-6,16	NON	3,40	NON	-4,42	NON	-7,82	OUI
Md2	28,82	2,24	5,03	28,14	1,80	3,22	29,86	2,01	4,04	29,09	1,44	2,07	0,69	NON	-1,04	NON	-0,27	NON	-1,72	NON	-0,96	NON	0,77	NON
Md3	26,23	1,91	3,63	26,80	1,70	2,89	27,12	1,03	1,05	26,46	2,84	8,08	-0,57	NON	-0,90	NON	-0,23	NON	-0,33	NON	0,34	NON	0,66	NON

A34. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 3 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md4	95,14	5,27	27,81	96,33	4,93	24,33	97,00	2,65	7,00	95,50	0,71	0,50	-1,19	NON	-1,86	NON	-0,36	NON	-0,67	NON	0,83	NON	1,50	NON
Md5	77,18	2,88	8,29	78,25	6,13	37,58	74,00	2,65	7,00	78,00	0,00	0,00	-1,07	NON	3,18	OUI	-0,82	NON	4,25	NON	0,25	NON	-4,00	OUI
Clav1	85,40	5,68	32,30	83,00	3,61	13,00	76,45	2,42	5,87	84,50	6,36	40,50	2,40	NON	8,95	OUI	0,90	NON	6,55	OUI	-1,50	NON	-8,05	OUI
Clav2	19,17	1,94	3,77	19,00	4,36	19,00	18,10	2,92	8,55	19,50	1,00	1,00	0,17	NON	1,07	NON	-0,33	NON	0,90	NON	-0,50	NON	-1,40	NON
Clav3	13,23	1,80	3,22	13,84	1,65	2,74	13,64	1,57	2,47	12,52	0,69	0,47	-0,62	NON	-0,41	NON	0,71	NON	0,21	NON	1,33	NON	1,12	NON
Clav4	13,17	1,24	1,54	14,74	1,18	1,39	12,14	1,50	2,25	11,20			-1,57	OUI	1,03	NON	1,97	OUI	2,60	OUI	3,54	OUI	0,94	NON
H1	164,60	18,93	358,30	170,40	7,23	52,30	153,45	8,94	79,87	169,00	25,12	631,00	-5,80	NON	11,15	NON	-4,40	NON	16,95	OUI	1,40	NON	-15,55	OUI
H2	36,63	4,47	19,98	38,43	2,51	6,29	36,55	3,58	12,82	39,00	4,10	16,80	-1,80	NON	0,08	NON	-2,38	NON	1,88	NON	-0,57	NON	-2,45	NON
H3	12,50	1,11	1,24	13,07	1,18	1,40	12,20	1,15	1,33	12,76	1,46	2,13	-0,58	NON	0,29	NON	-0,26	NON	0,87	NON	0,32	NON	-0,55	NON
H4	25,20	3,79	14,33	24,54	1,16	1,34	26,09	1,25	1,56	26,68	1,70	2,89	0,65	NON	-0,90	NON	-1,48	NON	-1,55	OUI	-2,13	OUI	-0,58	NON
H5	30,92	0,59	0,35	31,46			32,03	2,63	6,91	33,80			-0,54	NON	-1,11	OUI	-2,88	OUI	-0,57	NON	-2,34	NON	-1,77	NON
R1	107,33	9,71	94,33	123,25	4,72	22,25	115,56	7,72	59,53	114,00			-15,92	OUI	-8,22	NON	-6,67	NON	7,69	OUI	9,25	OUI	1,56	NON
R2	22,75	2,87	8,25	25,80	1,48	2,20	23,05	1,74	3,03	25,00	2,00	4,00	-3,05	OUI	-0,30	NON	-2,25	NON	2,75	OUI	0,80	NON	-1,95	OUI
R3	6,02	0,63	0,39	6,90	0,58	0,33	6,29	0,48	0,23	6,98	0,17	0,03	-0,89	OUI	-0,27	NON	-0,97	OUI	0,62	OUI	-0,08	NON	-0,70	OUI
R4	8,33	1,00	1,00	9,25	0,58	0,33	8,44	0,83	0,69	8,48	0,79	0,62	-0,92	NON	-0,10	NON	-0,14	NON	0,81	OUI	0,77	OUI	-0,04	NON
R5	11,46	1,88	3,55	12,13	0,32	0,10	10,89	0,94	0,87	9,85			-0,68	NON	0,56	NON	1,61	NON	1,24	OUI	2,28	OUI	1,04	OUI
R6	16,00	1,58	2,51	16,96	1,52	2,31	16,86	0,76	0,58	14,40			-0,96	NON	-0,86	NON	1,60	OUI	0,10	NON	2,56	OUI	2,46	OUI
U1	129,67	12,66	160,33	135,00	3,61	13,00	123,56	7,94	63,03				-5,33	NON	6,11	NON		NON	11,44	OUI		NON		NON
U2	25,67	1,15	1,33	27,33	1,15	1,33	24,85	2,16	4,67	26,00			-1,67	OUI	0,82	NON	-0,33	NON	2,48	OUI	1,33	OUI	-1,15	NON
U3	8,96	0,48	0,23	9,00	0,41	0,17	8,84	0,87	0,75	8,54			-0,05	NON	0,11	NON	0,42	NON	0,16	NON	0,46	OUI	0,30	NON
U4	19,62	0,50	0,25	18,78	2,51	6,31	18,49	1,27	1,61	20,45			0,83	OUI	1,13	OUI	-0,83	OUI	0,30	NON	-1,67	NON	-1,96	OUI
U5	10,55	0,64	0,41	9,52	0,95	0,90	10,16	1,44	2,07				1,04	OUI	0,39	NON		NON	-0,64	NON		NON		NON
Mc1				22,65	1,36	1,85	20,01	0,99	0,99					NON		NON		NON	2,65	OUI		NON		NON
Mc2				7,79	0,36	0,13	7,41	0,85	0,72					NON		NON		NON	0,38	OUI		NON		NON
Isc1	47,34	6,96	48,45	49,23	2,36	5,59	45,22	2,89	8,37				-1,89	NON	2,11	NON		NON	4,00	OUI		NON		NON
Pub1	45,62	0,58	0,34	40,88	1,67	2,78	39,02	1,96	3,83	43,59	0,13	0,02	4,75	OUI	6,60	OUI	2,04	OUI	1,86	OUI	-2,71	OUI	-4,57	OUI
il1	73,85	7,22	52,07	78,40	2,30	5,30	72,50	3,42	11,71				-4,55	NON	1,35	NON		NON	5,90	OUI		NON		NON
il2	79,93	7,90	62,38	84,00	2,12	4,50	83,56	3,47	12,03				-4,07	NON	-3,63	NON		NON	0,44	NON		NON		NON
F1	235,83	21,88	478,57	237,00	13,31	177,20	208,78	10,63	112,94				-1,17	NON	27,06	OUI		NON	28,22	OUI		NON		NON
F2	24,98	2,46	6,07	24,04	0,99	0,97	22,26	2,75	7,57	28,39	1,93	3,72	0,94	NON	2,73	OUI	-3,40	OUI	1,78	OUI	-4,35	OUI	-6,13	OUI
F3	15,35	1,62	2,61	15,62	0,59	0,35	15,15	1,39	1,95	14,93	2,69	7,25	-0,27	NON	0,20	NON	0,42	NON	0,47	NON	0,69	OUI	0,22	NON
F4	14,66	1,00	1,00	14,24	0,55	0,31	13,98	1,61	2,61	14,01	2,05	4,19	0,43	NON	0,68	NON	0,65	NON	0,26	NON	0,23	NON	-0,03	NON

A34. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 3 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Moy3	SD3	Var3	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
F5	47,71	4,07	16,57	47,42	1,77	3,14	46,33	3,77	14,25	46,33	6,77	45,87	0,30	NON	1,38	NON	1,38	NON	1,08	NON	1,08	NON	0,00	NON
F6	46,16	2,51	6,31	45,51	4,66	21,72	44,59	3,17	10,06	47,76			0,65	NON	1,57	NON	-1,60	NON	0,92	NON	-2,25	NON	-3,17	OUI
F7	45,99	2,46	6,04	41,62	2,10	4,41	44,57	4,36	18,98	42,76	4,14	17,16	4,36	OUI	1,42	NON	3,22	OUI	-2,94	OUI	-1,14	NON	1,81	NON
T1	169,40	26,96	726,80	186,75	10,72	114,92	165,14	9,65	93,14	221,00			-17,35	NON	4,26	NON	-51,60	OUI	21,61	OUI	-34,25	OUI	-55,86	OUI
T2	15,48	2,67	7,11	16,64	0,69	0,47	14,88	1,53	2,35	18,59	1,23	1,51	-1,16	NON	0,60	NON	-3,11	OUI	1,76	OUI	-1,95	OUI	-3,71	OUI
T3	13,21	2,26	5,11	13,14	0,89	0,79	12,53	1,58	2,50	15,26	0,41	0,17	0,07	NON	0,68	NON	-2,05	NON	0,61	NON	-2,12	OUI	-2,73	OUI
T4	45,00	6,71	45,00	47,40	1,34	1,80	42,71	4,27	18,24	51,33	4,04	16,33	-2,40	NON	2,29	NON	-6,33	NON	4,69	OUI	-3,93	OUI	-8,62	OUI
T5	36,66	7,11	50,60	36,56	2,69	7,21	37,93	3,43	11,76	36,70			0,10	NON	-1,28	NON	-0,04	NON	-1,37	NON	-0,14	NON	1,23	NON
T6	25,07	4,03	16,24	24,22	1,46	2,13	26,51	1,89	3,57	28,19			0,85	NON	-1,43	NON	-3,12	NON	-2,29	OUI	-3,97	OUI	-1,68	NON
Fib1	160,00	16,97	288,00	173,00			161,67	8,32	69,25				-13,00	NON	-1,67	NON		NON	11,33	NON		NON		NON
Fib2	8,04	0,99	0,98	8,42			7,65	1,19	1,42				-0,38	NON	0,39	NON		NON	0,77	NON		NON		NON
Fib3	23,67	3,21	10,33	25,00			22,72	2,71	7,32				-1,33	NON	0,94	NON		NON	2,28	NON		NON		NON
Tal1	34,05	3,41	11,62	38,38	7,37	54,32	31,17	2,86	8,17				-4,32	OUI	2,88	NON		NON	7,21	NON		NON		NON
Tal2	28,88	1,72	2,97	24,79	3,19	10,18	24,71	2,65	7,03				4,09	OUI	4,17	OUI		NON	0,08	NON		NON		NON
Calca1	34,86	9,65	93,05	46,43	4,75	22,58	38,20	3,57	12,75	44,60			-11,57	OUI	-3,33	NON	-9,74	OUI	8,23	OUI	1,83	NON	-6,40	OUI
Calca2	19,18	5,83	33,97	24,08			21,29	2,64	6,98	25,27			-4,90	NON	-2,12	NON	-6,09	OUI	2,79	NON	-1,19	NON	-3,98	OUI
Mt1	35,62			36,72			29,37	1,87	3,50	41,31			-1,10	NON	6,25	NON	-5,69	NON	7,35	NON	-4,59	NON	-11,94	OUI
Mt2	10,43			9,82	0,80	0,64	8,57	0,76	0,58	10,69			0,61	NON	1,86	NON	-0,26	NON	1,24	OUI	-0,87	OUI	-2,12	OUI

A35. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 4 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md1	85,80	11,67	136,20	81,00			80,00	2,83	8,00				4,80	NON	5,80	NON		NON	1,00	NON		NON		NON
Md2	30,51	2,56	6,58	35,21			30,77	0,98	0,95				-4,71	OUI	-0,27	NON		NON	4,44	NON		NON		NON
Md3	27,26	2,01	4,05	31,54			28,57	1,19	1,41				-4,28	OUI	-1,31	NON		NON	2,97	NON		NON		NON
Md4	108,00	2,83	8,00				100,50	0,71	0,50					NON	7,50	OUI		NON		NON		NON		NON
Md5	89,63	7,73	59,70				82,00	4,24	18,00					NON	7,63	NON		NON		NON		NON		NON
Clav1	96,00			93,00			89,50	4,95	24,50				3,00	NON	6,50	NON		NON	3,50	NON		NON		NON
Clav2	22,50	2,12	4,50	22,00			20,33	0,58	0,33				0,50	NON	2,17	OUI		NON	1,67	NON		NON		NON

A35. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 4 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Clav3	19,34	7,73	59,73	18,88			14,35	0,92	0,84				0,46	NON	4,99	NON		NON	4,53	NON		NON		NON
Clav4	17,06	3,39	11,51	15,53			13,57	2,30	5,28	14,14			1,53	NON	3,49	OUI	2,92	NON	1,97	NON	1,39	NON	-0,58	NON
H1	215,50	33,31	1109,67	177,33	4,93	24,33	173,50	4,12	17,00				38,17	OUI	42,00	OUI		NON	3,83	NON		NON		NON
H2	44,50	4,65	21,67	41,17	2,57	6,58	39,00	4,24	18,00	41,00			3,33	NON	5,50	OUI	3,50	NON	2,17	NON	0,17	NON	-2,00	NON
H3	14,65	1,80	3,25	13,65	1,05	1,09	13,25	1,49	2,22	13,26			0,99	NON	1,39	NON	1,39	NON	0,40	NON	0,39	NON	-0,01	NON
H4	31,02	0,98	0,96	28,59	3,86	14,91	27,78	2,07	4,30				2,43	OUI	3,24	OUI		NON	0,81	NON		NON		NON
H5	40,91	5,32	28,34	35,60	4,94	24,43	35,30	1,37	1,89				5,32	NON	5,61	OUI		NON	0,30	NON		NON		NON
R1	158,00	7,07	50,00	136,00			124,00	7,55	57,00				22,00	OUI	34,00	OUI		NON	12,00	NON		NON		NON
R2	28,50	0,71	0,50	29,00			27,67	0,58	0,33				-0,50	NON	0,83	OUI		NON	1,33	NON		NON		NON
R3	7,57	1,13	1,28	7,65			7,16	0,31	0,09				-0,08	NON	0,41	NON		NON	0,49	NON		NON		NON
R4	9,97	0,28	0,08	10,49			10,17	0,39	0,15				-0,52	OUI	-0,20	NON		NON	0,32	NON		NON		NON
R5	15,74	3,56	12,68	12,36	0,48	0,23	12,59	1,02	1,04				3,38	NON	3,15	NON		NON	-0,23	NON		NON		NON
R6	17,67	2,79	7,76	20,82			17,86	1,32	1,75				-3,15	OUI	-0,20	NON		NON	2,96	NON		NON		NON
U1	167,50	13,44	180,50	145,33	1,15	1,33	139,50	6,76	45,67				22,17	OUI	28,00	OUI		NON	5,83	OUI		NON		NON
U2	30,33	1,53	2,33	27,33	1,53	2,33	27,25	3,59	12,92				3,00	OUI	3,08	OUI		NON	0,08	NON		NON		NON
U3	10,99	0,84	0,70	9,04	0,61	0,38	9,79	1,27	1,61				1,95	OUI	1,20	OUI		NON	-0,75	OUI		NON		NON
U4	24,59	3,10	9,62	17,74			21,27	1,63	2,65				6,85	OUI	3,32	OUI		NON	-3,53	NON		NON		NON
U5	11,95	0,07	0,00	9,89	0,61	0,37	10,65	1,57	2,46				2,06	OUI	1,31	OUI		NON	-0,75	OUI		NON		NON
Mc1	29,03	7,55	57,00	26,08			21,93	1,41	1,99				2,95	NON	7,10	NON		NON	4,15	NON		NON		NON
Mc2	8,18	0,99	0,98	8,93			8,88	0,70	0,49				-0,75	NON	-0,69	NON		NON	0,05	NON		NON		NON
Isc1	55,69	1,10	1,22	57,24			48,95	2,31	5,35				-1,55	OUI	6,74	OUI		NON	8,29	NON		NON		NON
Pub1				48,94			43,95	4,44	19,70					NON		NON		NON	4,99	NON		NON		NON
il1	89,55	3,60	12,95	80,00	8,49	72,00	77,75	4,92	24,25				9,55	OUI	11,80	OUI		NON	2,25	NON		NON		NON
il2	96,69	2,15	4,62	94,00	11,31	128,00	90,33	4,04	16,33				2,69	OUI	6,36	OUI		NON	3,67	NON		NON		NON
F1	270,00	7,07	50,00	249,50	10,61	112,50	232,00	4,36	19,00	222,00			20,50	OUI	38,00	OUI	48,00	OUI	17,50	OUI	27,50	OUI	10,00	OUI
F2	30,47	0,93	0,87	30,25			25,42	2,05	4,20				0,22	NON	5,05	OUI		NON	4,83	NON		NON		NON
F3	17,34	0,40	0,16	17,01	0,72	0,52	16,10	0,34	0,11	14,42	0,33	0,11	0,33	NON	1,24	OUI	2,92	OUI	0,91	OUI	2,59	OUI	1,68	OUI
F4	15,62	1,10	1,22	15,59	1,73	2,98	14,65	1,15	1,33	14,54	0,78	0,60	0,03	NON	0,97	NON	1,08	NON	0,94	NON	1,05	NON	0,12	NON
F5	53,50	2,12	4,50	51,50	3,54	12,50	49,00	1,00	1,00	47,33	2,08	4,33	2,00	NON	4,50	OUI	6,17	OUI	2,50	NON	4,17	OUI	1,67	OUI
F6	55,83	0,35	0,13	55,26			48,48	1,02	1,04				0,57	OUI	7,35	OUI		NON	6,78	NON		NON		NON
F7	54,35			46,25	4,60	21,13	50,49	3,48	12,11				8,10	NON	3,86	NON		NON	-4,24	NON		NON		NON
T1	216,00	4,24	18,00	206,00			180,00	4,36	19,00	244,00			10,00	OUI	36,00	OUI	-28,00	OUI	26,00	NON	-38,00	NON	-64,00	OUI

A35. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 4 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Moy4	SD4	Var4	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
T2	17,57	0,19	0,04	19,70			15,35	0,35	0,12	19,63	4,08	16,65	-2,14	OUI	2,22	OUI	-2,06	OUI	4,35	NON	0,07	NON	-4,28	OUI
T3	13,85	0,88	0,77	13,26			13,22	0,37	0,13	14,55	1,53	2,35	0,59	NON	0,63	NON	-0,70	NON	0,04	NON	-1,29	NON	-1,32	OUI
T4	51,00	1,41	2,00	53,00			45,00	0,00	0,00	54,50	9,19	84,50	-2,00	OUI	6,00	OUI	-3,50	OUI	8,00	NON	-1,50	NON	-9,50	OUI
T5	39,77	5,18	26,79	38,68			41,98	2,88	8,32	40,48			1,09	NON	-2,21	NON	-0,71	NON	-3,30	NON	-1,80	NON	1,50	NON
T6	29,43	5,06	25,56	27,97			28,13	0,85	0,72	34,85			1,46	NON	1,30	NON	-5,43	OUI	-0,16	NON	-6,88	NON	-6,72	OUI
Fib1	210,50	3,54	12,50				177,67	8,62	74,33					NON	32,83	OUI		NON		NON		NON		NON
Fib2	9,33	1,03	1,07				8,03	1,43	2,05					NON	1,30	OUI		NON		NON		NON		NON
Fib3	26,50	0,71	0,50				24,67	2,08	4,33					NON	1,83	OUI		NON		NON		NON		NON
Tal1	48,92			40,33			36,42	0,40	0,16				8,59	NON	12,51	NON		NON	3,92	NON		NON		NON
Tal2	38,75			31,50			27,35	2,27	5,14				7,25	NON	11,41	NON		NON	4,16	NON		NON		NON
Calca1				53,25			43,69	1,70	2,88	57,44				NON		NON		NON	9,56	NON	-4,19	NON	-13,75	OUI
Calca2				28,79			24,88	1,75	3,07	34,49				NON		NON		NON	3,91	NON	-5,70	NON	-9,61	OUI
Mt1	58,33			36,79	0,60	0,36	32,88	2,29	5,26	36,90	4,75	22,52	21,55	NON	25,46	NON	21,43	NON	3,91	OUI	-0,12	NON	-4,03	OUI
Mt2	12,47			10,20	1,36	1,86	9,21	0,47	0,22	10,07	1,35	1,82	2,28	NON	3,27	NON	2,40	NON	0,99	NON	0,12	NON	-0,87	OUI

A36. Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 5 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md1	82,43	5,85	34,26	82,00	2,65	7,00	87,50	8,52	72,57	86,43	6,55	42,95	0,43	NON	-5,07	NON	-4,00	NON	-5,50	OUI	-4,43	OUI	1,07	NON
Md2	32,32	2,61	6,79	29,08	0,27	0,07	34,66	2,64	6,97	29,61	2,45	6,02	3,24	OUI	-2,34	NON	2,71	OUI	-5,58	OUI	-0,53	OUI	5,05	OUI
Md3	27,22	1,85	3,44	27,99	1,05	1,09	29,84	3,11	9,68	27,09	3,10	9,60	-0,77	NON	-2,62	OUI	0,13	NON	-1,85	OUI	0,90	NON	2,75	NON
Md4	101,83	11,14	124,17	96,00	4,24	18,00	107,80	4,55	20,70	106,00	2,83	8,00	5,83	NON	-5,97	NON	-4,17	NON	-11,80	OUI	-10,00	OUI	1,80	NON
Md5	86,43	8,68	75,29	83,50	3,54	12,50	88,75	7,09	50,25	83,75	3,50	12,25	2,93	NON	-2,32	NON	2,68	NON	-5,25	OUI	-0,25	NON	5,00	NON
Clav1	97,43	12,04	144,85	100,00	22,61	511,00	97,71	5,12	26,24	101,20	10,33	106,70	-2,57	NON	-0,28	NON	-3,77	NON	2,29	NON	-1,20	NON	-3,49	NON
Clav2	24,91	5,54	30,69	25,17	3,33	11,08	26,38	4,27	18,27	25,71	3,68	13,57	-0,26	NON	-1,47	NON	-0,81	NON	-1,21	NON	-0,55	NON	0,66	NON
Clav3	16,64	3,00	8,98	14,03	1,84	3,39	18,44	1,88	3,55	15,43	1,88	3,53	2,61	NON	-1,80	NON	1,22	NON	-4,41	OUI	-1,40	NON	3,01	OUI
Clav4	16,21	3,35	11,19	15,42	2,86	8,19	16,03	1,76	3,09	15,21	1,95	3,80	0,78	NON	0,18	NON	1,00	NON	-0,60	NON	0,21	NON	0,82	NON
H1	210,82	35,48	1259,16	204,67	38,50	1482,33	214,67	20,25	409,87	192,00			6,15	NON	-3,85	NON	18,82	NON	-10,00	NON	12,67	NON	22,67	OUI
H2	45,00	8,97	80,46	42,75	4,64	21,58	45,57	4,96	24,62	46,00	4,95	24,50	2,25	NON	-0,57	NON	-1,00	NON	-2,82	NON	-3,25	NON	-0,43	NON

A36. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 5 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
H3	15,33	2,81	7,91	14,36	1,81	3,27	15,12	1,67	2,79	14,29	1,22	1,49	0,98	NON	0,21	NON	1,04	NON	-0,77	NON	0,06	NON	0,83	NON
H4	30,98	5,23	27,40	29,51	4,34	18,84	33,02	4,04	16,33	27,97	1,88	3,54	1,47	NON	-2,04	NON	3,01	NON	-3,51	NON	1,54	NON	5,05	OUI
H5	40,05	7,77	60,32	38,86	5,40	29,14	40,80	5,10	25,96	34,27	0,47	0,22	1,19	NON	-0,75	NON	5,78	NON	-1,95	NON	4,59	NON	6,54	OUI
R1	160,83	34,09	1162,17	156,50	19,76	390,33	159,67	16,28	265,07				4,33	NON	1,17	NON		NON	-3,17	NON		NON		NON
R2	30,78	5,52	30,44	28,50	3,16	10,00	30,25	3,49	12,18	29,00	2,83	8,00	2,28	NON	0,53	NON	1,78	NON	-1,75	NON	-0,50	NON	1,25	NON
R3	8,51	1,59	2,52	7,60	0,64	0,41	8,42	1,27	1,61	8,01	0,81	0,65	0,91	NON	0,10	NON	0,50	NON	-0,81	OUI	-0,41	NON	0,40	NON
R4	10,97	2,21	4,87	10,24	1,49	2,22	10,83	1,32	1,75	10,51	1,21	1,46	0,73	NON	0,14	NON	0,47	NON	-0,58	NON	-0,26	NON	0,32	NON
R5	14,16	2,90	8,44	12,97	2,03	4,10	13,85	1,00	0,99	12,68	0,65	0,42	1,19	NON	0,31	NON	1,48	NON	-0,88	NON	0,29	NON	1,17	OUI
R6	21,50	5,03	25,29	17,96	2,25	5,08	20,81	2,40	5,77	18,38	2,11	4,44	3,54	NON	0,69	NON	3,12	NON	-2,85	OUI	-0,42	NON	2,43	OUI
U1	186,80	34,52	1191,70	173,50	24,08	579,67	175,60	20,13	405,30				13,30	NON	11,20	NON		NON	-2,10	NON		NON		NON
U2	34,33	8,43	71,07	30,40	2,61	6,80	33,00	3,58	12,80	30,00	4,24	18,00	3,93	NON	1,33	NON	4,33	NON	-2,60	NON	0,40	NON	3,00	NON
U3	12,26	3,00	8,99	10,93	0,93	0,86	11,40	1,41	1,98	10,40	0,51	0,26	1,33	NON	0,86	NON	1,86	NON	-0,47	NON	0,53	NON	1,00	NON
U4	23,12	5,83	33,97	22,51	3,46	12,00	23,54	2,35	5,50	20,52	0,80	0,64	0,61	NON	-0,42	NON	2,60	NON	-1,03	NON	2,00	NON	3,03	OUI
U5	14,18	3,12	9,72	11,86	2,09	4,38	13,03	1,79	3,20	11,38	2,45	6,00	2,33	NON	1,15	NON	2,80	NON	-1,18	NON	0,48	NON	1,65	NON
Mc1	24,07	3,40	11,55	27,22	4,28	18,33	27,02	1,01	1,02	28,08	3,78	14,31	-3,15	NON	-2,94	NON	-4,00	OUI	0,21	NON	-0,85	NON	-1,06	OUI
Mc2	8,32	1,35	1,83	8,81	0,68	0,47	8,80	0,78	0,60	10,45			-0,49	NON	-0,48	NON	-2,14	OUI	0,01	NON	-1,65	OUI	-1,65	OUI
Isc1	56,85	8,16	66,63	46,01	10,09	101,75	59,66	9,06	82,10	58,95	4,92	24,23	10,84	OUI	-2,81	NON	-2,10	NON	-13,65	OUI	-12,94	OUI	0,71	NON
Pub1	53,28	8,99	80,84	48,70	1,95	3,82	55,81	10,55	111,30				4,58	NON	-2,53	NON		NON	-7,11	OUI		NON		NON
il1	93,47	14,73	216,85	84,67	11,68	136,33	93,83	7,78	60,57	94,00			8,80	NON	-0,36	NON	-0,53	NON	-9,17	NON	-9,33	NON	-0,17	NON
il2	105,53	21,97	482,75	102,67	19,01	361,33	109,40	14,52	210,80				2,86	NON	-3,88	NON		NON	-6,73	NON		NON		NON
F1	297,20	56,84	3230,84	278,67	32,13	1032,27	307,25	35,94	1291,58	307,50	35,56	1264,30	18,53	NON	-10,05	NON	-10,30	NON	-28,58	NON	-28,83	NON	-0,25	NON
F2	32,74	6,38	40,76	30,94	5,25	27,53	31,61	5,03	25,30	33,87	3,13	9,82	1,80	NON	1,14	NON	-1,13	NON	-0,66	NON	-2,93	NON	-2,26	NON
F3	18,24	3,25	10,58	17,65	2,64	6,97	19,01	2,84	8,08	18,65	1,56	2,44	0,59	NON	-0,77	NON	-0,41	NON	-1,36	NON	-1,00	NON	0,36	NON
F4	17,60	4,02	16,17	16,55	2,50	6,23	17,81	2,60	6,77	17,43	1,66	2,75	1,06	NON	-0,21	NON	0,17	NON	-1,26	NON	-0,89	NON	0,37	NON
F5	56,50	10,27	105,50	54,44	8,27	68,39	58,50	8,23	67,67	58,58	5,45	29,72	2,06	NON	-2,00	NON	-2,08	NON	-4,06	NON	-4,15	NON	-0,08	NON
F6	56,89	9,76	95,32	53,91	10,93	119,42	60,60	11,01	121,33	57,05	5,25	27,54	2,99	NON	-3,70	NON	-0,15	NON	-6,69	NON	-3,14	NON	3,55	NON
F7	53,22	11,42	130,48	49,77	5,30	28,08	57,15	7,33	53,70	50,20	3,93	15,41	3,45	NON	-3,93	NON	3,02	NON	-7,38	OUI	-0,43	NON	6,96	NON
T1	224,00	36,18	1308,67	223,67	31,01	961,87	244,00	30,52	931,33	251,50	54,45	2964,50	0,33	NON	-20,00	NON	-27,50	NON	-20,33	NON	-27,83	NON	-7,50	NON
T2	18,85	3,57	12,71	18,37	2,35	5,53	20,56	3,46	11,94	21,18	3,63	13,16	0,48	NON	-1,71	NON	-2,33	NON	-2,18	NON	-2,80	OUI	-0,62	NON
T3	15,20	1,98	3,91	14,63	1,28	1,63	15,46	2,20	4,83	16,21	1,52	2,31	0,57	NON	-0,26	NON	-1,02	NON	-0,82	NON	-1,58	OUI	-0,76	NON
T4	53,44	8,46	71,53	51,83	6,27	39,37	55,75	10,84	117,58	60,71	6,26	39,24	1,61	NON	-2,31	NON	-7,27	NON	-3,92	NON	-8,88	OUI	-4,96	NON
T5	43,11	6,20	38,43	42,36	5,66	32,04	46,59	7,14	51,02	47,91	6,75	45,51	0,76	NON	-3,48	NON	-4,80	NON	-4,23	NON	-5,55	NON	-1,32	NON

A36. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 5 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Moy5	SD5	Var5	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
T6	31,31	4,16	17,30	28,56	2,46	6,07	33,98	4,12	16,96	31,33	4,16	17,29	2,74	NON	-2,68	NON	-0,02	NON	-5,42	OUI	-2,77	OUI	2,65	NON
Fib1	217,90	38,14	1454,30	224,33	43,50	1892,33	234,75	33,02	1090,25	188,50	12,02	144,50	-6,43	NON	-16,85	NON	29,40	NON	-10,42	NON	35,83	NON	46,25	OUI
Fib2	11,27	2,46	6,04	10,03	2,12	4,50	10,20	1,31	1,73	8,37	0,82	0,68	1,24	NON	1,07	NON	2,90	OUI	-0,17	NON	1,66	NON	1,83	OUI
Fib3	32,29	7,95	63,24	27,00	2,65	7,00	30,00	3,94	15,50	25,75	1,50	2,25	5,29	NON	2,29	NON	6,54	NON	-3,00	OUI	1,25	NON	4,25	OUI
Tal1	43,51	6,62	43,84	40,21	5,16	26,65	43,31	5,84	34,08	45,15	5,86	34,38	3,30	NON	0,21	NON	-1,64	NON	-3,10	NON	-4,94	NON	-1,84	NON
Tal2	32,71	5,98	35,79	29,94	3,95	15,59	33,92	4,46	19,93	33,64	4,95	24,45	2,77	NON	-1,21	NON	-0,92	NON	-3,98	OUI	-3,70	NON	0,28	NON
Calca1	54,12	11,35	128,87	50,68	8,12	66,01	54,33	7,16	51,27	50,63	10,48	109,77	3,43	NON	-0,21	NON	3,49	NON	-3,64	NON	0,06	NON	3,70	NON
Calca2	33,24	8,84	78,14	29,92	6,29	39,62	31,28	4,77	22,78	28,01			3,32	NON	1,96	NON	5,23	NON	-1,36	NON	1,91	NON	3,27	NON
Mt1	43,60	2,78	7,73	38,27	4,85	23,51	41,29	5,39	29,02	47,65	1,80	3,25	5,33	OUI	2,31	NON	-4,05	OUI	-3,02	NON	-9,38	OUI	-6,36	OUI
Mt2	11,33	0,82	0,68	9,84	1,53	2,35	10,44	1,84	3,38	12,79	1,17	1,37	1,49	OUI	0,89	OUI	-1,46	OUI	-0,60	NON	-2,95	OUI	-2,35	OUI

A37. Différences intersites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 6 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Md1	99,50	7,09	50,27	96,60	6,19	38,30				95,67	7,00	49,00	2,90	NON		NON	3,83	NON		NON	0,93	NON		NON
Md2	36,41	4,56	20,75	34,46	4,22	17,81	37,22			34,56	2,74	7,52	1,95	NON	-0,81	NON	1,85	NON	-2,76	NON	-0,10	NON	2,66	NON
Md3	30,19	3,11	9,67	28,67	2,89	8,34	28,97			30,98	1,38	1,91	1,52	NON	1,22	NON	-0,79	NON	-0,30	NON	-2,31	NON	-2,01	NON
Md4	114,75	9,71	94,21	107,33	4,73	22,33				113,20	6,91	47,70	7,42	NON		NON	1,55	NON		NON	-5,87	OUI		NON
Md5	93,39	5,52	30,49	91,40	7,92	62,80				94,00	5,87	34,50	1,99	NON		NON	-0,61	NON		NON	-2,60	NON		NON
Clav1	127,71	10,27	105,57	118,40	13,20	174,30				129,38	6,37	40,55	9,31	NON		NON	-1,66	NON		NON	-10,98	NON		NON
Clav2	33,00	3,35	11,20	29,17	4,79	22,97				32,64	3,61	13,05	3,83	OUI		NON	0,36	NON		NON	-3,47	NON		NON
Clav3	21,49	4,49	20,19	20,98	3,72	13,81				23,63	3,57	12,72	0,51	NON		NON	-2,14	NON		NON	-2,65	NON		NON
Clav4	20,71	4,16	17,30	18,05	2,53	6,41				20,43	1,52	2,31	2,66	NON		NON	0,28	NON		NON	-2,38	NON		NON
H1	279,67	27,87	776,50	255,60	38,21	1460,30				281,13	23,55	554,41	24,07	NON		NON	-1,46	NON		NON	-25,53	NON		NON
H2	56,92	6,17	38,08	50,08	6,95	48,24				56,43	4,01	16,11	6,83	OUI		NON	0,49	NON		NON	-6,35	NON		NON
H3	19,00	2,27	5,17	17,34	2,33	5,41				19,50	1,16	1,34	1,66	NON		NON	-0,50	NON		NON	-2,16	NON		NON
H4	36,65	9,63	92,81	34,94	3,95	15,59				40,68	3,73	13,91	1,71	NON		NON	-4,03	NON		NON	-5,75	OUI		NON
H5	52,81	7,08	50,14	45,71	7,23	52,30	53,51			49,76	3,90	15,18	7,09	OUI	-0,71	NON	3,05	NON	-7,80	OUI	-4,04	NON	3,75	NON
R1	218,50	29,49	869,43	195,00	24,46	598,50				202,60	29,73	883,80	23,50	NON		NON	15,90	NON		NON	-7,60	NON		NON

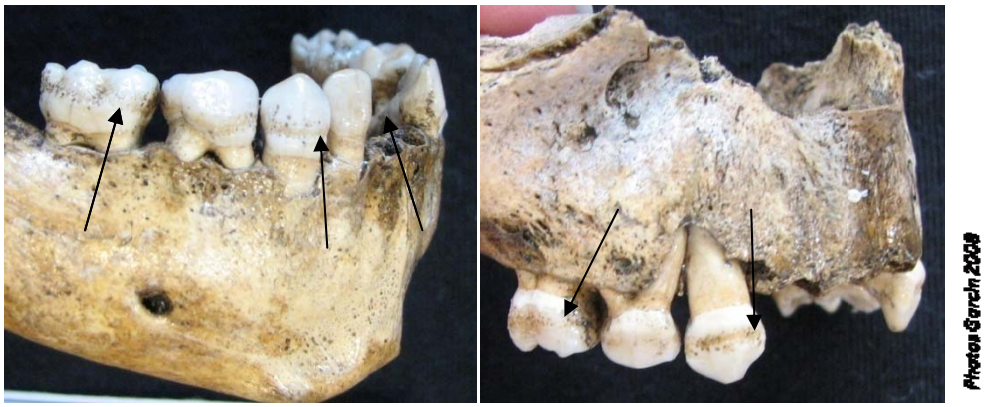
A37. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 6 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
R2	39,50	4,06	16,50	33,33	4,68	21,87				36,70	4,35	18,90	6,17	OUI		NON	2,80	NON		NON	-3,37	NON		NON
R3	10,55	1,38	1,90	9,38	1,61	2,60				10,66	1,20	1,44	1,18	NON		NON	-0,10	NON		NON	-1,28	NON		NON
R4	14,13	1,74	3,04	11,63	1,65	2,72				13,51	0,94	0,88	2,50	OUI		NON	0,62	NON		NON	-1,88	OUI		NON
R5	19,63	4,19	17,53	16,52	1,53	2,34				18,73	2,39	5,72	3,11	NON		NON	0,90	NON		NON	-2,21	OUI		NON
R6	27,48	4,16	17,28	22,70	3,48	12,10				25,55	3,58	12,81	4,78	OUI		NON	1,93	NON		NON	-2,85	NON		NON
U1	243,00	38,92	1514,50	217,80	28,76	827,20				238,50	13,80	190,33	25,20	NON		NON	4,50	NON		NON	-20,70	NON		NON
U2	41,83	5,00	24,97	35,92	5,94	35,24				39,67	4,09	16,75	5,92	OUI		NON	2,17	NON		NON	-3,75	NON		NON
U3	14,66	2,39	5,73	12,74	2,42	5,85				16,65	8,06	64,96	1,92	NON		NON	-2,00	NON		NON	-3,92	OUI		NON
U4	29,82	3,38	11,42	26,41	3,51	12,35	21,42			27,98	5,36	28,78	3,41	OUI	8,40	OUI	1,83	NON	4,99	OUI	-1,57	NON	-6,56	NON
U5	18,09	2,64	6,95	14,91	0,74	0,55				16,12	1,98	3,90	3,18	OUI		NON	1,96	NON		NON	-1,21	OUI		NON
Mc1	43,03	7,59	57,59	37,22	4,09	16,73				37,13			5,81	NON		NON	5,90	NON		NON	0,09	NON		NON
Mc2	11,31	1,18	1,39	10,02	1,22	1,48				10,30	0,14	0,02	1,29	OUI		NON	1,01	NON		NON	-0,28	NON		NON
Isc1	56,77	9,70	94,16	65,00	10,13	102,59							-8,23	NON		NON		NON		NON		NON		NON
Pub1	64,57	4,90	24,02	57,79	0,42	0,17				62,31			6,78	OUI		NON	2,26	NON		NON	-4,52	OUI		NON
il1	119,43	10,93	119,57	103,33	7,77	60,33				114,50	12,23	149,67	16,10	OUI		NON	4,93	NON		NON	-11,17	OUI		NON
il2	138,54	17,44	304,21	114,75	13,38	178,92	136,00			139,67	5,51	30,33	23,79	OUI	2,54	NON	-1,13	NON	-21,25	OUI	-24,92	OUI	-3,67	NON
F1	389,00	33,33	1111,00	364,14	43,78	1916,81	395,00			423,33	23,26	541,25	24,86	NON	-6,00	NON	-34,33	OUI	-30,86	NON	-59,19	OUI	-28,33	NON
F2	42,72	4,13	17,04	39,16	5,16	26,64	43,27			41,03	3,38	11,40	3,56	NON	-0,55	NON	1,70	NON	-4,11	NON	-1,86	NON	2,24	NON
F3	24,68	3,09	9,52	21,36	3,43	11,75	24,30			24,86	2,11	4,43	3,31	OUI	0,38	NON	-0,18	NON	-2,94	NON	-3,50	OUI	-0,56	NON
F4	22,76	2,73	7,46	20,55	3,04	9,25	22,14			23,54	2,36	5,57	2,22	NON	0,62	NON	-0,78	NON	-1,59	NON	-3,00	NON	-1,40	NON
F5	75,00	8,15	66,50	67,21	9,33	86,99	73,00			75,23	7,30	53,36	7,79	NON	2,00	NON	-0,23	NON	-5,79	NON	-8,02	NON	-2,23	NON
F6	75,37	6,14	37,72	72,95	11,62	135,03				78,43	12,19	148,65	2,41	NON		NON	-3,06	NON		NON	-5,47	NON		NON
F7	63,47	6,86	47,03	59,75	8,10	65,62	67,40			67,26	6,94	48,21	3,73	NON	-3,93	NON	-3,78	NON	-7,65	NON	-7,51	NON	0,14	NON
T1	317,25	43,50	1892,21	303,50	45,41	2061,67	310,00			330,09	41,48	1720,49	13,75	NON	7,25	NON	-12,84	NON	-6,50	NON	-26,59	NON	-20,09	NON
T2	24,31	2,39	5,69	21,71	3,26	10,66	26,47			26,20	2,11	4,47	2,60	OUI	-2,16	NON	-1,89	NON	-4,76	OUI	-4,49	OUI	0,27	NON
T3	19,94	4,59	21,04	17,39	3,24	10,48	18,50			21,16	3,50	12,28	2,55	NON	1,44	NON	-1,22	NON	-1,11	NON	-3,77	OUI	-2,66	NON
T4	70,22	6,82	46,44	61,80	9,98	99,57	72,00			73,36	8,12	65,94	8,42	OUI	-1,78	NON	-3,13	NON	-10,20	OUI	-11,56	OUI	-1,36	NON
T5	57,74	8,76	76,79	53,96	7,37	54,37	60,91			63,04	5,49	30,15	3,78	NON	-3,17	NON	-5,30	NON	-6,95	NON	-9,08	OUI	-2,13	NON
T6	39,93	3,77	14,22	41,34	5,65	31,89	41,63			44,08	4,54	20,59	-1,41	NON	-1,70	NON	-4,15	OUI	-0,29	NON	-2,74	NON	-2,45	NON
Fib1	261,50	31,82	1012,50	293,25	43,29	1874,25	298,00			300,00			-31,75	NON	-36,50	OUI	-38,50	OUI	-4,75	NON	-6,75	NON	-2,00	NON
Fib2	11,91	0,49	0,24	11,95	2,15	4,63	11,84			17,30	9,27	86,01	-0,04	NON	0,07	NON	-5,39	OUI	0,11	NON	-5,36	OUI	-5,46	NON
Fib3	34,00	2,16	4,67	35,13	7,69	59,06	33,00			41,33	4,23	17,87	-1,13	NON	1,00	NON	-7,33	OUI	2,13	NON	-6,21	NON	-8,33	NON

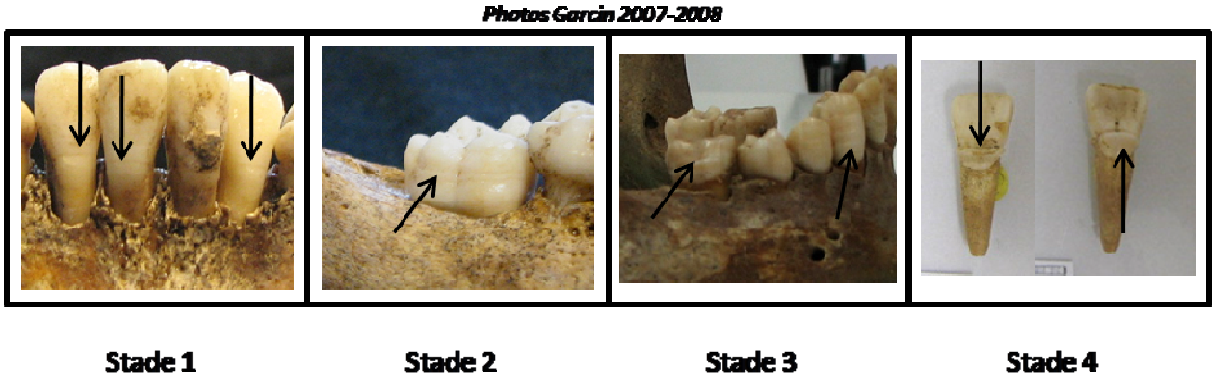
A37. (suite) Différences inter-sites pour chaque mesure, séquence de minéralisation dentaire 6 (Moy = moyenne ; SD = écart-type ; Var = variance ; Diff = différence ; Valid = validité de la comparaison).

	Mk			Pk			Che			Nlv			Mk-Pk		Mk-Che		Mk-Nlv		Pk-Che		Pk-Nlv		Che-Nlv	
	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Moy6	SD6	Var6	Diff1	Valid	Diff2	Valid	Diff3	Valid	Diff4	Valid	Diff5	Valid	Diff6	Valid
Tal1	54,24	4,77	22,78	50,87	8,44	71,26				56,70	5,84	34,12	3,37	NON		NON	-2,46	NON		NON	-5,84	NON		NON
Tal2	41,49	4,03	16,24	40,88	5,17	26,72				42,79	3,58	12,80	0,62	NON		NON	-1,30	NON		NON	-1,91	NON		NON
Calca1	70,99	7,73	59,82	67,11	6,57	43,21				69,53	8,19	67,03	3,89	NON		NON	1,46	NON		NON	-2,42	NON		NON
Calca2	42,34	6,07	36,82	39,77	7,38	54,46				39,47	3,21	10,31	2,57	NON		NON	2,87	NON		NON	0,30	NON		NON
Mt1	55,11	6,47	41,80	53,29	7,97	63,55	48,45			54,51	8,94	79,85	1,83	NON	6,66	OUI	0,60	NON	4,84	NON	-1,23	NON	-6,06	NON
Mt2	13,51	1,97	3,88	12,55	2,00	3,99	12,52			13,37	1,02	1,04	0,97	NON	0,99	NON	0,14	NON	0,03	NON	-0,83	NON	-0,85	NON

A38. Défauts hypoplasiques observés sur les dents déciduales (site de Cherbourg, sépulture n° 182).



A39. Stades de sévérité observés pour les hypoplasies de l'émail dentaire sur les dents permanentes.



A40. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Mikulčice (les fréquences > 0,5 sont grisées).

Dents supérieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3
N dents touchées	42	25	36	18	3	8	5	0
Tiers proximal	0,19	0,40	0,28	0,44	0,33	0,38	1,00	/
Tiers intermédiaire	0,69	0,40	0,64	0,39	0,67	0,50	0,00	/
Tiers distal	0,07	0,20	0,08	0,17	0,00	0,13	0,00	/
Couronne entière	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	/
Tiers distal	0,05	0,16	0,30	0,20	0,07	0,20	0,00	/
Tiers intermédiaire	0,58	0,44	0,52	0,67	0,60	0,80	0,57	/
Tiers proximal	0,37	0,40	0,15	0,13	0,33	0,00	0,43	/
N dents touchées	38	43	46	30	15	5	7	0
Dents inférieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3

A41. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Prušánky (les fréquences > 0,5 sont grisées).

Dents supérieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3
N dents touchées	13	15	13	12	9	1	3	0
Tiers proximal	0,38	0,47	0,31	0,42	0,44	1,00	0,33	/
Tiers intermédiaire	0,54	0,47	0,62	0,58	0,44	0,00	0,67	/
Tiers distal	0,08	0,07	0,08	0,00	0,11	0,00	0,00	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/
Tiers distal	0,08	0,19	0,14	0,15	0,00	0,00	0,00	/
Tiers intermédiaire	0,42	0,56	0,64	0,46	0,75	1,00	1,00	/
Tiers proximal	0,50	0,25	0,21	0,38	0,25	0,00	0,00	/
N dents touchées	12	16	14	13	8	5	4	0
Dents inférieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3

A42. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Cherbourg (les fréquences > 0,5 sont grisées).

Dents supérieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3
N dents touchées	10	7	7	1	4	3	0	0
Tiers proximal	0,30	0,14	0,29	1,00	0,50	0,33	/	/
Tiers intermédiaire	0,70	0,86	0,43	0,00	0,50	0,67	/	/
Tiers distal	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	/	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,00	/	/	0,00	/	/
Tiers distal	0,00	0,00	0,25	/	/	0,00	/	/
Tiers intermédiaire	0,63	0,40	0,50	/	/	1,00	/	/
Tiers proximal	0,38	0,60	0,25	/	/	0,00	/	/
N dents touchées	8	5	8	0	0	2	0	0
Dents inférieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3

A43. Fréquence d'hypoplasies exprimée par tiers de la couronne affecté, site de Norroy (les fréquences > 0,5 sont grisées).

Dents supérieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3
N dents touchées	6	5	10	2	0	0	2	0
Tiers proximal	0,50	0,40	0,70	0,50	/	/	0,00	/
Tiers intermédiaire	0,50	0,60	0,20	0,50	/	/	1,00	/
Tiers distal	0,00	0,00	0,10	0,00	/	/	0,00	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,00	0,00	/	/	0,00	/
Couronne entière	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	/	/	/
Tiers distal	0,67	0,00	0,08	0,33	0,20	/	/	/
Tiers intermédiaire	0,33	1,00	0,25	0,50	0,20	/	/	/
Tiers proximal	0,00	0,00	0,67	0,17	0,60	/	/	/
N dents touchées	3	3	12	6	5	0	0	0
Dents inférieures	I1	I2	C	P3	P4	M1	M2	M3

A44. Résultats des divers tests de Chi² comparant les caractéristiques des HLE entre les sites (les différences significatives sont grisées).

	Caractéristiques des HLE	Chi²	Significativité		Caractéristiques des HlE	Chi²	Significativité
Moraves	Prévalence globale	1,50	p= ,2200	Urbains	Prévalence globale	2,37	p= ,1240
	Sévérité 1	20,15	p= ,0000		Sévérité 1	1,19	p= ,2745
	Sévérité 2	14,16	p= ,0002		Sévérité 2	4,07	p= ,0436
	Sévérité 3	3,06	p= ,0801		Sévérité 3	3,36	p= ,0670
	Sévérité 4	1,30	p= ,2545		Sévérité 4	0,54	p= ,4637
	Tiers affecté 1	1,03	p= ,3093		Tiers affecté 1	0,77	p= ,3789
	Tiers affecté 2	0,17	p= ,6770		Tiers affecté 2	0,15	p= ,6997
	Tiers affecté 3	1,49	p= ,2226		Tiers affecté 3	2,26	p= ,1332
Français	Prévalence globale	25,40	p= ,0000	Ruraux	Prévalence globale	45,65	p= ,0000
	Sévérité 1	3,31	p= ,0690		Sévérité 1	17,00	p= ,0000
	Sévérité 2	9,14	p= ,0025		Sévérité 2	17,02	p= ,0000
	Sévérité 3	5,53	p= ,0187		Sévérité 3	0,03	p= ,8534
	Sévérité 4	1,07	p= ,3021		Sévérité 4	2,57	p= ,1090
	Tiers affecté 1	0,95	p= ,3293		Tiers affecté 1	1,68	p= ,1950
	Tiers affecté 2	2,03	p= ,1540		Tiers affecté 2	2,57	p= ,1087
	Tiers affecté 3	0,67	p= ,4141		Tiers affecté 3	0,08	p= ,7802

A 45. Discussion sur les* cribra orbitalia *dans les collections étudiées.

Malgré les limites catégoriques énoncées dans le texte (p. 194), nous avons enregistré pour alimenter la discussion, les lésions les plus sévères. La figure ci-dessous montre un cas particulièrement frappant à Prušánky (sépulture n°208).

Toute précaution gardée, les 4 populations étudiées souffrent de *cribra orbitalia*. Rappelons que le nombre d'orbites conservées est limité ; les fréquences ne sont donc pas le reflet réel de la population inhumée, elles n'ont donc pas été reportées. Cependant, une plus forte prévalence (*cribra* associée dans la plupart des cas à l'hyperostose poreuse) au niveau du site de Mikulčice apporte un argument supplémentaire par rapport aux hypoplasies de l'émail dentaire et à

l'hyperostose poreuse en faveur d'un environnement contraignant pour cette population. Au vu de toutes les limites énoncées précédemment, les interprétations n'iront pas au-delà de ce constat.

A46. Stades de cotation de la dimension des lésions carieuses.

Stade 1 : petite | Stade 2 : moyenne | Stade 3 : envahissante

A47. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Mikulčice.

Cadrans supérieurs	**55**	**54**	**53**	**52**	**51**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**
Nb Dts cariées	3	8	0	0	0	0	0	0	4	3
N observables	79	69	43	25	24	23	25	57	75	80
% atteintes	3,8	**11,5**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**5,3**	3,7
% atteintes	2,6	2,5	0,0	0,0	0,0	4,5	3,3	0,0	1,2	**5,9**
N observables	75	79	36	27	28	22	30	38	80	84
Nb Dts cariées	2	2	0	0	0	1	1	0	1	5
Cadrans inférieurs	**85**	**84**	**83**	**82**	**81**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**

Cadrans supérieurs	**18**	**17**	**16**	**15**	**14**	**13**	**12**	**11**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Nb Dts cariées	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7	6	0
N observables	8	43	83	38	48	46	54	44	44	46	46	47	36	78	46	11
% atteintes	12,5	0,0	2,4	2,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	8,9	13,0	0,0
% atteintes	**25,0**	16,6	12,3	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	14,4	15,9	**18,1**
N observables	12	42	81	36	41	43	57	54	51	50	41	41	34	76	44	11
Nb Dts cariées	3	7	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	11	7	2
Cadrans inférieurs	**48**	**47**	**46**	**45**	**44**	**43**	**42**	**41**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

A48. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Prušánky.

Cadrans supérieurs	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65
Nb Dts cariées	2	2	0	0	0	0	0	1	0	3
N observables	60	53	33	25	18	28	31	37	53	61
% atteintes	**3,33**	**3,7**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	**4,9**
% atteintes	0,00	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	2,90
N observables	61	52	28	14	10	10	15	33	59	69
Nb Dts cariées	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
Cadrans inférieurs	**85**	**84**	**83**	**82**	**81**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**

Cadrans supérieurs	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
Nb Dts cariées	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
N observables	1	16	35	15	21	18	19	16	30	22	21	22	18	41	18	3
% atteintes	**100**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	5,6	33
% atteintes	**50**	5,5	2,5	0	0	0	0	0	0	0	5,8	0	5	5	6,3	33
N observables	2	18	40	13	19	17	24	23	25	24	17	22	20	40	16	3
Nb Dts cariées	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1
Cadrans inférieurs	**48**	**47**	**46**	**45**	**44**	**43**	**42**	**41**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

A49. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Cherbourg.

Cadrans supérieurs	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65
Nb Dts cariées	1	2	0	0	0	0	0	0	1	2
N observables	41	43	26	21	16	17	15	30	42	44
% atteintes	2,4	**4,6**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	**4,5**
% atteintes	**2,3**	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N observables	43	45	30	18	11	16	17	32	45	45
Nb Dts cariées	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadrans inférieurs	**85**	**84**	**83**	**82**	**81**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**

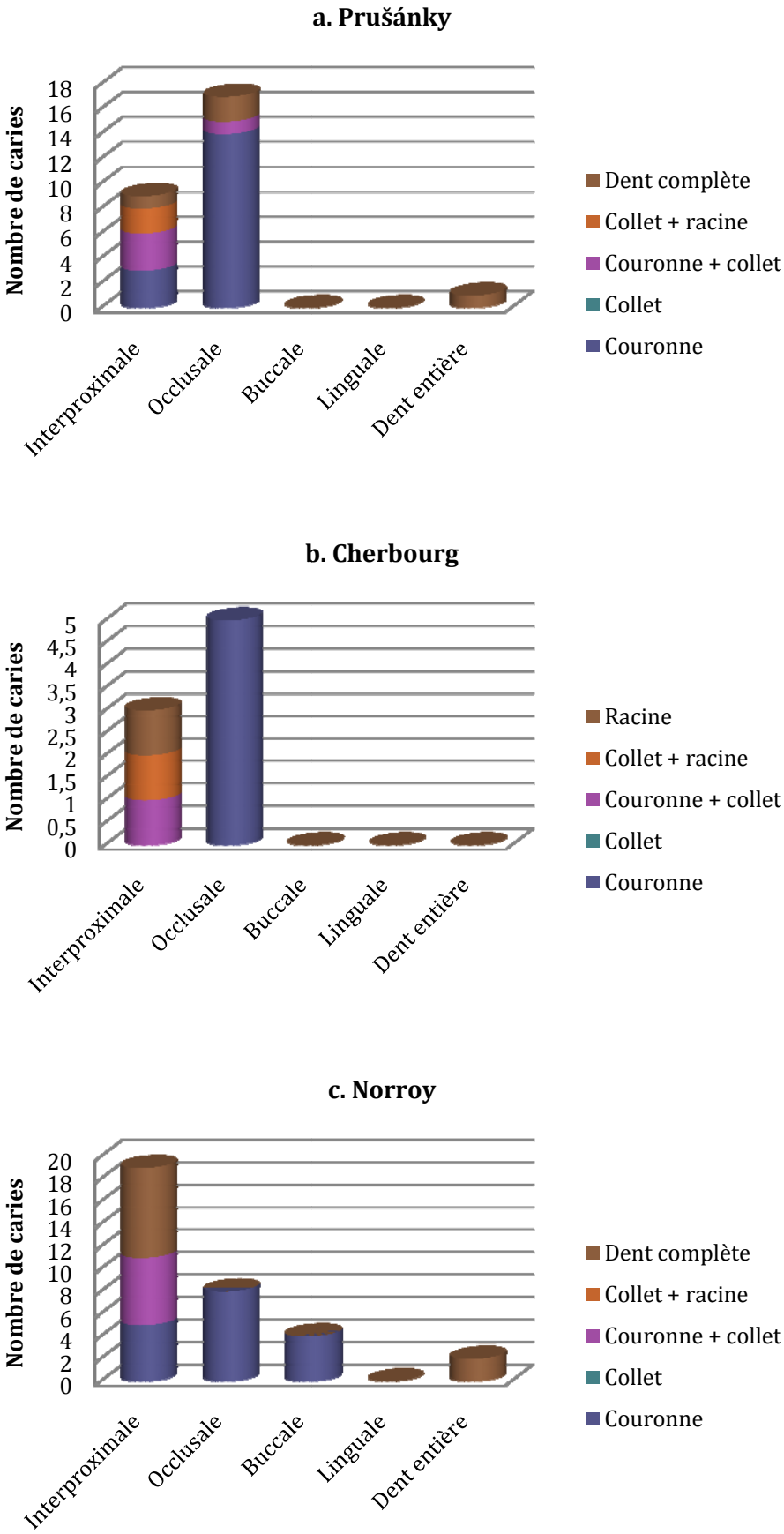
Cadrans supérieurs	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
Nb Dts cariées	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N observables	0	4	16	7	7	6	5	5	6	3	5	6	7	18	5	1
% atteintes	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
% atteintes	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/
N observables	0	5	16	3	2	6	9	10	10	6	6	5	4	17	6	0
Nb Dts cariées	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadrans inférieurs	**48**	**47**	**46**	**45**	**44**	**43**	**42**	**41**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

A50. Fréquence de lésions carieuses par type de dent et par cadran (les fréquences maximales sont surlignées en rouge), site de Norroy.

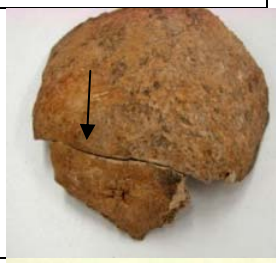
Cadrans supérieurs	**55**	**54**	**53**	**52**	**51**	**61**	**62**	**63**	**64**	**65**
Nb Dts cariées	2	4	0	0	0	0	0	0	3	5
N observables	29	24	13	7	4	6	9	18	23	29
% atteintes	6,90	**16,6**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**13,0**	17,2
% atteintes	5,13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0
N observables	39	33	23	8	7	7	5	21	28	33
Nb Dts cariées	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Cadrans inférieurs	**85**	**84**	**83**	**82**	**81**	**71**	**72**	**73**	**74**	**75**

Cadrans supérieurs	**18**	**17**	**16**	**15**	**14**	**13**	**12**	**11**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**
Nb Dts cariées	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
N observables	6	21	38	16	21	23	18	24	27	17	19	21	17	39	22	3
% atteintes	0,0	**9,5**	5,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0
% atteintes	**14,29**	8,00	0,00	5,00	0,00	0,00	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,94	7,69	0,00
N observables	7	25	38	20	21	26	35	30	33	33	23	21	20	34	26	10
Nb Dts cariées	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0
Cadrans inférieurs	**48**	**47**	**46**	**45**	**44**	**43**	**42**	**41**	**31**	**32**	**33**	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**

A51. Situation des lésions carieuses par face d'apparition.



A52. Catalogue des pathologies et traumatismes rencontrés dans les 4 nécropoles étudiées (Mk = Mikulčice ; P = Prušánky ; Che = Cherbourg ; Nlv = Norroy).

Site & n° de sépulture	Classe d'âge	Description de la pathologie et ou du traumatisme	Photo et/ou notes
Mk1582	[5-9]	Deux enfoncements du crâne	/
Mk1601	[1-4]	*Rachischisis* des vertèbres cervicales (C2 à C7)	/
Mk1602	[5-9]	Enfoncement de l'os frontal, au dessus de l'orbite droite, traces de cicatrisation osseuse	
Mk1724	[0]	Fracture consolidée du tiers inférieur du radius droit, sans déplacement	
Mk1746	?	Nécrose de la tête fémorale, type ostéomyélite	
Mk1808	[10-14]	Ostéophytose marquée sur la quatrième vertèbre lombaire, rien à remarquer sur la troisième ni sur la cinquième	
Pk6	[1-4]	Fracture consolidée du tibia droit, extrémité distale, sans déplacement	/
Pk55	[0]	Déformation des humérus (courbure des diaphyses, du type rachitisme)	/
Pk70	[1-4]	Courbure accentuée des fibulas (idem Pk55)	/
Pk118	[10-14]	Racine canine inférieure permanente bifide	
Pk131	[1-4]	Dissymétrie M^1 permanentes	/
Pk141	[5-9]	Fracture consolidée du tiers proximal du troisième métatarsien gauche	
Pk184	[1-4]	Dissymétrie des tibias	/
Pk186	[1-4]	Fracture de la clavicule droite (angulation sternale)	/
Pk188	[10-14]	Cas de lèpre	Cf. description détaillée, p. 207
Che13	[10-14]	Talus déformé	/

A52. (suite) Catalogue des pathologies et traumatismes rencontrés dans les 4 nécropoles étudiées (Mk = Mikulčice ; P = Prušánky ; Che = Cherbourg ; Nlv = Norroy).

Che34	[1-4]	Déformation de la surface auriculaire	/
Che140	[1-4]	Déformation m^1 droite et fossette sur M_1 droite	
Che161	[1-4]	Déformation sur m^1	/
Che163	[5-9]	Ostéome ostéoïde sur l'éxtrémité proximale de l'humérus gauche	
Che197	[10-14]	Ostéome ostéoïde à l'extrémité distale de la fibula gauche ?	
Che68A	[1-4]	Début de trépanation sur l'os frontal ?	Forte fragmentation
Che68B	?	Crâne scié *post mortem*	
Nlv4004	[5-9]	Rétention des molaires déciduales inférieures	/
Nlv4007	[15-19]	Rétention c, agénésie I_2 et lésions endocrâniennes	Os occipital (cf. Figure 50, p. 206).
Nlv4089B	[5-9]	Arrachement de la table interne « intracranial vault release » (White 1992), os pariétal marquant un coup porté sur os frais	
Nlv4151	[10-14]	Enfoncement de l'os frontal	
Nlv4175	[15-19]	Malformation de I^2 G	/
Nlv4184	[1-4]	Lésions endocrâniennes de l'os occipital	cf. §II2, p. 206

A52. (suite) Catalogue des pathologies et traumatismes rencontrés dans les 4 nécropoles étudiées (Mk = Mikulčice ; P = Prušánky ; Che = Cherbourg ; Nlv = Norroy).

Nlv4260	[15-19]	Abcès sous M_1 droite. M_3 très développées	
Nlv4262	[5-9]	Lésions endocrâniennes	Os occipital
Nlv4275	[15-19]	Agénésie des I^2	/
Nlv4296C	[10-14]	Lésions endocrâniennes de l'os occipital.	/

A53. Ecarts réduits ajustés et distances probabilistes de l'individu n°188 par rapport au reste de la population de Prušánky.

n : effectif comparatif ; SD : écart-type ; Ind. 188 : données pour l'individu n° 188 ; DP : distance probabiliste

a. Classe [5-9] ans

Mesure	n	Moyenne	SD	Ind. 188	DP	Ecart réduit ajusté
Calca2	9	28,81	4,87	/	0,00	/
Md3	11	27,73	1,91	25,76	0,33	-0,46
R4	12	9,92	1,12	9,15	0,51	-0,31
R2	12	27,71	2,77	26,00	0,55	-0,28
R3	12	7,36	0,68	7,11	0,72	-0,17
Md5	6	84,67	9,79	83,00	0,87	-0,07
Clav2	10	22,55	3,73	22,00	0,89	-0,07
U2	13	29,12	2,42	29,00	0,96	-0,02
F3	18	17,07	2,16	17,16	0,97	0,02
Tal1	14	40,38	5,65	40,71	0,95	0,03
T2	14	17,76	1,88	17,88	0,95	0,03
T4	14	50,64	4,64	51,00	0,94	0,04
Fib2	7	9,97	1,71	10,13	0,93	0,04
Clav3	13	14,92	2,44	15,52	0,81	0,11
Md4	5	99,60	7,47	102,00	0,76	0,12
Clav4	9	15,23	1,60	15,68	0,78	0,12
Mt2	12	10,02	1,18	10,41	0,75	0,15
F4	17	15,79	2,05	16,50	0,73	0,16
U3	13	10,23	1,12	10,68	0,70	0,18
T3	14	14,24	1,30	14,77	0,69	0,19
Mc2	9	8,62	0,87	9,00	0,67	0,19
F5	17	52,26	6,78	55,00	0,69	0,19
Fib3	7	27,79	3,19	30,00	0,51	0,28
Fib1	7	222,00	39,25	250,00	0,50	0,29

A53. (suite) Ecarts réduits ajustés et distances probabilistes de l'individu n°188 par rapport au reste de la population de Prušánky.

Mesure	n	Moyenne	SD	Ind. 188	DP	Ecart réduit ajusté
R6	10	17,64	2,19	19,22	0,49	0,32
H2	17	40,94	3,90	44,00	0,44	0,37
F6	12	51,52	8,57	58,96	0,40	0,39
H4	14	27,73	4,00	31,17	0,41	0,40
Md1	10	81,30	8,41	89,00	0,38	0,40
H3	17	13,77	1,50	15,08	0,39	0,41
F2	12	29,14	5,00	34,16	0,34	0,46
Isc1	9	52,69	9,02	63,32	0,27	0,51
Clav1	10	93,50	13,62	110,00	0,26	0,54
Mt1	11	38,48	4,70	44,15	0,26	0,54
Tal2	13	29,76	4,95	35,66	0,26	0,55
il1	11	84,45	9,87	97,00	0,23	0,57
Md2	9	29,51	2,59	32,96	0,22	0,58
il2	11	94,45	12,46	111,00	0,21	0,60
R1	9	144,89	21,48	177,00	0,17	0,65
T1	14	214,93	31,52	260,00	0,18	0,66
Calca1	11	51,27	7,30	62,32	0,16	0,68
T5	12	40,76	4,90	48,21	0,16	0,69
H1	13	189,08	28,10	233,00	0,14	0,72
F1	15	267,27	35,26	323,00	0,14	0,74
Mc1	9	26,14	4,16	33,47	0,12	0,76
H5	9	36,94	4,68	45,36	0,11	0,78
F7	15	47,47	6,25	58,76	0,09	0,84
U4	13	20,97	3,38	27,25	0,09	0,85
U1	11	157,45	21,64	200,00	0,08	0,88
U5	9	10,82	1,77	14,56	0,07	0,92
Pub1	11	46,61	5,48	58,20	0,06	0,95
T6	11	27,67	3,11	34,95	0,04	1,05
R5	10	12,57	1,26	16,36	0,01	1,33

b. Classe [10-14] ans

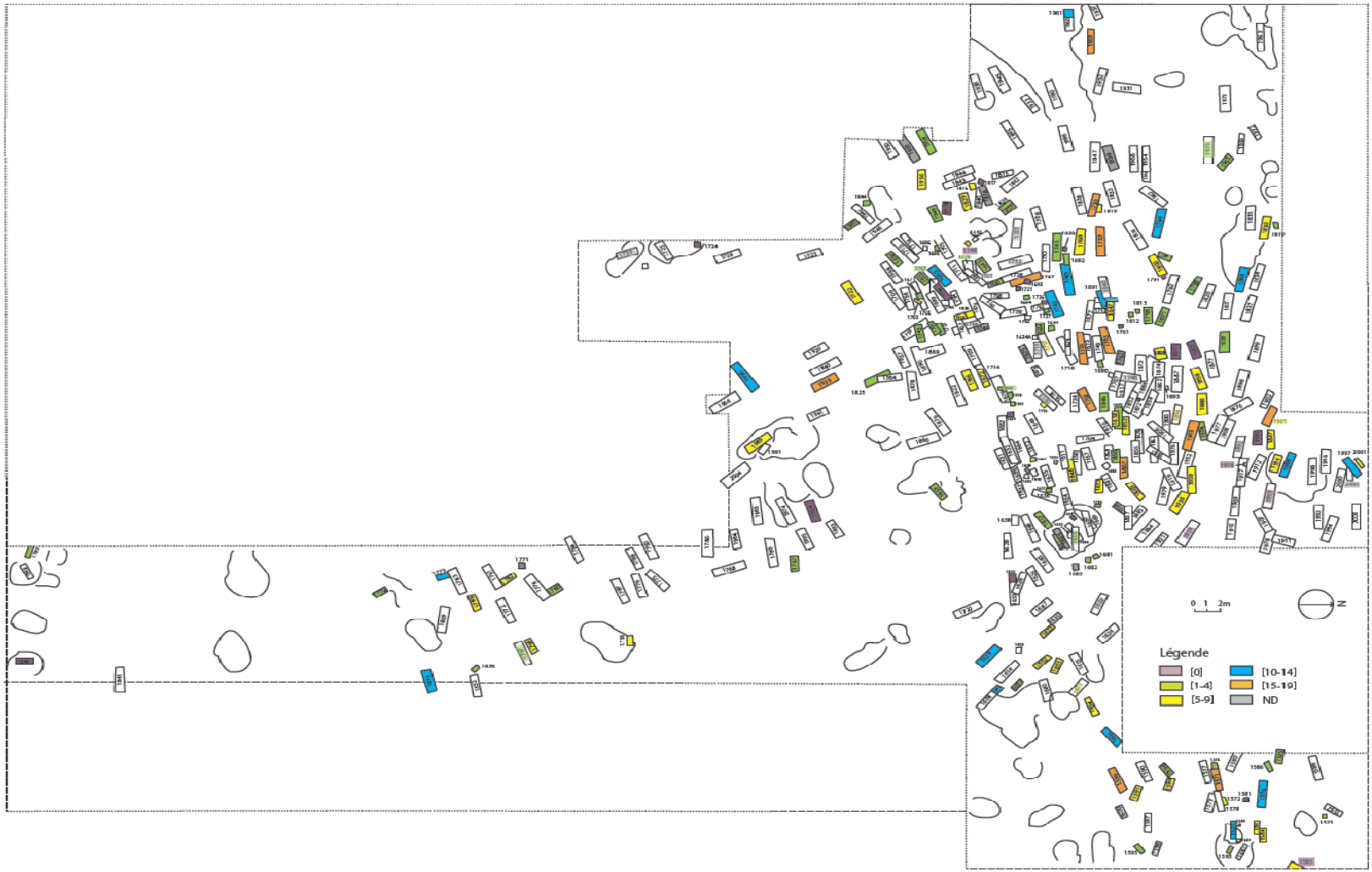
Mesure	n	Moyenne	SD	Ind. 188	DP	Ecart réduit ajusté
Calca2	4	39,77	7,38		0,01	-1,69
Clav2	3	32,67	2,08	22,00	0,04	-1,19
Mc1	3	40,10	1,43	33,47	0,04	-1,08
R4	4	12,53	0,99	9,15	0,04	-1,08
F6	3	81,00	4,86	58,96	0,05	-1,05
R2	4	35,75	2,99	26,00	0,05	-1,03
Clav3	3	23,33	1,78	15,52	0,05	-1,02
R3	4	10,23	1,10	7,11	0,07	-0,89
F4	5	21,96	2,25	16,50	0,07	-0,88

A53. (suite) Ecarts réduits ajustés et distances probabilistes de l'individu n°188 par rapport au reste de la population de Prušánky.

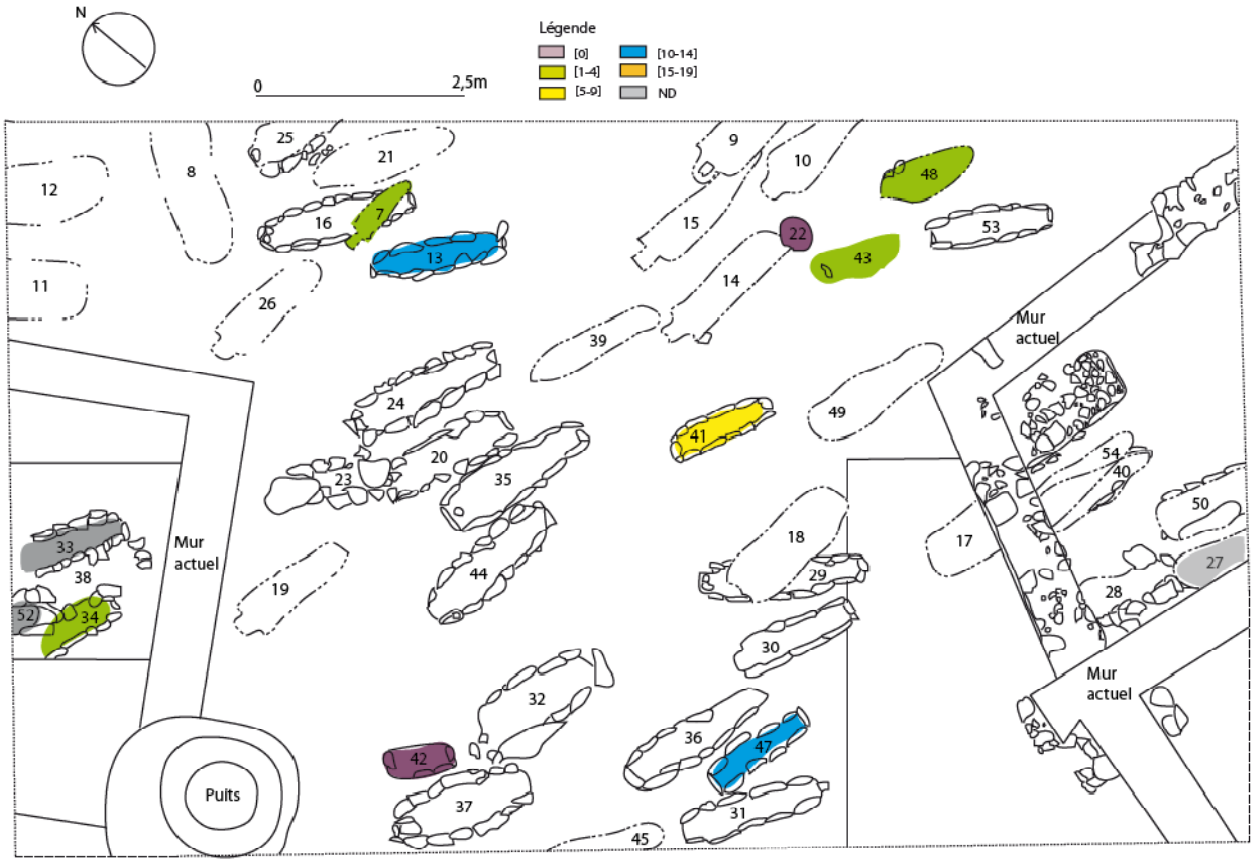
Mesure	n	Moyenne	SD	Ind. 188	DP	Ecart réduit ajusté
T1	2	342,50	7,78	260,00	0,06	-0,83
F5	5	71,10	7,83	55,00	0,11	-0,74
T5	3	58,95	3,47	48,21	0,09	-0,72
T2	3	23,82	2,05	17,88	0,10	-0,67
Mt2	3	13,86	1,23	10,41	0,11	-0,65
F3	5	22,56	3,26	17,16	0,17	-0,60
U2	4	38,63	5,28	29,00	0,17	-0,57
Mt1	3	58,18	5,84	44,15	0,14	-0,56
T4	3	68,00	7,26	51,00	0,14	-0,54
Tal1	4	53,86	8,45	40,71	0,22	-0,49
T6	2	44,54	1,59	34,95	0,10	-0,47
F2	5	40,79	5,28	34,16	0,28	-0,45
H3	4	18,30	2,30	15,08	0,26	-0,44
U3	4	13,81	2,28	10,68	0,26	-0,43
F1	5	377,20	45,75	323,00	0,30	-0,43
R6	4	23,57	3,33	19,22	0,28	-0,41
H2	4	52,88	7,00	44,00	0,29	-0,40
Md3	3	30,12	2,88	25,76	0,27	-0,35
Md1	3	98,00	6,24	89,00	0,29	-0,33
Clav4	3	19,10	2,41	15,68	0,29	-0,33
Md5	3	90,67	5,77	83,00	0,32	-0,31
Clav1	3	125,67	12,01	110,00	0,32	-0,30
Tal2	3	43,00	5,69	35,66	0,33	-0,30
T3	3	18,95	3,43	14,77	0,35	-0,28
R1	4	199,50	25,75	177,00	0,45	-0,27
Calca1	4	68,92	7,61	62,32	0,45	-0,27
Fib1	2	328,00	25,46	250,00	0,20	-0,24
U1	4	222,25	31,16	200,00	0,53	-0,22
Mc2	3	10,35	1,51	9,00	0,47	-0,21
H1	3	270,67	45,49	233,00	0,49	-0,19
H5	4	48,61	5,82	45,36	0,62	-0,18
U5	3	15,03	0,86	14,56	0,64	-0,13
H4	2	37,39	4,38	31,17	0,39	-0,11
Md2	2	37,35	4,03	32,96	0,47	-0,09
F7	5	60,74	9,64	58,76	0,85	-0,07
Fib2	2	12,66	3,07	10,13	0,56	-0,06
Fib3	2	38,75	10,96	30,00	0,57	-0,06
il2	2	122,50	16,26	111,00	0,61	-0,06
R5	4	16,56	1,76	16,36	0,92	-0,04
Isc1	2	65,37	17,43	63,32	0,93	-0,01
U4	4	26,87	4,20	27,25	0,93	0,03

A54. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Prušánky.

A55. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Mikulčice.

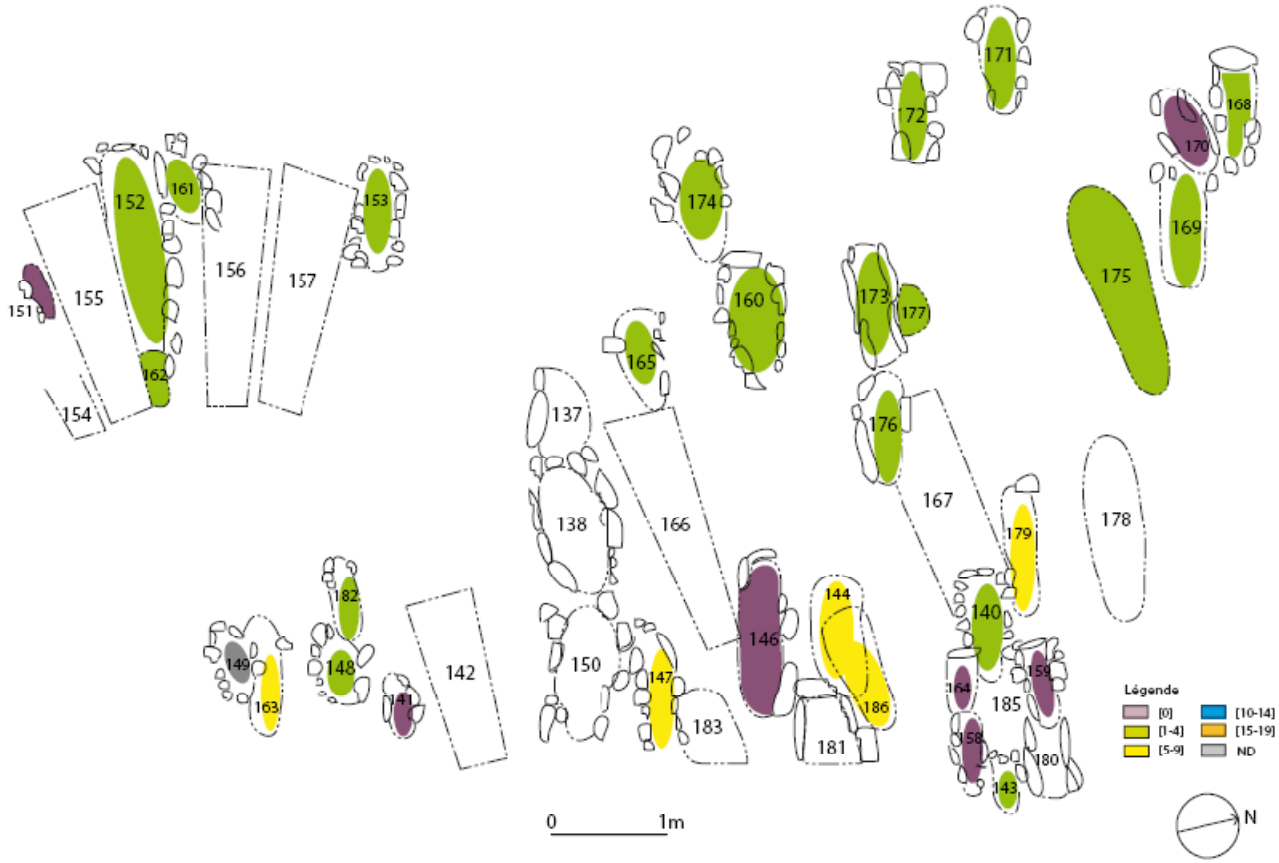


A56. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 1.



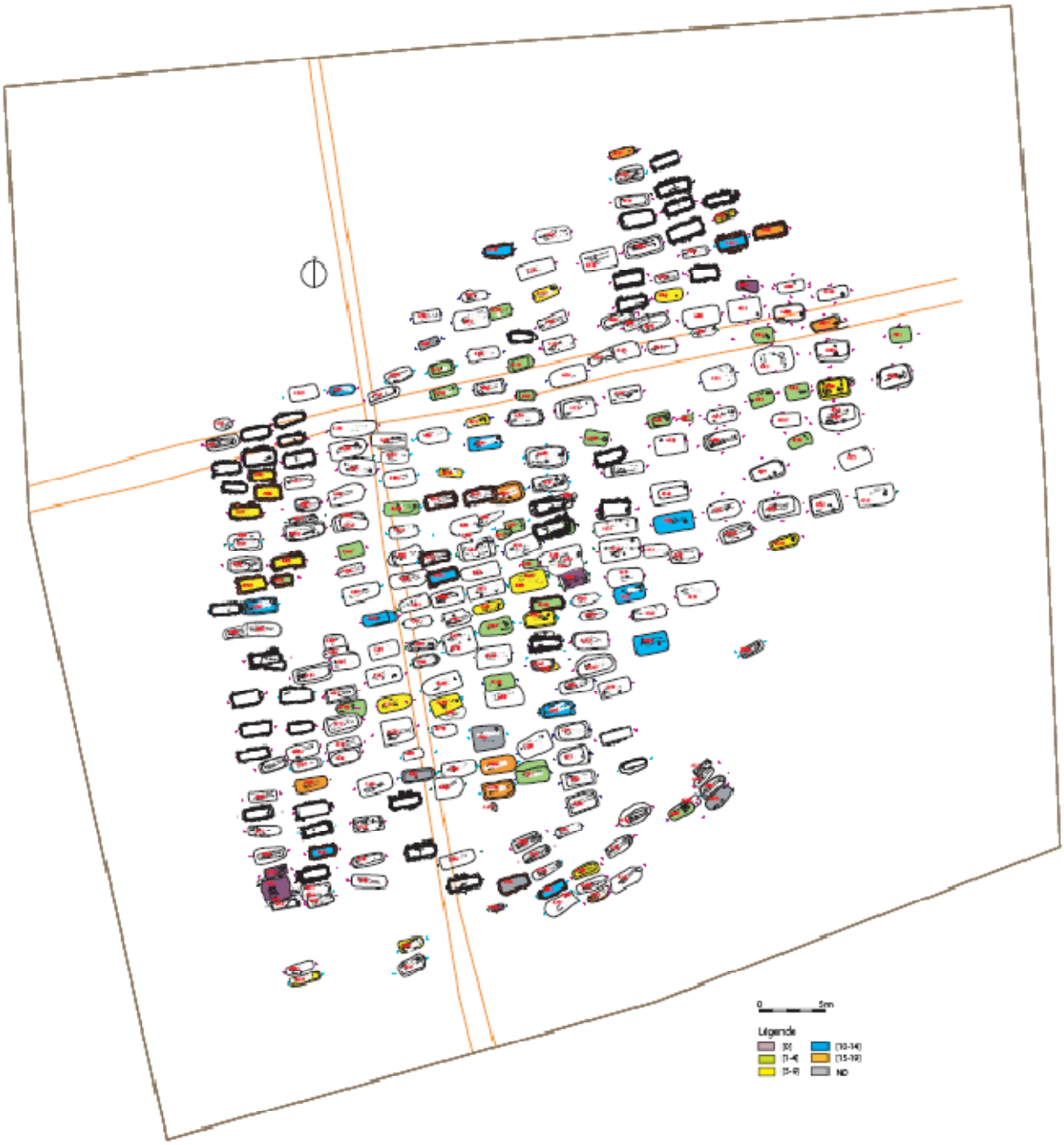
A57. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 2.

A58. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 3.



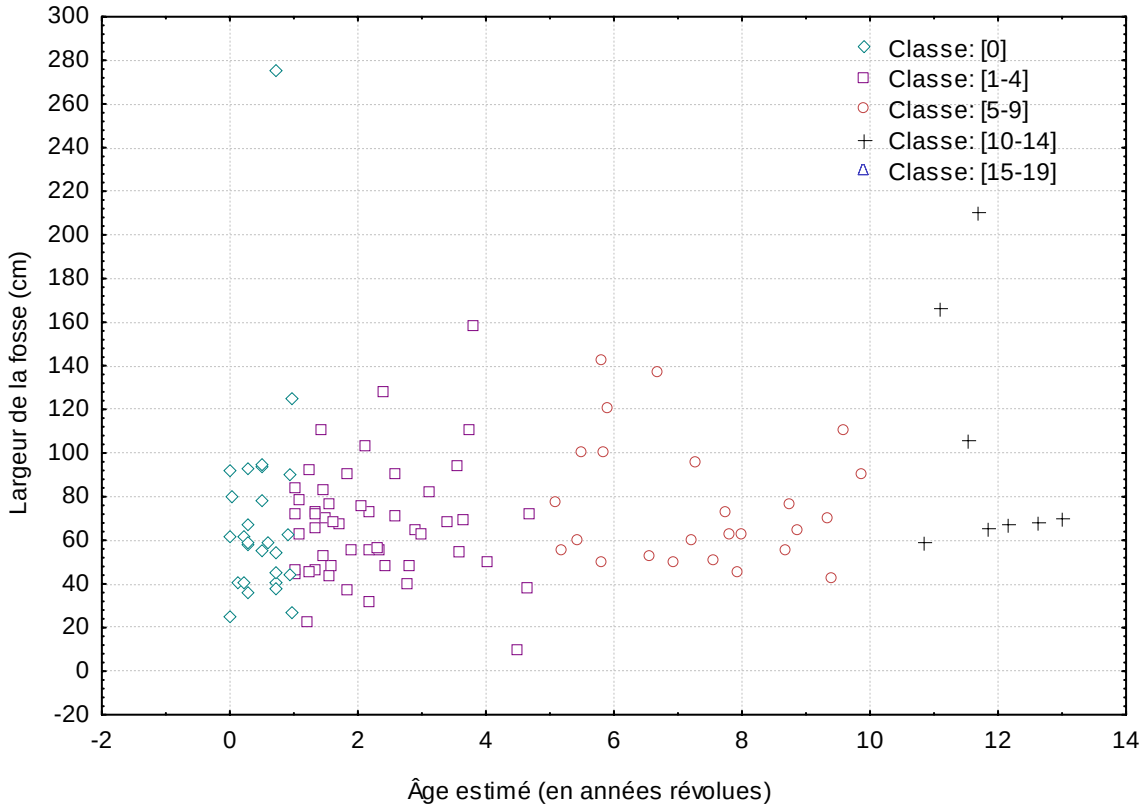
A59. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Cherbourg, plan 4.

A60. Sectorisation des inhumations en fonction des classes d'âge, nécropole de Norroy.

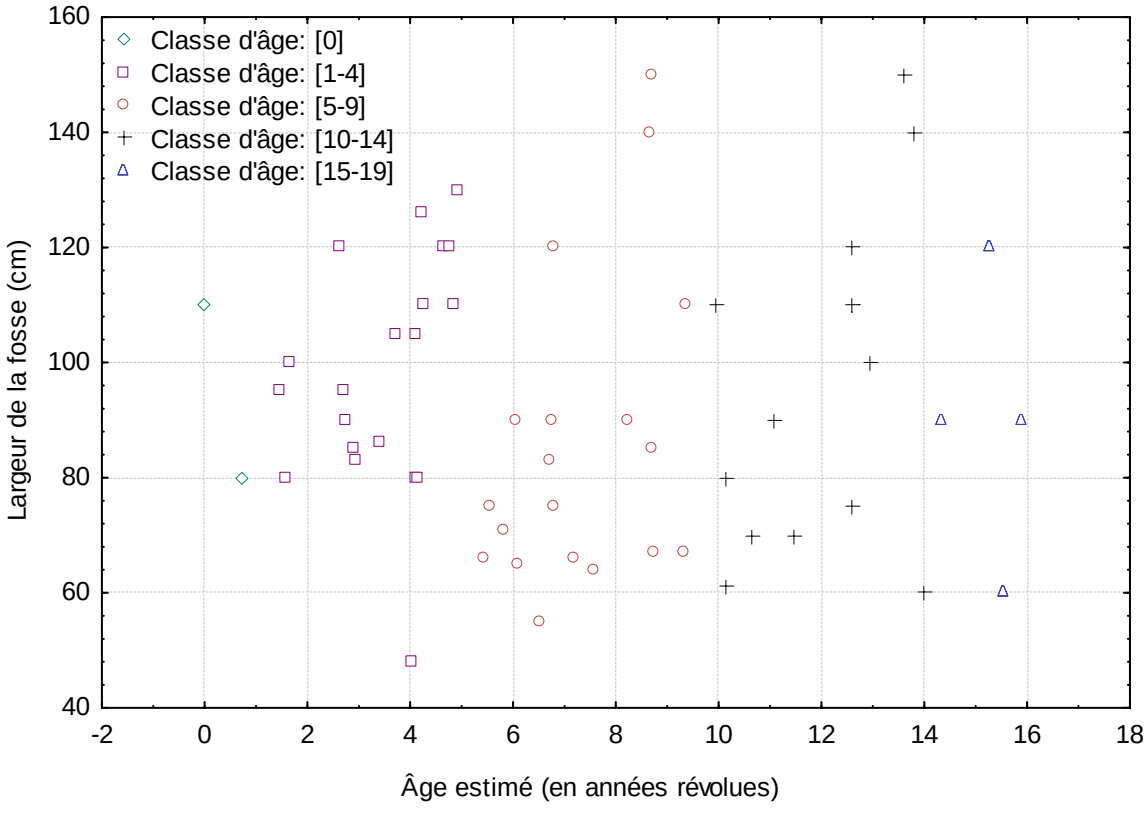


A61. Relation entre la largeur de la fosse et l'âge du défunt.

a. Prušánky

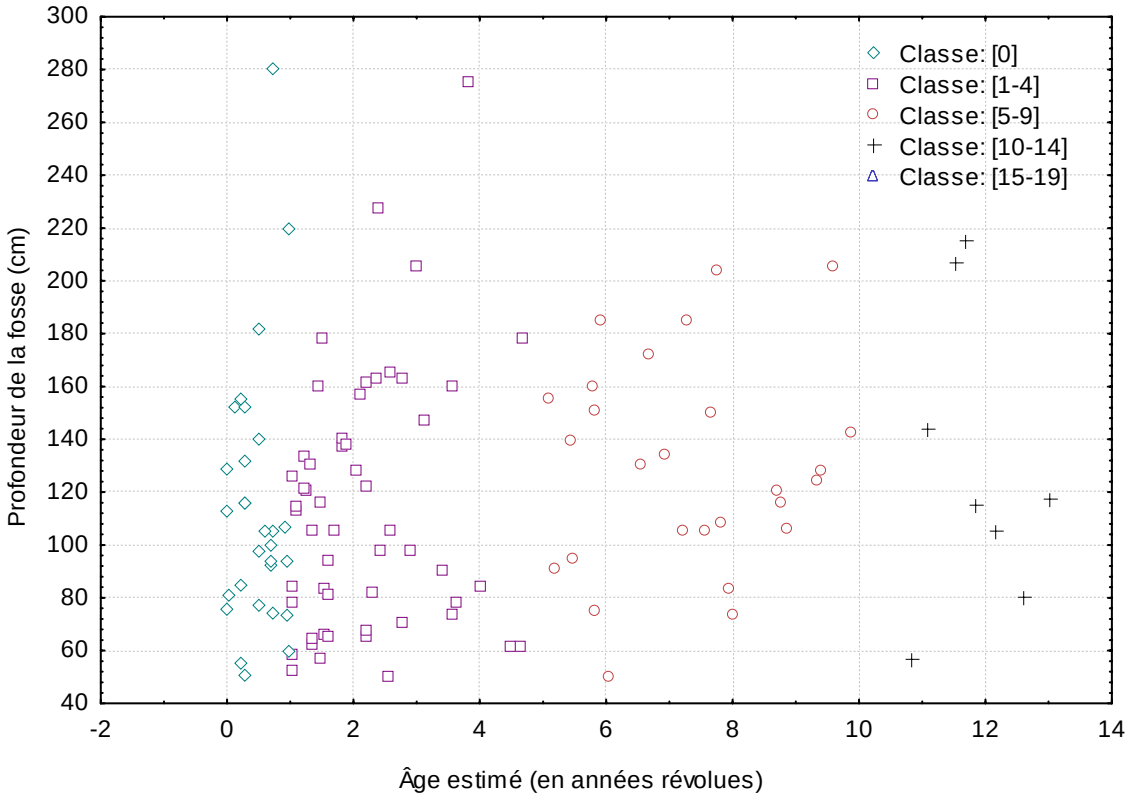


b. Norroy

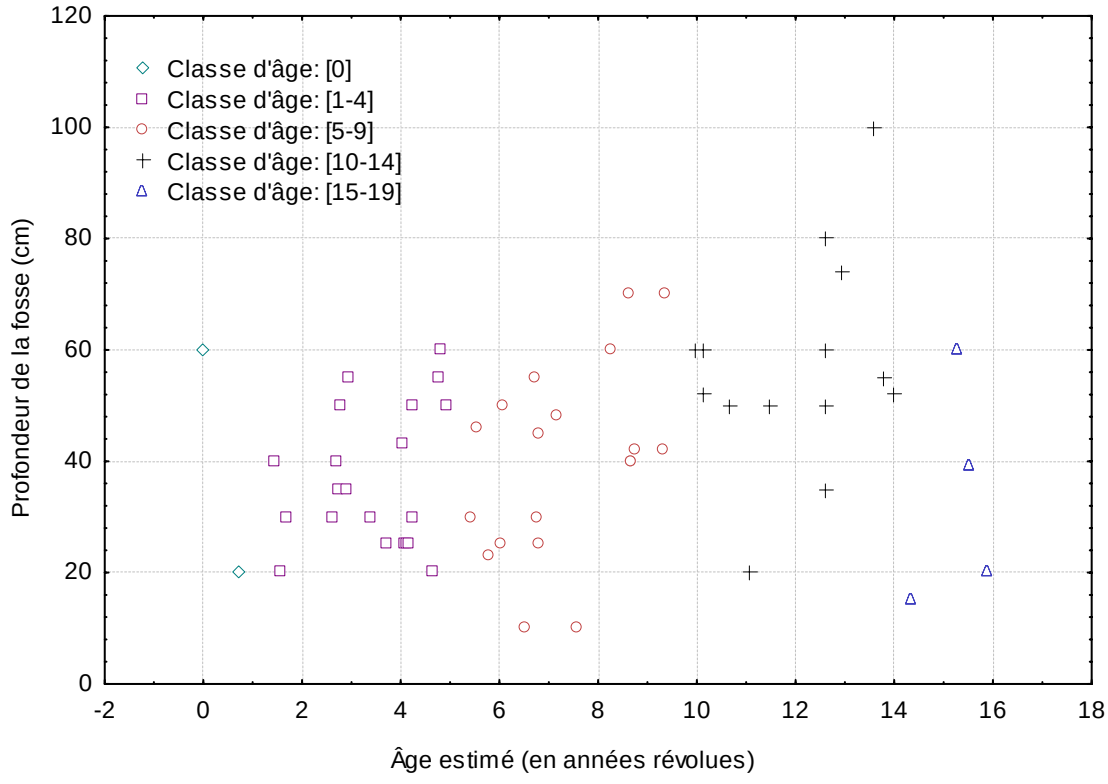


A62. Relation entre la profondeur de la fosse et l'âge du défunt.

a. Prušánky



b. Norroy



A63. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, ÉCHANTILLON TOTAL (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*	Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Md1	0,958	0,830	14,35	0,000	Isc1	0,822	0,983	0,81	0,372
Md2	0,849	0,936	4,75	0,033	Pub1	0,861	0,939	3,06	0,087
Md3	0,797	0,998	0,15	0,704	il1	0,890	0,908	4,77	0,034
Md4	0,796	0,999	0,06	0,813	il2	0,828	0,977	1,11	0,297
Md5	0,802	0,991	0,64	0,426	F1	0,908	0,844	8,88	0,005
Clav1	0,904	0,994	0,63	0,430	F2	0,780	0,982	0,89	0,351
Clav2	0,939	0,957	4,72	0,032	F3	0,771	0,993	0,32	0,576
Clav3	0,899	1,000	0,02	0,902	F4	0,773	0,992	0,40	0,528
Clav4	0,953	0,943	6,39	0,013	F5	0,778	0,985	0,71	0,403
H1	0,916	0,908	9,63	0,003	F6	0,767	1,000	0,01	0,906
H2	0,831	1,000	0,00	0,981	F7	0,810	0,946	2,73	0,105
H3	0,832	0,999	0,10	0,747	T1	0,881	0,913	9,30	0,003
H4	0,839	0,990	0,92	0,339	T2	0,804	1,000	0,01	0,932
H5	0,867	0,958	4,13	0,045	T3	0,818	0,982	1,76	0,188
R1	0,901	0,888	10,79	0,001	T4	0,804	0,999	0,09	0,762
R2	0,820	0,977	2,03	0,158	T5	0,806	0,998	0,24	0,624
R3	0,811	0,988	1,06	0,307	T6	0,839	0,958	4,26	0,042
R4	0,809	0,990	0,87	0,352	Fib1	0,843	0,942	3,80	0,056
R5	0,804	0,997	0,29	0,592	Fib2	0,821	0,968	2,08	0,154
R6	0,847	0,946	4,90	0,029	Fib3	0,850	0,935	4,34	0,041
U1	0,909	0,849	15,17	0,000	Tal1	0,872	0,978	0,95	0,335
U2	0,778	0,992	0,68	0,413	Tal2	0,868	0,982	0,77	0,384
U3	0,775	0,995	0,43	0,511	Calca1	0,858	0,993	0,28	0,598
U4	0,797	0,967	2,86	0,095	Calca2	0,852	1,000	0,01	0,939
U5	0,824	0,937	5,74	0,019	Mt1	0,853	1,000	0,01	0,924
Mc1	0,946	1,000	0,01	0,937	Mt2	0,900	0,947	2,33	0,134
Mc2	0,957	0,988	0,76	0,387					

A64. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, ÉCHANTILLON TOTAL (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMd1	1,000	0,849	14,03	0,000
IMd2	0,849	1,000	0,03	0,869
IC1	0,909	0,996	0,38	0,539
IC2	0,962	0,941	5,45	0,022
IC3	0,906	0,999	0,08	0,776
IC4	0,941	0,962	3,42	0,068
IH1	0,908	0,982	1,76	0,188
IH2	0,895	0,997	0,32	0,570
IH3	0,894	0,997	0,28	0,600
IH4	0,899	0,992	0,83	0,366
IH5	0,934	0,954	4,64	0,034
IU1	0,959	0,958	4,52	0,036
IU2	0,931	0,987	1,33	0,252
IU3	0,964	0,953	5,11	0,026
IR1	0,851	0,927	6,10	0,016
IR2	0,825	0,957	3,50	0,065
IR3	0,819	0,964	2,94	0,091
IR4	0,827	0,954	3,74	0,057
IR5	0,790	1,000	0,02	0,896

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMc1	0,976	0,964	1,48	0,231
II1	0,950	0,990	0,39	0,534
IP1	0,942	0,999	0,04	0,837
IF1	0,802	0,993	0,86	0,355
IF2	0,824	0,968	4,30	0,040
IF3	0,820	0,972	3,68	0,057
IF4	0,938	0,850	22,80	0,000
IF5	0,798	0,999	0,10	0,757
IF6	0,798	0,999	0,19	0,661
IT1	0,879	0,970	3,06	0,084
IT2	0,856	0,996	0,42	0,521
IT3	0,854	0,998	0,20	0,655
IT4	0,854	0,998	0,18	0,668
IT5	0,883	0,965	3,56	0,062
IFib1	/	/	/	/
ITal1	0,956	0,981	1,13	0,293
ICalca1	0,994	0,944	3,52	0,065
IMt1	0,949	0,989	0,68	0,414

A65. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, ÉCHANTILLON TOTAL (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMd1	0,998	0,945	8,14	0,005
LMd2	0,952	0,990	1,38	0,241
LMd3	0,954	0,988	1,65	0,201
LMd4	/	/	/	/
LMd5	/	/	/	/
LClav1	0,997	0,996	0,45	0,504
LClav2	0,997	0,996	0,50	0,479
LClav3	0,993	1,000	0,00	0,962
LClav4	/	/	/	/
LH1	0,929	0,983	2,13	0,147
LH2	0,914	1,000	0,01	0,937
LH3	0,914	1,000	0,00	1,000
LH4	0,921	0,992	1,05	0,308
LH5	/	/	/	/
LR1	0,952	0,867	14,36	0,000
LR2	0,829	0,996	0,38	0,539
LR3	0,860	0,960	3,89	0,051
LR4	0,837	0,987	1,19	0,277
LR5	0,828	0,997	0,27	0,602
LR6	/	/	/	/
LU1	0,924	0,890	12,13	0,001
LU2	0,831	0,989	1,11	0,295
LU3	0,841	0,977	2,32	0,131
LU4	0,886	0,928	7,60	0,007
LU5	/	/	/	/

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMc1	/	/	/	
LMc2	/	/	/	
LF1	0,974	0,782	13,97	0,000
LF2	0,764	0,997	0,15	0,705
LF3	0,793	0,960	2,08	0,155
LF4	0,786	0,968	1,63	0,208
LF5	0,766	0,995	0,27	0,603
LF6	0,775	0,982	0,92	0,343
LF7	/	/	/	/
LT1	0,863	0,979	2,34	0,129
LT2	0,848	0,997	0,37	0,546
LT3	0,870	0,971	3,23	0,075
LT4	0,860	0,983	1,87	0,174
LT5	0,850	0,994	0,62	0,434
LT6	/	/	/	/
LFib1	0,985	0,878	8,74	0,004
LFib2	0,920	0,940	4,01	0,050
LFib3	/	/	/	/
LCalca1	0,986	1,000	0,00	0,978
LCalca2	0,987	0,999	0,06	0,801
LTal1	0,999	0,987	1,01	0,318
LTal2	/	/	/	/
LMt1	/	/	/	/
LMt2	/	/	/	/

A66. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [0] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Md1	0,835	0,976	0,25	0,628
Md2	0,824	0,988	0,12	0,735
Md3	0,900	0,905	1,05	0,330
Md4	/	/	/	/
Md5	/	/	/	/
Clav1	0,156	0,699	3,02	0,126
Clav2	0,306	0,357	12,63	0,009
Clav3	0,125	0,872	1,02	0,345
Clav4	0,650	0,168	34,66	0,001
H1	0,545	0,743	3,81	0,077
H2	0,496	0,816	2,48	0,143
H3	0,525	0,770	3,28	0,097
H4	0,637	0,635	6,32	0,029
H5	0,419	0,967	0,38	0,550
R1	0,475	0,954	0,19	0,683
R2	0,579	0,782	1,11	0,351
R3	0,490	0,925	0,32	0,600
R4	0,456	0,993	0,03	0,871
R5	0,454	0,997	0,01	0,922
R6	0,455	0,995	0,02	0,892
U1	0,205	0,935	0,35	0,580
U2	0,265	0,723	1,91	0,225
U3	0,252	0,762	1,56	0,266
U4	0,367	0,522	4,59	0,085
U5	0,633	0,303	11,52	0,019
Mc1	/	/	/	/
Mc2	/	/	/	/

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Isc1	/	/	/	/
Pub1	/	/	/	/
il1	/	/	/	/
il2	/	/	/	/
F1	0,551	0,984	0,18	0,679
F2	/	/	/	/
F3	0,647	0,837	2,14	0,171
F4	0,581	0,933	0,79	0,393
F5	0,667	0,812	2,55	0,139
F6	0,551	0,983	0,19	0,669
F7	0,763	0,710	4,49	0,058
T1	0,297	0,861	0,97	0,363
T2	0,281	0,913	0,57	0,477
T3	0,259	0,987	0,08	0,791
T4	0,279	0,917	0,55	0,488
T5	0,256	1,000	0,00	0,988
T6	0,438	0,584	4,27	0,084
Fib1	/	/	/	/
Fib2	/	/	/	/
Fib3	/	/	/	/
Tal1	/	/	/	/
Tal2	/	/	/	/
Calca1	/	/	/	/
Calca2	/	/	/	/
Mt1	/	/	/	/
Mt2	/	/	/	/

A67. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [0] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMd1	/	/	/	/
IMd2	/	/	/	/
IC1	0,535	0,931	0,45	0,530
IC2	0,511	0,976	0,15	0,712
IC3	0,798	0,624	3,61	0,106
IC4	0,500	0,996	0,02	0,884
IH1	0,481	0,913	0,67	0,440
IH2	0,492	0,893	0,84	0,391
IH3	0,453	0,970	0,22	0,656
IH4	0,525	0,836	1,37	0,280
IH5	0,862	0,509	6,75	0,036
IU1	0,857	1,000	0,00	0,957
IU2	0,866	0,989	0,12	0,741
IU3	0,992	0,863	1,59	0,236
IR1	0,142	0,228	10,16	0,050
IR2	0,073	0,442	3,78	0,147
IR3	0,370	0,087	31,30	0,011
IR4	0,094	0,343	5,75	0,096
IR5	0,046	0,701	1,28	0,340

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMc1	/	/	/	/
II1	/	/	/	/
IP1	/	/	/	/
IF1	0,580	0,938	0,79	0,393
IF2	0,629	0,865	1,87	0,197
IF3	0,549	0,992	0,10	0,755
IF4	0,696	0,783	3,33	0,093
IF5	0,564	0,967	0,42	0,532
IF6	0,551	0,988	0,14	0,712
IT1	0,566	0,719	2,34	0,177
IT2	0,436	0,932	0,44	0,534
IT3	0,485	0,839	1,15	0,325
IT4	0,409	0,994	0,03	0,860
IT5	0,414	0,983	0,10	0,757
IFib1	/	/	/	/
ITal1	/	/	/	/
ICalca1	/	/	/	/
IMt1	/	/	/	/

A68. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [0] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMd1	0,956	0,825	2,13	0,175
LMd2	0,800	0,986	0,15	0,710
LMd3	0,822	0,960	0,42	0,533
LMd4	/	/	/	/
LMd5	/	/	/	/
LClav1	0,804	1,000	0,00	0,986
LClav2	0,999	0,805	2,66	0,131
LClav3	0,839	0,958	0,48	0,503
LClav4	/	/	/	/
LH1	0,635	1,000	0,00	0,975
LH2	0,701	0,906	1,35	0,267
LH3	0,802	0,792	3,42	0,087
LH4	0,792	0,802	3,22	0,096
LH5	/	/	/	/
LR1	0,785	0,779	2,26	0,171
LR2	0,699	0,875	1,15	0,315
LR3	0,618	0,990	0,08	0,785
LR4	0,626	0,977	0,19	0,678
LR5	0,689	0,888	1,01	0,344
LR6	/	/	/	/
LU1	0,974	0,865	1,25	0,295
LU2	0,887	0,950	0,43	0,533
LU3	0,900	0,936	0,55	0,479
LU4	0,842	1,000	0,00	0,987
LU5	/	/	/	/

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMc1	/	/	/	
LMc2	/	/	/	
LF1	0,690	0,935	0,98	0,339
LF2	/	/	/	/
LF3	0,650	0,992	0,11	0,741
LF4	0,649	0,993	0,10	0,757
LF5	0,812	0,794	3,63	0,077
LF6	0,722	0,892	1,69	0,215
LF7	/	/	/	
LT1	0,515	0,901	0,77	0,409
LT2	0,464	1,000	0,00	0,991
LT3	0,464	1,000	0,00	0,994
LT4	0,564	0,823	1,51	0,259
LT5	0,509	0,911	0,69	0,434
LT6	/	/	/	/
LFib1	/	/	/	/
LFib2	/	/	/	/
LFib3	/	/	/	/
LCalca1	/	/	/	/
LCalca2	/	/	/	/
LTal1	/	/	/	/
LTal2	/	/	/	/
LMt1	/	/	/	/
LMt2	/	/	/	/

A69. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [1-4] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Md1	0,807	0,845	4,96	0,035
Md2	0,700	0,975	0,71	0,408
Md3	0,682	1,000	0,00	0,997
Md4	0,733	0,930	2,03	0,166
Md5	0,725	0,941	1,69	0,205
Clav1	0,839	0,988	0,45	0,504
Clav2	0,835	0,993	0,25	0,620
Clav3	0,853	0,972	1,08	0,306
Clav4	0,830	0,999	0,02	0,883
H1	0,509	0,845	5,13	0,031
H2	0,489	0,880	3,82	0,061
H3	0,524	0,822	6,07	0,020
H4	0,496	0,868	4,24	0,049
H5	0,451	0,955	1,32	0,261
R1	0,523	0,867	4,31	0,047
R2	0,507	0,894	3,31	0,080
R3	0,458	0,991	0,26	0,615
R4	0,457	0,992	0,23	0,637
R5	0,463	0,979	0,61	0,442
R6	0,768	0,591	19,42	0,000
U1	0,767	0,802	7,14	0,012
U2	0,746	0,825	6,16	0,019
U3	0,725	0,849	5,14	0,031
U4	0,672	0,916	2,65	0,114
U5	0,625	0,985	0,45	0,509
Mc1	0,999	0,990	0,23	0,638
Mc2	0,992	0,997	0,07	0,800

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Isc1	0,838	0,684	8,76	0,008
Pub1	0,574	1,000	0,00	0,998
il1	0,597	0,960	0,78	0,387
il2	0,762	0,753	6,24	0,022
F1	0,470	0,991	0,06	0,812
F2	0,483	0,965	0,26	0,629
F3	0,543	0,860	1,14	0,320
F4	0,488	0,955	0,33	0,585
F5	0,544	0,857	1,17	0,316
F6	0,473	0,986	0,10	0,759
F7	0,564	0,827	1,47	0,265
T1	0,730	0,978	0,75	0,394
T2	0,741	0,964	1,24	0,273
T3	0,772	0,925	2,68	0,111
T4	0,773	0,924	2,72	0,108
T5	0,717	0,995	0,15	0,698
T6	0,748	0,954	1,58	0,217
Fib1	0,770	0,999	0,02	0,894
Fib2	0,851	0,905	2,63	0,117
Fib3	0,799	0,963	0,97	0,334
Tal1	0,705	0,996	0,05	0,824
Tal2	0,776	0,904	1,28	0,281
Calca1	0,850	0,826	2,54	0,137
Calca2	0,714	0,982	0,22	0,651
Mt1	/	/	/	/
Mt2	/	/	/	/

A70. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [1-4] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMd1	0,989	0,814	7,54	0,010
IMd2	0,817	0,985	0,50	0,486
IC1	0,928	0,997	0,09	0,768
IC2	0,958	0,966	1,15	0,291
IC3	0,933	0,992	0,27	0,608
IC4	0,950	0,975	0,86	0,360
IH1	0,869	0,965	1,22	0,278
IH2	0,841	0,998	0,07	0,796
IH3	0,852	0,985	0,53	0,472
IH4	0,851	0,986	0,49	0,489
IH5	0,874	0,960	1,41	0,243
IU1	0,922	0,999	0,05	0,824
IU2	0,926	0,994	0,25	0,620
IU3	0,992	0,928	3,04	0,089
IR1	0,692	0,994	0,17	0,682
IR2	0,715	0,962	1,07	0,310
IR3	0,691	0,995	0,14	0,714
IR4	0,768	0,896	3,14	0,088
IR5	0,709	0,970	0,83	0,369

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMc1	0,881	1,000	0,00	0,973
II1	0,881	1,000	0,00	0,984
IP1	0,996	0,885	1,82	0,198
IF1	0,836	0,971	1,33	0,255
IF2	0,837	0,969	1,41	0,241
IF3	0,850	0,955	2,07	0,157
IF4	0,976	0,831	8,93	0,005
IF5	0,822	0,986	0,60	0,441
IF6	0,813	0,998	0,11	0,747
IT1	0,913	0,955	1,73	0,197
IT2	0,891	0,979	0,78	0,383
IT3	0,932	0,936	2,53	0,121
IT4	0,895	0,975	0,95	0,335
IT5	0,892	0,978	0,83	0,369
IFib1	/	/	/	/
ITal1	/	/	/	/
ICalca1	/	/	/	/
IMt1	/	/	/	/

A71. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [1-4] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMd1	0,975	0,944	3,25	0,077
LMd2	0,970	0,950	2,92	0,093
LMd3	0,923	0,997	0,14	0,707
LMd4	/	/	/	/
LMd5	/	/	/	/
LClav1	0,926	0,993	0,27	0,607
LClav2	0,922	0,998	0,10	0,758
LClav3	0,990	0,929	3,14	0,084
LClav4	/	/	/	/
LH1	0,834	0,994	0,24	0,625
LH2	0,841	0,986	0,60	0,444
LH3	0,849	0,976	1,02	0,318
LH4	0,903	0,918	3,77	0,059
LH5	/	/	/	/
LR1	0,803	0,595	21,81	0,000
LR2	0,686	0,696	13,99	0,001
LR3	0,515	0,928	2,50	0,124
LR4	0,508	0,939	2,09	0,158
LR5	0,568	0,840	6,09	0,019
LR6	/	/	/	/
LU1	0,803	0,956	1,70	0,201
LU2	0,872	0,880	5,06	0,031
LU3	0,978	0,785	10,15	0,003
LU4	0,794	0,967	1,28	0,265
LU5	/	/	/	/

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMc1	/	/	/	/
LMc2	/	/	/	/
LF1	0,796	0,997	0,14	0,711
LF2	/	/	/	/
LF3	0,794	0,999	0,04	0,844
LF4	0,795	0,997	0,12	0,735
LF5	0,803	0,988	0,50	0,483
LF6	0,794	0,999	0,04	0,846
LF7	0,917	0,865	6,24	0,017
LT1	0,684	1,000	0,00	0,954
LT2	0,796	0,859	6,22	0,017
LT3	0,828	0,826	7,99	0,007
LT4	0,848	0,806	9,13	0,004
LT5	0,727	0,940	2,41	0,129
LT6	/	/	/	/
LFib1	0,774	0,993	0,18	0,671
LFib2	1,000	0,769	7,81	0,010
LFib3	/	/	/	/
LCalca1	0,988	0,983	0,24	0,633
LCalca2	0,988	0,983	0,24	0,630
LTal1	0,972	1,000	0,00	0,955
LTal2	/	/	/	/
LMt1	/	/	/	/
LMt2	/	/	/	/

A72. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [5-9] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Md1	0,858	0,827	3,76	0,068
Md2	0,811	0,875	2,57	0,127
Md3	0,728	0,975	0,45	0,510
Md4	0,711	0,998	0,03	0,858
Md5	0,769	0,923	1,49	0,237
Clav1	0,903	0,890	3,22	0,084
Clav2	0,849	0,946	1,47	0,236
Clav3	0,804	1,000	0,00	0,977
Clav4	0,925	0,869	3,92	0,059
H1	0,795	0,994	0,17	0,684
H2	0,794	0,996	0,12	0,731
H3	0,836	0,946	1,55	0,224
H4	0,792	0,998	0,05	0,831
H5	0,821	0,962	1,05	0,314
R1	0,972	0,813	4,36	0,051
R2	0,806	0,980	0,38	0,543
R3	0,810	0,976	0,47	0,503
R4	0,838	0,944	1,14	0,300
R5	0,831	0,951	0,98	0,334
R6	0,794	0,996	0,07	0,788
U1	0,920	0,876	3,10	0,092
U2	0,861	0,937	1,47	0,238
U3	0,837	0,964	0,83	0,373
U4	0,809	0,997	0,06	0,807
U5	0,814	0,991	0,20	0,657
Mc1	0,868	0,995	0,12	0,733
Mc2	0,931	0,927	1,72	0,203
Isc1	0,697	0,916	1,20	0,293
Pub1	0,857	0,744	4,47	0,054
il1	0,659	0,968	0,43	0,524
il2	0,697	0,914	1,22	0,290
F1	0,769	0,714	6,01	0,027
F2	0,553	0,993	0,11	0,744
F3	0,619	0,887	1,90	0,188
F4	0,613	0,896	1,74	0,206
F5	0,623	0,882	2,00	0,178
F6	0,555	0,991	0,14	0,711
F7	0,609	0,901	1,64	0,220
T1	0,804	0,884	2,75	0,112
T2	0,723	0,983	0,35	0,559
T3	0,720	0,988	0,25	0,620
T4	0,713	0,998	0,04	0,843
T5	0,718	0,990	0,21	0,654
T6	0,806	0,883	2,78	0,110
Fib1	0,919	0,857	3,50	0,075
Fib2	0,820	0,961	0,86	0,364
Fib3	0,795	0,990	0,21	0,654
Tal1	0,589	0,935	0,77	0,400
Tal2	0,721	0,763	3,42	0,092
Calca1	0,582	0,946	0,63	0,446
Calca2	0,551	0,999	0,01	0,905
Mt1	0,655	0,840	2,10	0,175
Mt2	0,598	0,920	0,96	0,348

A73. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [5-9] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMd1	0,974	0,871	3,27	0,084
IMd2	0,849	0,998	0,04	0,844
IC1	0,862	1,000	0,00	0,988
IC2	0,878	0,983	0,34	0,568
IC3	0,886	0,973	0,53	0,476
IC4	0,931	0,926	1,52	0,233
IH1	0,643	0,848	3,93	0,060
IH2	0,550	0,993	0,16	0,696
IH3	0,546	1,000	0,00	0,988
IH4	0,883	0,618	13,59	0,001
IH5	0,560	0,974	0,58	0,453
IU1	0,719	0,964	1,06	0,313
IU2	0,733	0,946	1,60	0,216
IU3	0,774	0,895	3,29	0,080
IR1	0,851	0,999	0,01	0,915
IR2	0,884	0,962	0,68	0,423
IR3	0,853	0,997	0,05	0,827
IR4	0,901	0,943	1,02	0,327
IR5	0,854	0,995	0,08	0,783

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMc1	1,000	0,933	1,72	0,202
II1	0,952	0,990	0,26	0,614
IP1	0,995	0,948	1,44	0,241
IF1	0,671	0,989	0,35	0,561
IF2	0,712	0,931	2,23	0,146
IF3	0,670	0,990	0,31	0,581
IF4	0,769	0,863	4,77	0,037
IF5	0,687	0,966	1,06	0,312
IF6	0,697	0,951	1,54	0,225
IT1	0,461	0,910	1,38	0,259
IT2	0,429	0,979	0,30	0,593
IT3	0,548	0,765	4,29	0,057
IT4	0,423	0,991	0,12	0,734
IT5	0,469	0,896	1,63	0,222
IFib1	0,420	1,000	0,00	0,961
ITal1	0,934	0,888	2,26	0,150
ICalca1	0,973	0,853	3,11	0,095
IMt1	0,871	0,953	0,88	0,360

A74. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [5-9] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMd1	0,880	0,850	6,01	0,020
LMd2	0,928	0,806	8,21	0,007
LMd3	0,799	0,936	2,34	0,135
LMd4	/	/	/	/
LMd5	/	/	/	/
LClav1	0,995	0,999	0,02	0,879
LClav2	0,995	0,999	0,04	0,849
LClav3	0,997	0,997	0,09	0,772
LClav4	/	/	/	/
LH1	0,984	0,998	0,09	0,770
LH2	0,984	0,997	0,11	0,743
LH3	0,983	0,998	0,07	0,789
LH4	0,982	1,000	0,00	0,991
LH5	/	/	/	/
LR1	0,950	0,860	3,26	0,086
LR2	0,826	0,989	0,22	0,647
LR3	0,826	0,990	0,20	0,656
LR4	0,852	0,959	0,86	0,364
LR5	0,828	0,987	0,26	0,617
LR6	/	/	/	/
LU1	0,808	0,935	1,74	0,198
LU2	0,834	0,906	2,60	0,119
LU3	0,797	0,948	1,38	0,250
LU4	0,885	0,853	4,31	0,048
LU5	/	/	/	/

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMc1	/	/	/	/
LMc2	/	/	/	/
LF1	0,963	0,605	10,46	0,005
LF2	0,666	0,875	2,29	0,149
LF3	0,742	0,785	4,39	0,052
LF4	0,708	0,822	3,47	0,081
LF5	0,619	0,940	1,03	0,326
LF6	0,677	0,859	2,62	0,125
LF7	/	/	/	/
LT1	0,834	0,992	0,19	0,666
LT2	0,832	0,994	0,14	0,710
LT3	0,833	0,994	0,15	0,699
LT4	0,830	0,997	0,07	0,796
LT5	0,917	0,903	2,69	0,113
LT6	/	/	/	/
LFib1	0,986	0,933	1,57	0,223
LFib2	0,923	0,997	0,06	0,803
LFib3	/	/	/	/
LCalca1	0,876	0,994	0,19	0,666
LCalca2	0,989	0,881	4,48	0,042
LTal1	0,999	0,987	1,01	0,318
LTal2	/	/	/	/
LMt1	/	/	/	/
LMt2	/	/	/	/

A75. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [10-14] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Md1	0,596	0,990	0,06	0,817
Md2	0,670	0,881	0,81	0,403
Md3	0,597	0,989	0,07	0,803
Md4	0,591	0,999	0,01	0,937
Md5	0,745	0,792	1,57	0,256
Clav1	0,876	1,000	0,01	0,933
Clav2	0,878	0,998	0,04	0,854
Clav3	0,916	0,956	0,68	0,421
Clav4	0,962	0,910	1,48	0,243
H1	0,556	0,731	3,69	0,084
H2	0,632	0,642	5,58	0,040
H3	0,651	0,623	6,04	0,034
H4	0,465	0,874	1,44	0,257
H5	0,521	0,779	2,84	0,123
R1	0,751	0,595	7,49	0,019
R2	0,664	0,672	5,37	0,041
R3	0,572	0,780	3,09	0,106
R4	0,450	0,992	0,09	0,768
R5	0,459	0,973	0,31	0,588
R6	0,447	0,999	0,01	0,933
U1	0,527	0,968	0,26	0,623
U2	0,604	0,846	1,46	0,261
U3	0,618	0,827	1,68	0,231
U4	0,595	0,859	1,32	0,284
U5	0,526	0,971	0,24	0,636
Mc1	0,931	0,887	0,64	0,461
Mc2	1,000	0,827	1,05	0,353
Isc1	/	/	/	/
Pub1	0,712	0,805	1,21	0,322
il1	0,702	0,817	1,12	0,339
il2	0,751	0,764	1,54	0,269
F1	0,664	0,869	1,51	0,247
F2	/	/	/	/
F3	0,588	0,980	0,20	0,661
F4	0,602	0,959	0,43	0,526
F5	0,583	0,989	0,12	0,740
F6	0,603	0,956	0,46	0,512
F7	0,579	0,996	0,04	0,841
T1	0,696	0,892	1,21	0,298
T2	0,668	0,929	0,76	0,403
T3	0,760	0,817	2,24	0,165
T4	0,746	0,833	2,01	0,187
T5	0,628	0,989	0,11	0,744
T6	0,624	0,995	0,05	0,824
Fib1	0,950	0,509	4,83	0,079
Fib2	0,498	0,971	0,15	0,713
Fib3	0,537	0,900	0,55	0,490
Tal1	0,881	0,818	1,78	0,219
Tal2	0,723	0,996	0,03	0,858
Calca1	0,721	0,999	0,01	0,940
Calca2	0,726	0,992	0,06	0,809
Mt1	0,736	0,979	0,17	0,688
Mt2	0,721	0,999	0,01	0,944

A76. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [10-14] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMd1	0,877	0,888	1,14	0,314
IMd2	0,907	0,858	1,49	0,254
IC1	0,670	0,944	0,60	0,458
IC2	0,647	0,976	0,24	0,632
IC3	0,741	0,853	1,73	0,218
IC4	0,700	0,902	1,08	0,322
IH1	0,751	0,656	6,30	0,027
IH2	0,549	0,896	1,39	0,261
IH3	0,494	0,997	0,03	0,857
IH4	0,518	0,951	0,61	0,449
IH5	0,540	0,912	1,16	0,302
IU1	0,665	0,953	0,55	0,475
IU2	0,887	0,714	4,40	0,060
IU3	0,674	0,940	0,70	0,419
IR1	0,780	0,654	5,83	0,034
IR2	0,628	0,812	2,55	0,138
IR3	0,570	0,894	1,30	0,279
IR4	0,519	0,982	0,21	0,658
IR5	0,523	0,974	0,29	0,600

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMc1	/	/	/	/
II1	/	/	/	/
IP1	/	/	/	/
IF1	0,617	1,000	0,00	0,983
IF2	0,622	0,992	0,14	0,713
IF3	0,716	0,862	2,88	0,107
IF4	0,618	0,999	0,01	0,922
IF5	0,828	0,746	6,14	0,023
IF6	0,790	0,781	5,04	0,038
IT1	0,745	0,658	5,21	0,046
IT2	0,547	0,896	1,16	0,307
IT3	0,498	0,984	0,16	0,696
IT4	0,517	0,949	0,54	0,480
IT5	0,508	0,966	0,35	0,565
IFib1	0,086	0,928	0,16	0,731
ITal1	0,080	1,000	0,00	0,979
ICalca1	0,091	0,879	0,28	0,652
IMt1	0,409	0,195	8,26	0,103

A77. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [10-14] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMd1	0,934	0,992	0,14	0,711
LMd2	0,964	0,961	0,69	0,417
LMd3	0,928	0,999	0,02	0,886
LMd4	/	/	/	/
LMd5	/	/	/	/
LClav1	0,935	1,000	0,00	0,973
LClav2	0,945	0,989	0,18	0,675
LClav3	0,962	0,971	0,50	0,489
LClav4	/	/	/	/
LH1	0,677	0,690	7,18	0,016
LH2	0,565	0,828	3,32	0,087
LH3	0,863	0,542	13,52	0,002
LH4	0,638	0,733	5,82	0,028
LH5	/	/	/	/
LR1	0,739	0,780	3,67	0,078
LR2	0,662	0,871	1,92	0,189
LR3	0,787	0,732	4,75	0,048
LR4	0,580	0,993	0,09	0,775
LR5	0,577	0,998	0,02	0,885
LR6	/	/	/	/
LU1	0,477	1,000	0,00	0,948
LU2	0,587	0,812	2,32	0,159
LU3	0,604	0,790	2,67	0,134
LU4	0,622	0,767	3,04	0,112
LU5	/	/	/	/

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMc1	/	/	/	/
LMc2	/	/	/	/
LF1	0,748	0,972	0,29	0,602
LF2	/	/	/	/
LF3	0,759	0,958	0,44	0,524
LF4	0,757	0,960	0,42	0,533
LF5	0,812	0,895	1,17	0,305
LF6	0,733	0,991	0,09	0,774
LF7	0,766	0,949	0,54	0,480
LT1	0,672	0,881	1,76	0,208
LT2	0,648	0,914	1,23	0,288
LT3	0,767	0,771	3,85	0,071
LT4	0,709	0,836	2,56	0,134
LT5	0,640	0,926	1,04	0,325
LT6	/	/	/	/
LFib1	0,873	0,940	0,38	0,558
LFib2	0,822	0,998	0,01	0,917
LFib3	/	/	/	
LCalca1	0,995	0,851	3,51	0,076
LCalca2	0,865	0,979	0,43	0,518
LTal1	0,868	0,976	0,49	0,490
LTal2	/	/	/	/
LMt1	/	/	/	/
LMt2	/	/	/	/

A78. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES BRUTES, CLASSE [15-19] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Md1	0,971	0,772	2,06	0,194
Md2	0,764	0,983	0,12	0,735
Md3	0,781	0,961	0,28	0,611
Md4	/	/	/	/
Md5	/	/	/	/
Clav1	/	/	/	/
Clav2	0,869	0,896	0,47	0,532
Clav3	0,817	0,953	0,20	0,679
Clav4	/	/	/	/
H1	/	/	/	/
H2	0,985	0,838	1,16	0,323
H3	0,911	0,906	0,62	0,460
H4	/	/	/	/
H5	/	/	/	/
R1	/	/	/	/
R2	0,804	0,286	4,99	0,155
R3	0,292	0,786	0,54	0,538
R4	0,988	0,233	6,60	0,124
R5	/	/	/	/
R6	/	/	/	/
U1	/	/	/	/
U2	0,979	0,956	0,18	0,691
U3	0,997	0,940	0,26	0,639
U4	/	/	/	/
U5	/	/	/	/
Mc1	/	/	/	/
Mc2	/	/	/	/

Mesure	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
Isc1	/	/	/	/
Pub1	/	/	/	/
il1	/	/	/	/
il2	/	/	/	/
F1	/	/	/	/
F2	/	/	/	/
F3	0,974	0,964	0,22	0,655
F4	0,971	0,967	0,20	0,669
F5	0,987	0,951	0,31	0,598
F6	/	/	/	/
F7	/	/	/	/
T1	/	/	/	/
T2	0,764	0,443	7,55	0,033
T3	0,580	0,583	4,29	0,084
T4	0,584	0,579	4,36	0,082
T5	/	/	/	/
T6	/	/	/	/
Fib1	/	/	/	/
Fib2	/	/	/	/
Fib3	/	/	/	/
Tal1	0,952	0,984	0,08	0,784
Tal2	0,997	0,940	0,32	0,596
Calca1	/	/	/	/
Calca2	/	/	/	/
Mt1	/	/	/	/
Mt2	/	/	/	/

A79. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, INDICES, CLASSE [15-19] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMd1	0,993	0,984	0,05	0,840
IMd2	0,978	1,000	0,00	0,982
IC1	/	/	/	/
IC2	/	/	/	/
IC3	/	/	/	/
IC4	/	/	/	/
IH1	/	/	/	/
IH2	/	/	/	/
IH3	/	/	/	/
IH4	/	/	/	/
IH5	/	/	/	/
IU1	/	/	/	/
IU2	/	/	/	/
IU3	/	/	/	/
IR1	/	/	/	/
IR2	/	/	/	/
IR3	/	/	/	/
IR4	/	/	/	/
IR5	/	/	/	/

Indice	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
IMc1	/	/	/	/
II1	/	/	/	/
IP1	/	/	/	/
IF1	/	/	/	/
IF2	/	/	/	/
IF3	/	/	/	/
IF4	/	/	/	/
IF5	/	/	/	/
IF6	/	/	/	/
IT1	/	/	/	/
IT2	/	/	/	/
IT3	/	/	/	/
IT4	/	/	/	/
IT5	/	/	/	/
IFib1	/	/	/	/
ITal1	/	/	/	/
ICalca1	/	/	/	/
IMt1	/	/	/	/

A80. Statistiques relatives aux analyses discriminantes : pouvoir discriminant par variable, MESURES LOG-TRANSFORMÉES, CLASSE [15-19] (en grisé, Lambda de Wilk < 0,5).

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMd1	0,493	0,517	0,93	0,511
LMd2	0,379	0,674	0,48	0,613
LMd3	0,260	0,981	0,02	0,912
LMd4	/	/	/	0,977
LMd5	0,256	0,999	0,00	/
LClav1	/	/	/	/
LClav2	0,663	0,994	0,02	0,885
LClav3	0,717	0,920	0,35	0,587
LClav4	/	/	/	/
LH1	/	/	/	/
LH2	0,714	0,833	1,20	0,315
LH3	0,751	0,791	1,58	0,255
LH4	/	/	/	/
LH5	/	/	/	/
LR1	/	/	/	/
LR2	0,723	0,367	3,45	0,204
LR3	0,286	0,927	0,16	0,731
LR4	0,999	0,265	5,54	0,143
LR5	/	/	/	/
LR6	/	/	/	/
LU1	/	/	/	/
LU2	1,000	0,899	0,45	0,539
LU3	0,993	0,905	0,42	0,552
LU4	/	/	/	/
LU5	/	/	/	/

L-Shape	Lambda de Wilk	Lambda partiel	F d'exclusion	*p*
LMc1	/	/	/	/
LMc2	/	/	/	/
LF1	/	/	/	/
LF2	/	/	/	/
LF3	/	/	/	/
LF4	0,336	0,774	2,05	0,195
LF5	0,424	0,612	4,43	0,073
LF6	/	/	/	/
LF7	/	/	/	/
LT1	/	/	/	/
LT2	/	/	/	/
LT3	0,945	0,895	0,82	0,394
LT4	0,875	0,967	0,24	0,641
LT5	/	/	/	/
LT6	/	/	/	/
LFib1	/	/	/	/
LFib2	/	/	/	/
LFib3	/	/	/	/
LCalca1	0,855	0,986	0,07	0,803
LCalca2	0,985	0,856	0,84	0,401
LTal1	/	/	/	/
LTal2	/	/	/	/
LMt1	/	/	/	/
LMt2	/	/	/	/

BIOARCHÉOLOGIE DES SUJETS IMMATURES DE QUATRE NÉCROPOLES DU HAUT MOYEN ÂGE EUROPÉEN : MÉTHODES D'ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT ET DES INTERACTIONS BIOLOGIE/CULTURE.

Les enfants font rarement l'objet d'une étude complète et approfondie en bioarchéologie et leur intégration à la population adulte est souvent limitée. Or, il est reconnu que leurs vestiges dentaires et squelettiques apportent de nombreuses connaissances quant à leur mode de vie et l'environnement dans lequel ils ont grandi. Nous proposons de vérifier ce postulat à partir d'un large échantillon d'individus immatures (N=613, du sujet périnatal à l'adolescent tardif), daté du haut Moyen Âge européen (essentiellement, 9e-11e siècles) et provenant de populations au mode de vie contrasté (urbain *vs.* rural) : Cherbourg Notre-Dame, Norroy-le-Veneur (France), Mikulčice Kostelisko et Prušánky 1 (République tchèque) ; plus la collection de référence de Spitalfields (Londres, UK) pour certains aspects méthodologiques. Une problématique triple est présentée : à la fois synthétique, comparative et méthodologique, elle cerne ainsi l'ensemble des sujets traitant des individus immatures en bioarchéologie. Si les facteurs biologiques (âge au décès, variabilité intra- et inter-population, profils de croissance squelettique) ne permettent pas de discerner distinctement les individus selon leur mode de vie (hormis les indicateurs de stress non spécifique et les lésions carieuses), les pratiques funéraires — spécifiques selon les cultures — mettent parfaitement en évidence les différences entre les populations. En outre, une étude adaptée à la part non-adulte de la population permet de démontrer des modalités biologiques à partir de collections archéologiques, résultat inédit au vu de tous les facteurs de biais connus. Enfin, de nouveaux outils méthodologiques ont été mis en place (estimation secondaire de l'âge, séquences de minéralisation dentaire, profils de croissance squelettique par analyse de transition) permettant une meilleure intégration des individus immatures aux larges études populationnelles, soulignant l'importance de cette part de la population en bioarchéologie.

MOTS-CLÉS : immatures, non-adulte, enfant, bioarchéologie, haut Moyen Âge, Europe, France, République tchèque, mode de vie, estimation de l'âge, ostéométrie, variabilité, allométrie, croissance, stress, paléopathologie, recrutement, pratiques funéraires, interactions bio-culturelles.

BIOARCHAEOLOGY OF NON-ADULTS FROM FOUR EUROPEAN EARLY MEDIEVAL CEMETERIES: METHODOLOGICAL ISSUES FOR GROWTH STUDIES, AND ANALYSIS OF BIOCULTURAL INTERACTIONS.

Thorough bioarchaeological studies of children populations are few, and their integration into the adult population is often limited. Nevertheless, it is well known that non-adult's teeth and skeletal remains give a wealth of information about their brief lives, and on the environment where they grew. This study is based on a large skeletal sample (N= 613 individuals ranging from perinates to late adolescence), dated from the Early Middle Age (essentially 9th-11th centuries AD) and belonging to very different lifestyle populations (urban *vs.* rural): Cherbourg Notre-Dame, Norroy-le-Veneur (France), Mikulčice Kostelisko and Prušánky 1 (Czech Republic) ; plus the identified collection from Spitalfields (London, UK) used for methodological issues. The topic of the study is threefold: Synthetic, comparative, and methodological, in order to give a global point of view on the children in a given bioarchaeological context. The biological patterns studied (age at death, intra- and inter-population variability, skeletal growth profiles) do not demonstrate significant differences between lifestyle, whereas non-specific stress indicators, caries lesions, and funerary practices do and can describe the environment where the children grew. It has also been possible to detect and demonstrate biological patterns within archaeological samples, which is a great result, totally unexpected considering all the biases of such studies. Finally, new methodological approaches have been built (secondary age estimation, dental mineralization sequences, skeletal growth profiles with the transition analysis), allowing a better integration of the immature individuals among large population syntheses. They highlight the non-adult part of population's great contribution to bioarchaeology.

KEY-WORDS: Immature, Non-adult, Children, Bioarchaeology, Early Middle Age, Europe, France, Czech Republic, Lifestyle, Age estimation, Osteometry, Variability, Allometry, Growth studies, Stress, Paleopathology, Burial selection, Funerary practices, Biocultural interactions.

UMR 5199 PACEA, LABORATOIRE D'ANTHROPOLOGIE DES POPULATIONS DU PASSÉ, UNIVERSITÉ BORDEAUX 1, BÂTIMENT B8, AVENUE DES FACULTÉS, 33405 TALENCE CEDEX.