

Université de Montréal

**Nutrition et état de santé : études paléochimique et paléopathologique de la population exhumée du cimetière protestant Saint-Matthew, ville de Québec, Canada (1771-1860)**

Par  
Fanny MORLAND

Département d'Anthropologie  
Faculté des Arts et des Sciences

Mémoire présenté à la Faculté des Études Supérieures  
en vue de l'obtention du grade de M.Sc  
en Anthropologie

Décembre 2009

© Fanny Morland, 2009



Université de Montréal  
Faculté des Études Supérieures

Ce mémoire intitulé :

**Nutrition et état de santé : études paléochimique et paléopathologique de la population exhumée du cimetière protestant Saint-Matthew, ville de Québec, Canada (1771-1860)**

Présenté par  
Fanny MORLAND

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Président-rapporteur : Michelle Drapeau

Directeur de recherche : Isabelle Ribot

Membre du Jury : Brad Loewen



## RÉSUMÉ - ABSTRACT

---

Quatre-vingt-quinze squelettes humains issus des fouilles archéologiques du cimetière protestant Saint-Matthew (ville de Québec, 1771-1860) ont été étudiés en associant deux aspects de la paléonutrition : la paléochimie et la paléopathologie. Le but de cette recherche est d'explorer la relation entre nutrition et état de santé pour cette population préindustrielle. Des informations directes sur l'alimentation ont été recueillies par l'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote du collagène des os, et des informations indirectes ont été obtenues par une quantification de l'état de santé des individus. Les méthodes paléopathologiques utilisées sont celles de l'« indice de santé » (Steckel *et al.*, 2002) pour la comparaison interpopulationnelle, puis des méthodes comprenant des degrés de sévérité plus précis afin d'étudier les variations intrapopulationnelles. L'analyse de ces données atteste d'un état de santé relativement mauvais par comparaison avec d'autres groupes nord-américains contemporains, malgré une alimentation similaire. Des différences alimentaires ont été observées en fonction des données paléodémographiques (âge, sexe), mettant notamment en évidence une variabilité temporelle dans la réalisation du processus de sevrage. De plus, un régime alimentaire moins riche en ressources C4 (maïs, sucre de canne) et en ressources animales (viande, poissons, produits laitiers) a été constaté pour les enfants entre 2 et 7 ans par rapport aux individus plus vieux. Enfin, une relation possible entre la sévérité de certaines pathologies (*cribra orbitalia* et périostite) et la consommation des ressources alimentaires en C4 et/ou marines et riches en protéines a été observée.

**Mots clés :** bioarchéologie, paléonutrition, paléopathologie, isotopes, carbone, azote, indice de santé, Saint-Matthew, Québec.

Ninety-five human skeletons from archaeological excavations at the protestant Saint-Matthew burial ground (Quebec City, 1771-1860) were studied with respect to two major aspects of palaeonutrition: palaeochemistry and palaeopathology. The aim of this study was to explore the relationship between nutrition and health in this preindustrial population. Direct information on the types of food consumed was obtained from stable carbon and nitrogen isotope analyses of bone collagen, and indirect information was acquired by quantifying health status. Palaeopathological methods used are the "health index" method (Steckel *et al.*, 2002) for interpopulational comparison, and then quantifications using more precise severity degrees for assessing intrapopulational variation. Data analysis revealed a relatively bad health status compared to other contemporary North-American groups despite a relatively similar nutrition. Food differences in relation to palaeodemographical data (age, sex) were noted, in particular about the variability of weaning process achievement. Furthermore, a diet depleted in C4 (corn, sugarcane) and in animal resources (meat, fish, dairy products) was noted for children between two and seven years old in comparison to older individuals. Finally, a possible relationship between pathologies severity (*cribra orbitalia*, periostitis) and the consumption of C4 and/or marine resources and animal products rich in protein was highlighted while comparing all the data.

**Keywords:** bioarchaeology, palaeonutrition, palaeopathology, isotopes, carbon, nitrogen, health index, Saint-Matthew, Québec.



## TABLE DES MATIÈRES

---

<b>Résumé - Abstract.....</b>	<b>i</b>
<b>Table des matières .....</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>vii</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>x</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>xiii</b>
 <b>INTRODUCTION.....</b>	 <b>1</b>
 <b>CHAPITRE 1 - LA PALÉOCHIMIE ET LA PALÉOPATHOLOGIE : DEUX ASPECTS COMPLÉMENTAIRES DE LA BIOARCHÉOLOGIE .....</b>	 <b>5</b>
<b>I. Les études « multicritères » en paléonutrition : possibilités et limites.....</b>	<b>7</b>
1. Un domaine de recherche en expansion .....	7
2. Problèmes liés à la représentativité de la population archéologique .....	10
<b>II. L'analyse isotopique des os humains : des informations paléonutritionnelles directes sur les populations passées.....</b>	<b>13</b>
1. Base théorique.....	13
2. Variations des ratios isotopiques en fonction de l'alimentation et de l'environnement.....	17
<b>III. Les traces de l'état de santé sur le squelette : des informations paléonutritionnelles indirectes sur les populations passées.....</b>	<b>23</b>
1. Stress, pathologie et nutrition .....	23
2. De multiples marqueurs osseux et dentaires.....	26
2.1. Pathologies dentaires.....	26
2.2. Pathologies métaboliques .....	28
2.2.1. Les types non spécifiques.....	28
2.2.2. Les types spécifiques .....	29
2.3. Pathologies infectieuses .....	31
2.4. Perturbations de la croissance.....	33
2.5. Pathologies fonctionnelles du squelette .....	34
3. Étude interpopulationnelle : avantages et limites de la méthode de l'indice de santé	35
4. Étude intrapopulationnelle : avantages et limites d'une quantification plus nuancée .	40

<b>CHAPITRE 2 - UN PROJET DE RECHERCHE EN LIEN AVEC UN CONTEXTE PRÉINDUSTRIEL DIFFICILE.....</b>	<b>43</b>
<b>I. Le cimetière de Saint-Matthew, lieu d'inhumation des protestants de Québec .....</b>	<b>45</b>
1. Une histoire mouvementée .....	45
2. De multiples interventions archéologiques.....	49
<b>II. Contexte historique de la population de Québec entre la conquête britannique et 1860.....</b>	<b>52</b>
1. Caractéristiques socioéconomiques et nutritionnelles d'une population hétéroclite ...	52
2. Un environnement urbain défavorable .....	55
<b>III. Présentation de l'étude subséquente .....</b>	<b>58</b>
1. Problématique et questions de recherche.....	58
2. Réalisation des objectifs et limites de cette recherche .....	61
2.1. Étude interpopulationnelle .....	61
2.2. Étude intrapopulationnelle .....	62
<b>CHAPITRE 3 - MATÉRIELS ET MÉTHODES .....</b>	<b>65</b>
<b>I. Paléodémographie de la population d'étude.....</b>	<b>67</b>
1. Estimation de l'âge au décès.....	67
2. Détermination du sexe.....	70
3. Composition de l'échantillon.....	71
<b>II. Analyses isotopiques.....</b>	<b>74</b>
1. Préparation et test des échantillons .....	74
1.1. Choix des échantillons .....	74
1.2. Extraction du collagène des os .....	75
1.3. Le « produit d'extraction » et le ratio C:N.....	77
2. Traitement des données .....	78
<b>III. Paléopathologie .....</b>	<b>82</b>
1. Étude interpopulationnelle : l'indice de santé globale .....	82
2. Étude intrapopulationnelle.....	85
2.1. Pathologies dentaires .....	85
2.2. Pathologies métaboliques.....	86
2.2.1. Les types non spécifiques .....	86
2.2.2. Les types spécifiques .....	87
2.3. Pathologies infectieuses .....	87
2.4. Perturbations de la croissance dentaire .....	88
2.5. État de santé général des adultes .....	92



<b>CHAPITRE 4 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PALÉOCHIMIQUES ET PALÉOPATHOLOGIQUES .....</b>	<b>95</b>
<b>I. Analyses isotopiques .....</b>	<b>97</b>
1. Validité des échantillons.....	97
2. Régime alimentaire et variations interpopulationnelles .....	98
3. Variations intrapopulationnelles .....	104
3.1. En fonction du sexe.....	104
3.2. En fonction des catégories d'âge .....	106
<b>II. Paléopathologie .....</b>	<b>111</b>
1. Indice de santé et variations interpopulationnelles .....	111
2. Variations intrapopulationnelles .....	112
2.1. Pathologies dentaires.....	112
2.2. Pathologies métaboliques .....	117
2.2.1. Les types non spécifiques.....	117
2.2.2. Les types spécifiques .....	122
2.3. Pathologies infectieuses .....	124
2.4. Perturbations de la croissance dentaire .....	128
2.5. État de santé général des adultes.....	130
<b>III. Confrontation des données isotopiques et paléopathologiques .....</b>	<b>133</b>
1. Pathologies dentaires.....	133
2. Pathologies métaboliques .....	135
2.1. Les types non spécifiques.....	135
2.2. Les types spécifiques.....	142
3. Pathologies infectieuses .....	144
4. État de santé général des adultes.....	148
<b>CHAPITRE 5 - DISCUSSION .....</b>	<b>151</b>
<b>I. État de santé, régime alimentaire et différences interpopulationnelles.....</b>	<b>153</b>
1. Des variations des indices de santé en lien avec le contexte socioéconomique ? .....	154
1.1. Des conditions de vie dans l'enfance plus difficiles à Québec .....	154
1.2. Influence du contexte épidémiologique sur l'état de santé des populations .....	155
1.3. Une alimentation moins cariogène à Saint-Matthew ?.....	156
1.4. Des concordances variables entre le statut socioéconomique et l'intensité des activités physiques.....	157
1.5. L'état de santé global, reflet approximatif des conditions de vie propres à chaque site ? .....	157
2. Analogies et différences paléonutritionnelles entre Saint-Matthew et les populations comparatives : relations entre les données contextuelles, paléochimiques et paléopathologiques .....	158
2.1. Un régime alimentaire typique d'une population d'origine européenne .....	158

2.2. Situation de la population de Saint-Matthew par rapport aux groupes autochtones d'Amérique du Nord.....	159
2.3. Les variations nutritionnelles entre les populations urbaines reflètent-elles leurs contextes socioéconomiques respectifs ?.....	161
2.4. Contrastes alimentaires entre les populations rurales et urbaines : des adaptations variables face à des conditions de vie difficiles .....	162
2.5. Hétérogénéité nutritionnelle des militaires de Snake Hill : implications relatives à la composition de la population de Saint-Matthew .....	163
2.6. Une contradiction entre les données paléopathologiques et isotopiques pour la population de Saint-Matthew ? .....	164

## **II. Variations paléonutritionnelles au sein de la population de Saint-Matthew ..... 167**

1. Variations des comportements alimentaires en fonction du sexe chez les adultes ....	167
1.1. De faibles différences nutritionnelles mises en évidence par la paléochimie .....	167
1.2. Les données paléopathologiques appuient-elles l'hypothèse des comportements alimentaires similaires entre les genres ?.....	168
2. Variations des comportements alimentaires en fonction des périodes de la vie.....	171
2.1. Une variabilité dans l'alimentation des bébés mise en évidence par l'étude paléochimique .....	171
2.2. Les différences du régime alimentaire entre les enfants de 2 à 7 ans et les 11 ans et plus reflètent-elles une disparité des statuts sociaux en fonction de l'âge ? .....	172
2.3. L'état de santé des immatures peut-il refléter les caractéristiques alimentaires mises en évidence par l'étude paléochimique ? .....	173
2.4. Des comportements alimentaires peu variables selon l'âge chez les adultes .....	175
2.5. La dégradation de l'état de santé à l'âge adulte est-elle en accord avec le caractère constant des comportements alimentaires mis en évidence par la paléochimie ? .....	175
3. Variations conjointes du régime alimentaire et de l'état de santé.....	178
3.1. Une alimentation globalement cariogène.....	178
3.2. Un régime alimentaire en lien avec l'état de santé et le contexte socioéconomique ?.....	179
3.3. Les relations entre comportements alimentaires et état de santé se contredisent-elles du point de vue du contexte socioéconomique des individus ?.....	181
3.4. Un état de santé général des adultes en lien avec les caractéristiques nutritionnelles issues de l'étude paléochimique ? .....	182
4. Les difficultés dans l'identification des relations possibles entre état de santé et nutrition à partir des données bioarchéologiques.....	182

## **CONCLUSION..... 185**

## **BIBLIOGRAPHIE..... 193**

**Annexe I. Résultats des analyses isotopiques du carbone et de l'azote et des tests de validité des échantillons pour chaque individu de la population de Saint-Matthew ... xv**

**Annexe II. Données paléopathologiques utilisées pour l'étude intrapopulationnelle de la population de Saint-Matthew..... xvii**

## LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 1.</b> Fourchettes de valeurs des ratios isotopiques de carbone et d'azote de divers types de ressources alimentaires accessibles aux groupes humains .....	19
<b>Figure 2.</b> Interaction des facteurs environnementaux, culturels et biologiques dans l'apparition des stress.....	24
<b>Figure 3.</b> Pathologies dentaires.....	28
<b>Figure 4.</b> <i>Cribra orbitalia</i> .....	29
<b>Figure 5.</b> Périostite.....	31
<b>Figure 6.</b> Lésions endocrâniennes.....	31
<b>Figure 7.</b> Pathologies fonctionnelles du squelette .....	35
<b>Figure 8.</b> L'église et le cimetière Saint-Matthew, ville de Québec. ....	46
<b>Figure 9.</b> Les diverses phases de construction de l'église Saint-Matthew et l'emplacement des fouilles archéologiques de Céline Cloutier (opérations 8 à 12) et Daniel Simoneau (opération 14). ....	48
<b>Figure 10.</b> Sépultures découvertes lors de la fouille de 1999 (Cloutier, 2000).....	50
<b>Figure 11.</b> Répartition de l'échantillon étudié par catégories d'âge.....	72
<b>Figure 12.</b> Répartition des sexes en fonction des catégories d'âge pour les individus adultes de la population de Saint-Matthew. ....	73
<b>Figure 13.</b> Étapes de la préparation des échantillons .....	77
<b>Figure 14.</b> Carte montrant l'emplacement des sites archéologiques associés aux populations étudiées.....	81
<b>Figure 15.</b> Degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i> et d'hyperostose porotique.....	87
<b>Figure 16.</b> Degrés de sévérité de la périostite.....	88
<b>Figure 17.</b> Degrés de sévérité d'hypoplasie de l'émail .....	89
<b>Figure 18.</b> Diagramme mis au point par Goodman <i>et al.</i> (1980) permettant de déterminer l'âge d'apparition des stress associés aux lignes d'hypoplasie de l'émail dentaire .....	90
<b>Figure 19.</b> Ratios isotopiques de carbone et d'azote des 82 individus analysés de la population de Saint-Matthew. ....	99
<b>Figure 20.</b> Ratios isotopiques des individus de plus de deux ans de la population de Saint-Matthew, avec droite de tendance (N=59). ....	99
<b>Figure 21.</b> Comparaison des ratios $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ obtenus pour la population de Saint-Matthew avec neuf autres populations nord-américaines.....	100
<b>Figure 22.</b> Répartition des ratios isotopiques de carbone et d'azote selon les sexes dans la population de Saint-Matthew.....	105
<b>Figure 23.</b> Ratios isotopiques du carbone en fonction des catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew. ....	107

<b>Figure 24.</b> Ratios isotopiques de l'azote en fonction des catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew. ....	109
<b>Figure 25.</b> Comparaison de la santé dentaire entre les sexes : fréquences de dents cariées par individus chez les adultes de la population de Saint-Matthew. ....	114
<b>Figure 26.</b> Comparaison de la santé dentaire entre les sexes : fréquences de dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i> par individus chez les adultes de la population de Saint-Matthew. ....	114
<b>Figure 27.</b> Fréquences de dents atteintes par les caries et la perte <i>ante-mortem</i> par rapport au nombre total de dents observables et perdues <i>ante-mortem</i> , selon les catégories d'âge de la population de Saint-Matthew. ....	116
<b>Figure 28.</b> Fréquences d'individus par degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i> et d'hyperostose porotique dans la population de Saint-Matthew. ....	118
<b>Figure 29.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de <i>cribra orbitalia</i> selon les sexes chez les adultes de la population de Saint-Matthew. ....	119
<b>Figure 30.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés d'hyperostose porotique selon les sexes chez les adultes de la population de Saint-Matthew. ....	119
<b>Figure 31.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de <i>cribra orbitalia</i> selon les catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew. ....	121
<b>Figure 32.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés d'hyperostose porotique selon les catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew. ....	121
<b>Figure 33.</b> Caractéristiques crâniennes du scorbut relevées chez les individus de Saint-Matthew. ....	123
<b>Figure 34.</b> Courbure et épaissement des os longs, et évasement des métaphyses chez l'enfant 11A2.5 atteint de rachitisme, en comparaison avec les os d'un enfant sain du même âge. ....	124
<b>Figure 35.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de périostite pour la population totale, puis selon les sexes chez les adultes de la population de Saint-Matthew. ....	125
<b>Figure 36.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de périostite selon les catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew. ....	126
<b>Figure 37.</b> Fréquences d'individus atteints par les lésions endocrâniennes pour chaque catégorie d'âge de la population de Saint-Matthew. ....	127
<b>Figure 38.</b> Fréquences d'individus atteints par les divers degrés d'hypoplasie de l'émail pour la population totale, puis selon les sexes des adultes de Saint-Matthew. ....	129
<b>Figure 39.</b> Nombre d'individus atteints d'hypoplasie de l'émail pour chaque catégorie d'âge d'apparition des stress entre 0 et 6,5 ans pour la population totale de Saint-Matthew (hommes et femmes plus 5 immatures), puis par sexe pour les adultes. ....	130
<b>Figure 40.</b> Fréquences d'individus par sexe pour chaque catégorie pathologique des adultes de la population de Saint-Matthew. ....	131

<b>Figure 41.</b> Fréquences d'individus par groupe d'âge pour chaque catégorie pathologique des adultes de la population de Saint-Matthew. ....	132
<b>Figure 42.</b> Ratios isotopiques du carbone en fonction des taux individuels de caries et des taux de dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i> dans la population de Saint-Matthew. ....	134
<b>Figure 43.</b> Ratios isotopiques de l'azote en fonction des taux individuels de caries et des taux de dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i> dans la population de Saint-Matthew. ....	134
<b>Figure 44.</b> Ratios isotopiques du carbone en fonction des degrés de sévérité de la <i>cribra orbitalia</i> dans la population de Saint-Matthew. ....	135
<b>Figure 45.</b> Ratios isotopiques d'azote en fonction des degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i> dans la population de Saint-Matthew. ....	138
<b>Figure 46.</b> Ratios isotopiques du carbone en fonction des degrés de sévérité d'hyperostose porotique dans la population de Saint-Matthew. ....	140
<b>Figure 47.</b> Ratios isotopiques d'azote en fonction des degrés de sévérité d'hyperostose porotique dans la population de Saint-Matthew. ....	141
<b>Figure 48.</b> Situation des individus potentiellement atteints de scorbut et de rachitisme parmi la variation des ratios isotopiques de la population de Saint-Matthew. ....	143
<b>Figure 49.</b> Ratios isotopiques du carbone par degrés de sévérité de la périostite dans la population de Saint-Matthew. ....	145
<b>Figure 50.</b> Ratios isotopiques d'azote par degrés de sévérité de la périostite dans la population de Saint-Matthew. ....	146
<b>Figure 51.</b> Ratios isotopiques du carbone et de l'azote selon le degré pathologique des individus adultes de la population de Saint-Matthew. ....	149

## LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau I.</b> Résumé des caractéristiques liées à l'observation, la quantification et la contribution des données paléopathologiques pour les sept indices de santé de la méthode de Steckel <i>et al.</i> , 2002.....	36
<b>Tableau II.</b> Aliments et boissons disponibles aux habitants de la ville de Québec entre 1760 et 1860.....	55
<b>Tableau III.</b> Méthodes d'estimation de l'âge des immatures et des adultes utilisées dans cette étude.....	69
<b>Tableau IV.</b> Méthodes d'estimation du sexe des adultes utilisées dans cette étude.....	71
<b>Tableau V.</b> Populations d'origine européenne et amérindiennes utilisées pour la comparaison des ratios isotopiques dans cette étude.....	80
<b>Tableau VI.</b> Populations nord-américaines de comparaison utilisées pour l'étude paléopathologique (indice de santé).....	85
<b>Tableau VII.</b> Récapitulatif des différences des marqueurs osseux et dentaires étudiés entre les études interpopulationnelle (indice de santé de Steckel <i>et al.</i> , 2002) et intrapopulationnelle.....	91
<b>Tableau VIII.</b> Correspondances entre la quantification des lésions pathologiques individuelles et celle de l'état de santé général des adultes de la population de Saint-Matthew.....	93
<b>Tableau IX.</b> Résultats des six analyses isotopiques pratiquées sur l'échantillon 8F1.7E...97	97
<b>Tableau X.</b> Moyennes, écarts-types et fourchettes de valeurs des ratios $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ des populations de comparaison utilisées dans cette étude (les enfants de deux ans et moins sont exclus).....	101
<b>Tableau XI.</b> Matrice regroupant les résultats (seuils de signification) des tests de t (cases blanches) et des tests de U de Mann-Whitney qui expriment les différences au niveau des ratios isotopiques du carbone puis de l'azote entre les populations à l'étude (Saint-Thomas non incluse).....	103
<b>Tableau XII.</b> Moyennes, écarts-types, fourchettes de valeurs et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ selon les sexes dans la population de Saint-Matthew.....	105
<b>Tableau XIII.</b> Moyennes, écarts-types, fourchettes de valeurs et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ selon les sexes dans la population de Saint-Matthew.....	105
<b>Tableau XIV.</b> Moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et d'azote par catégories d'âge dans la population de St-Matthew.....	107
<b>Tableau XV.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ en fonction des groupes de catégories d'âge : 2-7 ans et 11 ans et plus, 0-1,5 an et 18 ans et plus, puis 0-1,5 ans et 2 à 7 ans.....	108
<b>Tableau XVI.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ en fonction des groupes de catégories d'âge : 2-7 ans et 11 ans et plus, 0-1,5 an et 18 ans et plus, puis 0-1,5 an et 2 à 7 ans.....	110

<b>Tableau XVII.</b> Indices de santé globale et par catégorie pour quatre populations historiques nord-américaines, comparés à la population exhumée du cimetière de Saint-Matthew .....	111
<b>Tableau XVIII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques pour les taux individuels de dents cariées selon les sexes .....	115
<b>Tableau XIX.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques pour les taux individuels de dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i> selon les sexes .....	115
<b>Tableau XX.</b> Nombre de cas observés et attendus pour le test de chi-carré entre les groupes de taux individuels de dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i> et les catégories d'âge .....	117
<b>Tableau XXI.</b> Nombre de cas observés et attendus pour le test du chi-carré entre les degrés de sévérité de l'hyperostose porotique et les catégories d'âge.....	122
<b>Tableau XXII.</b> Nombre de cas observés et attendus pour le test du chi-carré entre les degrés de sévérité de la périostite et les catégories d'âge .....	126
<b>Tableau XXIII.</b> Nombre de cas observés et attendus pour le test du chi-carré entre la présence et l'absence des lésions endocrâniennes et les catégories d'âge.....	128
<b>Tableau XXIV.</b> Résultats des tests de corrélation de Pearson entre les ratios isotopiques et les taux individuels de pathologies dentaires.....	134
<b>Tableau XXV.</b> Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ par degrés de sévérité de la <i>cribra orbitalia</i> .....	136
<b>Tableau XXVI.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ par groupes de degrés de sévérité de la <i>cribra orbitalia</i> , pour la population entière .....	137
<b>Tableau XXVII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ par groupes de degrés de sévérité de la <i>cribra orbitalia</i> , pour les adultes seulement.....	137
<b>Tableau XXVIII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ par groupes de degrés de sévérité de la <i>cribra orbitalia</i> , pour la population entière .....	138
<b>Tableau XXIX.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ par groupes de degrés de sévérité de la <i>cribra orbitalia</i> , pour les adultes seulement.....	139
<b>Tableau XXX.</b> Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et de l'azote par degrés de sévérité d'hyperostose porotique .....	140
<b>Tableau XXXI.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour la population entière .....	141
<b>Tableau XXXII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour les adultes seulement.....	141

<b>Tableau XXXIII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour la population entière .....	142
<b>Tableau XXXIV.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour les adultes seulement.....	142
<b>Tableau XXXV.</b> Ratios isotopiques du carbone et de l'azote des individus potentiellement atteints de scorbut et de rachitisme dans la population de Saint-Matthew.....	143
<b>Tableau XXXVI.</b> Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et d'azote par degrés de sévérité de la périostite dans la population de Saint-Matthew .....	144
<b>Tableau XXXVII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour la population entière .....	145
<b>Tableau XXXVIII.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{13}\text{C}$ par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour les adultes seulement.....	145
<b>Tableau XXXIX.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour la population entière.....	147
<b>Tableau XL.</b> Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios $\delta^{15}\text{N}$ par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour les adultes seulement.....	147
<b>Tableau XLI.</b> Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et d'azote en fonction de la présence ou de l'absence des lésions endocrâniennes dans la population de Saint-Matthew, par catégorie d'âges.....	148
<b>Tableau XLII.</b> Résultats des tests de U de Mann-Whitney par catégories d'âges confrontant la présence et l'absence de lésions endocrâniennes avec les ratios isotopiques du carbone et de l'azote.....	148
<b>Tableau XLIII.</b> Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques du carbone et de l'azote en fonction des groupes pathologiques chez les adultes de la population de Saint-Matthew.....	149
<b>Tableau XLIV.</b> Matrice regroupant les résultats (seuils de signification) des tests de U de Mann-Whitney entre les différents groupes pathologiques des adultes de la population de Saint-Matthew.....	150



## REMERCIEMENTS

---

En guise de préambule à ce mémoire, je souhaiterais communiquer un grand merci à Madame Isabelle Ribot, ma directrice de recherche, pour son enseignement, ses conseils, sa disponibilité et son amitié. Ses encouragements et son appui constants pour ma participation à des colloques, congrès, articles, stages et fouilles archéologiques m'ont permis d'enrichir ma connaissance de la bioarchéologie et ainsi de réaliser ce projet de mémoire avec un point de vue plus ouvert sur la discipline. Son soutien financier, par l'intermédiaire de son fond de recherche, a contribué à ce mémoire en acquittant notamment les frais liés aux analyses paléochimiques.

Le Conseil de Recherches en Sciences Humaines du Canada (bourse de maîtrise numéro 766-2008-4015), ainsi que le Département d'Anthropologie de l'Université de Montréal (bourse d'accueil au programme de maîtrise) ont également fourni une contribution très appréciée au financement de ce projet.

Ce projet de mémoire a été au préalable présenté à Madame Mia Anderson, prêtre de l'église anglicane Saint-Michael à Sillery, et à Monsieur William Moss, archéologue à la ville de Québec, que je remercie d'avoir montré un intérêt enthousiaste envers cette recherche et m'avoir permis de travailler sur la collection de Saint-Matthew.

Je remercie également Messieurs Réginald Auger, Robert Larocque, James Woollett, Jacques Chabot, et Madame Alison Bain, ainsi que leurs étudiants, en particulier Monsieur Étienne Taschereau, pour leur bon accueil au laboratoire de zooarchéologie et bioarchéologie de l'Université Laval, où j'ai pu réaliser mes observations paléopathologiques sur les squelettes exhumés du cimetière Saint-Matthew.

La partie paléochimique de ce projet de recherche n'aurait pu être réalisée sans l'aide précieuse et les conseils de Monsieur Jean-François Hélie, chercheur et gestionnaire du laboratoire d'isotopes stables du Géotop de l'Université du Québec à Montréal, ainsi que de ses assistantes de laboratoire, Mesdames Agnieszka Adamowicz, Annie Lalonde et Julie Leduc.

Mesdames Judith Sealy (University of Cape Town), Anne Katzenberg (University of Calgary), et Caroline Polet (Laboratoire d'Anthropologie de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique) ont aussi contribué à ce projet par leurs conseils sur la méthode de préparation des échantillons pour les analyses isotopiques, de même que Messieurs Liam Kieser, Roelf Beukens et Madame Luba Vasserman en m'accueillant au laboratoire Isotrace de l'Université de Toronto.

Madame Tracy Betsinger (State University of New York, College at Oneonta) a également collaboré à cette recherche avec son aide et ses conseils dans l'application de la méthode de l'indice de santé sur la population de Saint-Matthew.

Je remercie Messieurs Patrice Courtaud et Henri Duday (CNRS) de m'avoir permis de participer à leur stage intitulé « Formation à l'étude des sépultures par l'approche anthropologique », à l'Université Bordeaux 3 (Talence, France).

Finalement, je voudrais adresser de sincères remerciements à ma famille et amis proches, Yves et Noëlle Morland, Ginette Grandpey, Bernard Barraud et Emmanuel Dubois, pour leur présence, ainsi que pour leurs encouragements, leur aide et leurs conseils inépuisables.

## INTRODUCTION

---

Le 17 septembre 1759, Jean-Baptiste-Nicolas Roch de Ramezay, lieutenant du Roi de France, remet Québec au général George Townshend, successeur de Wolfe. L'armée britannique s'installe dans une ville alors démolie par plusieurs semaines de bombardements intensifs. En avril 1760, elle subit le dernier assaut de l'armée de la Nouvelle-France menée par le chevalier Gaston-François de Lévis. Ce n'est qu'à l'automne de cette même année que les civils canadiens-français sont autorisés à regagner leurs propriétés dans la capitale. La ville se relève alors lentement de ces événements, et la reprise des activités économiques doit s'accommoder à une nouvelle métropole, la Grande-Bretagne (Mathieu et Garon, 1977 ; Hare *et al.*, 1987). Les Britanniques commencent à immigrer dans leur nouvelle colonie, apportant avec eux le protestantisme. Bien que déjà présente à l'époque de la Nouvelle-France (quelques centaines de protestants sont répertoriés entre la deuxième moitié du XVI<sup>ème</sup> siècle et la conquête, Bédard, 1978), cette religion s'affirme dès lors par la construction de lieux de culte, notamment de la nouvelle cathédrale anglicane entre 1799 et 1804, puis de l'église presbytérienne Saint-Andrews (1808-1810) et de la chapelle de la rue Sainte-Anne en 1816 (Hare *et al.*, 1987). C'est dans ce contexte historique mouvementé que le cimetière de la rue Saint-Jean, actuellement connu sous le nom de cimetière Saint-Matthew, a pris naissance et a constitué le premier lieu officiel de sépulture des protestants de Québec dès 1771. Après avoir subi plusieurs agrandissements, ainsi que la construction d'un premier lieu de culte en 1822, incendié en 1845 puis reconstruit les années suivantes, le cimetière a fermé ses portes en 1860 (Cloutier, 2000). Plusieurs campagnes de fouilles ont été menées entre 1982 et 2009 sur le site du cimetière Saint-Matthew, et ont permis la mise au jour d'environ 150 squelettes humains qui sont actuellement conservés dans les laboratoires d'archéologie de l'Université Laval (Cloutier, 2000 ; Simoneau, 2003).

Ces découvertes ont ainsi fourni l'occasion d'explorer plusieurs aspects bioarchéologiques de cette population urbaine préindustrielle, en lien avec son profil démographique (Arpin, 2006) et les activités professionnelles des individus (Perron, 2006). Le présent projet de recherche aborde un aspect de la bioarchéologie encore peu traité au Québec, soit l'étude paléonutritionnelle de ces restes humains. La paléonutrition, sous-

domaine de la bioarchéologie, s'intéresse de manière interdisciplinaire aux modes de subsistance des populations passées (Susanne et Polet, 2005 ; Katzenberg, 2008). Elle permet d'aborder ce grand thème de recherche à l'aide de diverses méthodes d'analyse des dents et des os humains, en relation avec le contexte socioéconomique propre à chaque population d'étude.

L'objectif de ce projet de mémoire est donc d'explorer la relation entre la nutrition et l'état de santé pour la population exhumée du cimetière Saint-Matthew. Nous tenterons de répondre à divers questionnements relatifs au régime alimentaire des protestants de Québec, à la fois à l'échelle interpopulationnelle et intrapopulationnelle, tels que : 1 - la détermination d'un portrait global du régime alimentaire de la population de Saint-Matthew ; 2 - la situation de cette population par rapport à une partie de la variation paléonutritionnelle nord-américaine contemporaine ; 3 - l'éventuelle variation du régime alimentaire en fonction des données paléodémographiques (âge et sexe des individus) ; 4 - la corrélation possible entre les variations de l'état de santé et la nutrition.

Nous utiliserons pour discuter ces thèmes de recherche une approche « multicritère », c'est-à-dire basée sur le regroupement d'informations issues de plusieurs méthodes bioarchéologiques, soit la paléochimie et la paléopathologie, en complément des données concernant le contexte socioéconomique de la population protestante de Québec. La paléochimie au sein de cette étude consistera en une analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote du collagène des os. Elle permettra l'obtention d'informations directes sur le régime alimentaire de chaque individu : les proportions relatives de plusieurs types de ressources alimentaires (C3, C4 et/ou marines et riches en protéines) ainsi que le changement de niveau trophique (sevrage). La paléopathologie, par l'étude des lésions dentaires et osseuses, nous informera sur les problèmes de l'état de santé des individus de la population de Saint-Matthew, notamment sur ceux qui sont potentiellement en lien avec la nutrition (pathologies dentaires, pathologies du métabolisme, infections, perturbations de la croissance). L'état de santé sera étudié au niveau interpopulationnel à l'aide de l'approche de l'« indice de santé globale » de Steckel *et al.* (2002), puis de manière plus détaillée au niveau intrapopulationnel, à l'aide de diverses méthodes de quantification des observations.

Ce mémoire s'articule en cinq chapitres. Le premier consiste en une mise en contexte théorique des approches de recherche utilisées dans cette étude. Nous établirons

d'abord une revue de la littérature traitant des études « multicritère » en paléonutrition, ainsi que de leurs limites qui sont liées à la bioarchéologie en général. Nous poursuivrons avec une synthèse théorique, d'abord sur l'analyse isotopique du carbone et de l'azote du collagène des os humains en relation avec la nutrition, puis sur la paléopathologie. Il est à noter que dans cette étude, nous présenterons le plus souvent en premier lieu les informations concernant les analyses isotopiques car elles constituent la base de la reconstitution du régime alimentaire des individus en fournissant des données directes sur ce dernier. Ensuite, les informations paléopathologiques permettront de compléter et de nuancer les propos précédents.

Le deuxième chapitre de ce mémoire présente le site du cimetière Saint-Matthew, et le replace dans le contexte socioéconomique des XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles de la ville de Québec. Il a également pour but de positionner la partie théorique présentée dans le chapitre précédent dans le cadre de cette étude, et présente de manière détaillée les objectifs de ce projet de recherche ainsi que les limites qui encadrent sa réalisation.

Le troisième chapitre est dédié à la présentation du profil paléodémographique de la population d'étude ainsi que de toutes les méthodes qui seront utilisées dans cette recherche. Les méthodologies concernant l'obtention des données paléodémographiques, la réalisation des analyses isotopiques et des observations paléopathologiques, de même que la manière dont les données seront traitées y sont abordées.

Le quatrième chapitre regroupe tous les résultats issus de l'analyse des données à partir des méthodes présentées dans le chapitre 3. Nous traiterons d'abord de la reconstruction directe du régime alimentaire à l'aide des données isotopiques, puis des informations paléopathologiques. La confrontation de toutes ces données sera possible dans la troisième partie de ce chapitre.

Le cinquième et dernier chapitre de ce mémoire regroupe toutes les interprétations, hypothèses et discussions liées aux résultats des analyses. Nous répondrons aux questions de recherche ainsi qu'à la problématique de cette étude, en tenant compte des limites de la bioarchéologie et des méthodes utilisées.



## **CHAPITRE 1**

# **LA PALÉOCHIMIE ET LA PALÉOPATHOLOGIE : DEUX ASPECTS COMPLÉMENTAIRES DE LA BIOARCHÉOLOGIE**





# I. LES ÉTUDES « MULTICRITÈRES » EN PALÉONUTRITION : POSSIBILITÉS ET LIMITES

---

## 1. UN DOMAINE DE RECHERCHE EN EXPANSION

---

La paléonutrition est le domaine de l'anthropologie qui s'intéresse aux modes de subsistance des populations passées. Elle s'inscrit dans une démarche interdisciplinaire en essayant d'intégrer au maximum les données historiques (sources écrites, iconographiques, archives), ethnographiques (analogies avec le présent, études nutritionnelles), archéologiques (vestiges d'armes de chasse, ustensiles de cuisine, outils agraires), archéozoologiques (restes animaux), archéobotaniques (restes végétaux) et bioanthropologiques (restes humains) (Gilbert et Mielke, 1985 ; Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Susanne et Polet, 2005).

L'étude de la nutrition en bioanthropologie donne lieu à de nombreuses recherches qui utilisent des méthodes très diverses dans le but de reconstituer et comprendre les comportements alimentaires des populations passées. Les données contextuelles (historiques, archéologiques) constituent la base de ces travaux en fournissant des informations sur le mode vie, l'environnement, les aliments disponibles pour la consommation, etc. Elles orientent le choix des méthodes qui permettront de répondre aux questions de recherche. Par exemple, la paléopathologie, par l'étude de l'état de santé, permet d'obtenir des informations sur les conditions de vie et les problèmes alimentaires des populations passées. La paléochimie, qui comprend les analyses isotopiques (carbone, azote, strontium, etc.), mais également les analyses d'éléments traces (strontium, baryum, etc., Polet et Orban, 2001 ; Burton, 2008), constitue un autre ensemble de méthodes de recherche en paléonutrition en nous renseignant sur les types d'aliments consommés par les humains. La quantification de la macro-usure dentaire (texture des aliments, Eshed *et al.*, 2006) et la paléodémographie par l'étude des courbes de mortalité (adéquation ou non du régime alimentaire ; Brown, 1981 ; Gilbert et Mielke, 1985 ; Milner *et al.*, 2000) constituent également des sources de connaissances paléonutritionnelles. L'observation des traces de micro-usure dentaire (Puech, 1983 ; Grine *et al.*, 2006) et de la morphologie de l'appareil masticateur (Kay, 1985 ; Ungar, 2004) est aussi fréquemment utilisée en

paléanthropologie pour l'identification de la nature des aliments consommés par les hominidés (végétale, animale ou régime mixte).

En bioarchéologie, la majorité des études sur les comportements alimentaires des populations passées privilégie une seule source d'information. Celle-ci est le plus souvent soit la paléopathologie (ex. Lovell, 1997 ; Malville, 1997 ; Zhou et Corruccini, 1998), soit la paléochimie (ex. Katzenberg et Pfeiffer, 1995 ; Fuller *et al.*, 2006 ; Bourbou et Richards, 2007). Ces travaux ont l'avantage de permettre une étude très approfondie de chaque résultat, et donnent une idée des comportements alimentaires globaux d'une population par la compilation de données obtenues par plusieurs auteurs. Cependant, une tendance à la multiplication des méthodes d'études paléonutritionnelles au sein d'une même recherche, l'approche multicritère, a commencé à se développer à la fin des années 1990 (ex. White et Armelagos, 1997 ; Saunders *et al.*, 1997), pour s'affirmer dans les années 2000 (ex. Papathanassiou, 2003 ; Keenleyside, 2008). On assiste alors le plus souvent à la confrontation de deux types de données, voire plus, auparavant considérés séparément. C'est le cas, par exemple, de deux études réalisées par Polet en 1996 et par Hutchinson et Norr en 2006 qui explorent la paléonutrition sur des populations archéologiques à l'aide de multiples indicateurs de stress du squelette (hypoplasie de l'émail, lignes de Harris, hyperostose porotique, caries et tartre dentaires), en parallèle avec des analyses d'éléments traces et d'isotopes stables. Le but de ces études est de répondre à des problématiques plus larges et d'établir un portrait global des comportements alimentaires des individus à l'aide, non pas d'un seul, mais de plusieurs aspects de celui-ci. Il est alors possible, comme pour la majorité des études bioarchéologiques, de confronter ces résultats entre plusieurs populations, de manière spatio-temporelle (Polet, 1996 ; Hutchinson et Norr, 2006).

Toujours dans cette tendance interdisciplinaire, d'autres études récentes confrontent un aspect particulier de la paléopathologie avec les données paléochimiques. L'intérêt est surtout porté sur les pathologies dentaires en relation avec les analyses isotopiques, comme dans les travaux de Saunders *et al.* (1997), Prowse *et al.* (2008) et Keenleyside (2008). Certains auteurs se sont cependant penchés sur d'autres indicateurs osseux en parallèle avec les résultats paléochimiques, comme l'anémie (Papathanassiou, 2003) ou la densité et la robustesse des os (White et Armelagos, 1997 ; Suby et Guichón, 2009). Enfin, d'autres travaux ont été réalisés avec des méthodes autres que la paléochimie : Pechenkina *et al.*

(2002) et Eshed *et al.* (2006), par exemple, explorent la nutrition par le cumul de données sur la macro-usure dentaire et la paléopathologie de populations néolithiques, respectivement de Chine et du Levant. Le cumul de ces différents types de données permet un approfondissement conséquent de certains aspects de l'alimentation des populations passées.

Ces études paléonutritionnelles se sont développées grâce à de nouvelles méthodologies de recherche (paléopathologie, paléochimie). Par exemple, les études paléopathologiques qui s'efforcent de comprendre l'étiologie des lésions osseuses et dentaires et leurs manifestations sur le squelette (ex. Lieverse, 1999 ; Roberts et Manchester, 2005 ; Walker *et al.*, 2009), ainsi que celles qui étudient leur prévalence au sein des populations anciennes (ex. Ribot et Roberts, 1996 ; Larocque, 2000 ; Sullivan, 2005) nous permettent de mieux faire le lien entre état de santé et nutrition. De même, l'évolution des techniques paléochimiques et de la compréhension des comportements des éléments chimiques dans l'environnement et les chaînes alimentaires (ex. Tieszen, 1991 ; van der Merwe et Medina, 1991 ; Ambrose, 1991, 1993 ; Ambrose et Norr, 1993 ; Harrison et Katzenberg, 2003), puis leurs applications sur des populations très diverses (ex. Cox *et al.*, 2001 ; Drucker et Bocherens, 2004 ; Fuller *et al.*, 2006) fournissent une base de données précieuse aux nouvelles études paléochimiques.

Des études cliniques réalisées en médecine, nutrition et anthropologie alimentaire confrontent directement les données nutritionnelles aux problèmes de santé chez les populations vivantes (ex. Koppert *et al.*, 1996 ; Froment, 2000 ; Weinstein *et al.*, 2001 ; Dounias et Froment, 2006 ; Semproli et Gualdi-Russo, 2007). Elles établissent les bases pour des recherches similaires en bioarchéologie. L'étude de la nutrition des populations passées en relation avec l'état de santé à partir des restes humains est plus difficile car elle comporte davantage de variables et d'inconnus. Ces derniers, que nous présenterons en détail plus loin dans ce chapitre, sont liés à la notion même de « population », aux problèmes de représentativité de la population vivante à partir des squelettes et à la quantité restreinte d'informations sur la santé et l'alimentation qu'il est possible d'obtenir à partir des restes humains.

Toutes les études paléonutritionnelles en bioarchéologie sont sujettes à plusieurs problèmes qui caractérisent les assemblages de restes humains. Ces limites à la recherche s'articulent autour d'une question fondamentale : à quel point les populations archéologiques sont-elles représentatives des populations vivantes desquelles elles proviennent ? (Pinhasi et Bourbou, 2008 ; Stodder, 2008). La situation idéale serait d'avoir à disposition les squelettes de tous les individus décédés d'une population pendant la période de temps à l'étude. Malheureusement, ce n'est jamais le cas en raison de facteurs culturels, de conservation différentielle des restes dans le sol, des méthodes de collecte archéologique, voire même de conservation après la fouille.

Si l'on se limite aux sociétés historiques européennes et nord-américaines, les pratiques culturelles des populations par rapport à l'inhumation peuvent impliquer des lieux de sépulture différents. Par exemple, dans les cimetières chrétiens, les jeunes enfants sont souvent enterrés dans un lieu qui leur est réservé (Pinhasi et Bourbou, 2008), ce qui peut entraîner la sous-estimation de leur nombre si l'on ne fouille pas cette partie du cimetière, ou inversement, sa surestimation si l'on fouille surtout cet endroit. D'autres lieux d'inhumation peuvent regrouper une certaine part de la population ayant des caractéristiques communes entre les individus qui ne représentent donc pas la population totale. C'est le cas, par exemple, des cimetières associés à des établissements de santé (ex. léproseries, Bennike *et al.*, 2005) ou à des maisons de bienfaisance (ex. Higgins *et al.*, 2002), ou encore des fosses associées à des crises de mortalité telles que des épidémies (ex. Castex, 2008). De plus, la mobilité des individus entre les groupes humains diminue le caractère homogène des populations en évinçant certaines personnes des assemblages lorsqu'ils sont décédés ailleurs, ou en ajoutant des individus de passage.

La conservation des os lors de l'enfouissement dans le sol est très variable. Elle dépend de l'environnement avoisinant des restes humains, c'est-à-dire de sa composition chimique, de la température, de l'humidité, des microorganismes, animaux et espèces végétales présents qui peuvent dégrader les squelettes humains de manière mécanique et chimique (Stodder, 2008). La conservation se fait également de manière variable entre les

différentes parties anatomiques du squelette. En effet, l'os spongieux se détruit beaucoup plus facilement que l'os cortical, en raison de sa densité moindre et de sa plus grande surface de contact avec le sédiment qui facilitent les échanges de composés chimiques (Grupe, 1988). Ainsi, certaines parties du squelette sont mieux conservées que d'autres, comme les dents, les os longs et le crâne, par opposition, par exemple, au maxillaire, au sternum et à la patella (Bello *et al.*, 2002a, 2002b). Par extension, la conservation des restes humains varie selon l'âge des individus : les enfants de moins de quatre ans sont parmi les moins bien préservés dans le sol en raison d'une densité osseuse inférieure à celle des adultes. Pour la même raison, cette différence s'applique également entre les sexes : les squelettes des femmes se conservent moins bien que ceux des hommes (Bello *et al.*, 2006).

Les facteurs responsables de la dégradation des os dans le sol influent également sur l'os pathologique. En effet, ils peuvent d'une part en accélérer la destruction lorsque la pathologie est liée à une dégradation de la matrice osseuse (ex. ostéoporose, rachitisme). D'autre part, ils peuvent créer sur l'os un semblant de pathologie (ou pseudopathologie) par des processus chimiques ou mécaniques qui peuvent entraîner, par exemple, une érosion, une déformation ou une fracture sur l'os (Pinhasi et Bourbou, 2008).

La sous-représentation des groupes de la population les plus fragiles au niveau ostéologique, notamment les très jeunes enfants entre 0 et 1 an, n'est pas influencée uniquement par les processus de dégradation dans le sol. Les conditions et les méthodes de la fouille (plus ou moins fine, temps imparti), ainsi que l'expérience des fouilleurs pour le repérage des petits os dans le sol influent grandement sur leur représentativité dans les assemblages (Stodder, 2008).

La fouille incomplète d'un site d'inhumation affecte également la représentativité des assemblages osseux par rapport à la population décédée. La comparaison des profils de mortalité issus des études bioarchéologiques (basées sur les squelettes) aux profils démographiques (basés sur les registres paroissiaux) peut permettre d'identifier les groupes d'individus potentiellement sous- ou surreprésentés (Saunders *et al.*, 1995). Par exemple, le travail de Caroline Arpin (2006) sur le cimetière de Saint-Matthew à Québec met en évidence la sous-représentation des bébés de 0 à 1 an. À l'inverse, l'étude de Saunders *et al.* (1995) sur le cimetière Saint-Thomas à Belleville (Ontario) souligne la surreprésentation

ostéologique de cette catégorie d'âge en raison d'une notation inconstante de leur décès dans les registres (ex. naissances extraconjugales, enfants non baptisés, etc.).

Ceci nous amène à aborder les quelques problèmes associés aux méthodes paléodémographiques appliquées aux assemblages de restes humains. L'âge et le sexe sont estimés à partir de méthodes basées sur des populations de référence différentes des populations d'études et qui peuvent leur être relativement éloignées sur les plans génétique et environnemental (Pinhasi et Bourbou, 2008). Ainsi, les critères que prônent ces méthodes constituent une source d'erreur variable dépendamment de la population sur laquelle elles sont appliquées. De plus, ces méthodes sont parfois limitées fortement par la variation intrapopulationnelle, par exemple celles mettant en jeu l'utilisation des processus dégénératifs du squelette pour déterminer l'âge des adultes (Bass, 2005 ; White et Folkens, 2005). Les problèmes inhérents aux méthodes d'estimation de l'âge et de détermination du sexe au niveau ostéologique seront abordés plus en détail dans la partie I du chapitre 3 de ce mémoire.

Une autre source d'incertitude méthodologique soulevée par Wood *et al.* (1992) sous le nom de « paradoxe ostéologique », s'applique surtout aux études paléopathologiques. Selon ces auteurs, une population en bonne santé ayant subi peu de stress et une population fortement agressée (stress aigus) peuvent présenter le même profil ostéologique, caractérisé par une absence de lésions paléopathologiques. En effet, pour la première, l'absence de lésion correspond bien à son état de santé, mais pour la seconde, elle signifie que les individus sont décédés avant même que les stress aient eu le temps d'affecter leur squelette. Par conséquent, une population avec des traces importantes de lésions sur les squelettes des individus pourrait avoir été très résistante aux stress et en meilleure santé par rapport à une population sans trace de pathologie, car cette dernière n'aurait pas résisté au stress et serait décédée rapidement.

## II. L'ANALYSE ISOTOPIQUE DES OS HUMAINS : DES INFORMATIONS PALÉONUTRITIONNELLES DIRECTES SUR LES POPULATIONS PASSÉES

---

### 1. BASE THÉORIQUE

---

La découverte des isotopes stables par Thomson en 1913 a constitué la prémisse à de nombreuses études en physique nucléaire et en chimie. Les progrès réalisés sur les appareils de mesure ont mené à l'identification de la majorité des isotopes stables dans les années 1930. Vingt ans plus tard, des biologistes, botanistes et géochimistes commencent à s'intéresser à ces découvertes et produisent de multiples travaux sur l'abondance relative et les variations des isotopes chez les végétaux (Katzenberg, 2008). C'est en 1977 qu'a été publiée la première étude bioarchéologique utilisant des analyses isotopiques du carbone sur des os humains dans le but de caractériser leur régime alimentaire (Vogel et van der Merwe, 1977). Depuis, les travaux sur ce thème se sont multipliés, mettant en jeu des analyses de plusieurs isotopes stables (carbone, azote, oxygène, strontium, soufre, etc.) sur divers tissus humains (os, dents, cheveux, ongles, etc.). Des problématiques très diverses de la bioarchéologie ont ainsi pu être abordées, à la fois concernant les populations et les individus, notamment les proportions et les variations spatio-temporelles du régime alimentaire, l'origine géographique et les migrations (Katzenberg, 2008).

Les isotopes d'un élément chimique sont des atomes de même numéro atomique (même nombre de protons), mais qui se caractérisent par une masse atomique différente (le nombre de neutrons du noyau diffère). Il existe donc, pour un même élément chimique, des isotopes lourds, c'est-à-dire des éléments qui ont plus de neutrons que l'isotope abondant, et des isotopes légers, qui ont moins de neutrons que l'isotope abondant. Les isotopes lourds et légers n'ont pas les mêmes propriétés physiques et chimiques : un isotope lourd réagit plus lentement qu'un isotope léger du même élément, et leurs températures de changement de phase (liquéfaction, gel, condensation) sont différentes. Les isotopes stables, contrairement aux isotopes radioactifs (ex. carbone 14), ne changent pas en abondance au cours du temps (Ambrose, 1993 ; Larsen, 1997 ; Katzenberg, 2008).

La distribution des isotopes stables est constante sur la Terre. Le carbone compte deux isotopes stables, le  $^{12}\text{C}$  et le  $^{13}\text{C}$ , d'abondance respective de 98,9% et de 1,1%. Il en est de même pour l'azote, avec les isotopes  $^{14}\text{N}$  et  $^{15}\text{N}$ , d'abondance respective de 99,6% et 0,4% (Katzenberg, 2008). Étant donné les différences de comportement liées à la masse des isotopes lourds et légers, il se produit le phénomène de fractionnement isotopique dans toute réaction chimique ou changement de phase des atomes d'un même élément. Ce phénomène consiste en une discrimination isotopique, généralement en faveur de l'isotope léger qui réagit plus vite ( $^{12}\text{C}$  et  $^{14}\text{N}$ ). Il est mesurable dans la différence de ratio isotopique des deux substances mises en jeu, soit le produit de la réaction chimique et son substrat. Par exemple, le ratio  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  de l'atmosphère est supérieur à celui de la cellulose qui est produite à partir de la photosynthèse des plantes vertes. Il y a fractionnement isotopique en faveur de l'isotope léger entre le  $\text{CO}_2$  atmosphérique (substrat) et celui de la cellulose (produit) (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ambrose, 1993 ; Polet et Orban, 2001).

Le phénomène de fractionnement isotopique se reproduit de cette manière à toutes les étapes de la chaîne alimentaire, soit entre les végétaux et les consommateurs primaires, puis entre ces derniers et les consommateurs secondaires. Les tissus humains et animaux, principalement composés de carbone, hydrogène, azote, soufre, oxygène et phosphore, ont pour concentration de chacun de ces isotopes stables celle des aliments qu'ils ingèrent, additionnée du facteur de fractionnement qui prend place entre les aliments et le consommateur. L'amplitude du fractionnement isotopique étant très faible, elle est mesurée en fractions de pourcentage. Ainsi, pour le carbone, la valeur du facteur de fractionnement entre les niveaux trophiques est de l'ordre de 5‰ entre les végétaux et les consommateurs primaires et de 1‰ entre tous les autres niveaux de la chaîne alimentaire. Pour l'azote, il est d'environ 3‰ entre tous les niveaux de la chaîne alimentaire (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Larsen, 1997 ; Polet et Orban, 2001 ; Katzenberg, 2008).

Afin de quantifier la concentration de chaque isotope dans les tissus humains et animaux, on utilise des ratios isotopiques que l'on note  $\delta^{13}\text{C}$  pour le carbone et  $\delta^{15}\text{N}$  pour l'azote et qui sont également quantifiés en millièmes. Les ratios sont issus du calcul suivant, faisant intervenir le ratio de l'isotope rare (isotope lourd) sur l'isotope abondant (isotope léger) par rapport au ratio isotopique d'un étalon standard international :



$$\delta^{13}\text{C} = \left[ \frac{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{échantillon}}}{{}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{PDB}}} - 1 \right] 1000 \quad \text{et} \quad \delta^{15}\text{N} = \left[ \frac{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{échantillon}}}{{}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}_{\text{AIR}}} - 1 \right] 1000$$

L'utilisation de ratios isotopiques standards permet la comparaison des valeurs des ratios isotopiques entre les laboratoires et les auteurs. Pour le carbone, cet étalon est le « PDB » (« *Pee Dee Bellemnite* »), un carbonate marin provenant de la formation de Pee Dee en Caroline du Sud aux États-Unis. Pour l'azote, il s'agit du « AIR » (« *Ambient Inhalable Reservoir* »), soit le ratio isotopique d'azote de l'air ambiant (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ambrose, 1993). Chaque laboratoire possède ses propres étalons internes dont le ratio isotopique par rapport aux standards internationaux est connu. Ces derniers n'étant disponibles qu'en très petites quantités (sauf AIR), ils ne sont distribués aux laboratoires que périodiquement pour permettre la calibration des étalons internes (Jean-François Hélié, comm. pers., 2009).

L'analyse des échantillons se fait à l'aide d'un spectromètre de masse (Ambrose, 1993 ; Katzenberg, 2008). L'échantillon est d'abord chauffé sous vide entre 850 et 875°C dans un petit contenant en étain, ce qui permet de le transformer complètement en plusieurs gaz : N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O. Ces derniers sont entraînés par de l'hélium et passent dans une colonne de chromatographie qui les sépare. L'eau ne pouvant passer dans le spectromètre de masse, elle est récupérée par une « pompe à eau », soit un contenant généralement en zinc qui convertit les molécules de H<sub>2</sub>O en gaz H<sub>2</sub> et O<sub>2</sub>. Une fois individualisés, les gaz issus de l'échantillon arrivent dans le spectromètre de masse l'un après l'autre, et en alternance avec le standard interne au laboratoire, lui aussi sous forme de gaz. Ils sont alors bombardés par une source d'ions qui accélèrent les particules et les regroupent en un faisceau que l'on dirige vers des récepteurs (cages de Faraday). Un champ magnétique permet alors de séparer les molécules dépendamment de leur masse, les plus légères étant plus déviées que les plus lourdes. Les différentes intensités des faisceaux de gaz sont mesurées selon leur masse dans des collecteurs et permettent ainsi à la machine de comparer le ratio isotopique de l'échantillon à celui du standard interne au laboratoire.

Afin de répondre aux besoins de la bioarchéologie, il est nécessaire d'être en mesure d'appliquer des analyses isotopiques sur des tissus humains et animaux qui se conservent

sur de longues périodes de temps en contexte archéologique. Les os et les dents constituent ainsi des matériaux tout indiqués pour de telles analyses en raison de leur composition structurale : ils sont caractérisés par une phase minérale (hydroxyapatite) et une phase organique (collagène) qui sont fortement liées et peuvent ainsi rester intègres pendant des milliers d'années. Des analyses isotopiques sont également possibles sur des cheveux et des ongles, dans des cas de conservation exceptionnelle (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ezzo, 1994 ; Katzenberg, 2008). Seules les analyses pratiquées sur le collagène des os humains seront abordées dans ce mémoire.

Le collagène des os a un taux de renouvellement plus lent que la majorité des autres tissus de l'organisme. Malgré un manque de recherche à ce sujet, il semble que le collagène soit complètement renouvelé chez les adultes environ tous les dix ans (Chisholm, 1989 ; Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ambrose, 1993 ; Sealy, 2006). Cependant, le taux de renouvellement des tissus humains et animaux étant lié au métabolisme, celui des enfants est beaucoup plus rapide que celui des adultes. En effet, il a été estimé entre 12,2 et 14,4 fois plus rapide chez les enfants de 2 à 15 ans par rapport aux individus matures (Beardsworth *et al.*, 1990) et entre 5 et 15% des tissus sont renouvelés chaque année durant l'adolescence (10 à 15 ans, Hedges *et al.*, 2007). De plus, il diminue avec l'âge : il est donc plus lent chez les adultes, et surtout chez les personnes âgées (Sealy, 2006). Enfin, il varie selon les différentes parties anatomiques : le taux de renouvellement du collagène de l'os trabéculaire est quatre fois plus rapide que celui de l'os cortical (Chisholm, 1989 ; Ambrose, 1993 ; Cox *et al.*, 2001), et celui des os du squelette appendiculaire est généralement plus lent que celui des os du squelette axial (Williams *et al.*, 2005). Les ratios isotopiques de carbone et d'azote du collagène des os issus de l'analyse représentent ainsi l'ensemble des ratios isotopiques des aliments consommés selon leurs proportions, et ce, sur une période variable et difficile à évaluer, précédant le décès de l'individu (Sealy, 2006).

Malgré ces variations, l'utilisation de l'analyse isotopique en bioarchéologie permet d'obtenir des informations fiables sur le régime alimentaire des individus dans la période précédant leur décès (Ambrose, 1993 ; Katzenberg, 2008). Il est possible de pallier aux différences de taux de renouvellement des parties anatomiques en choisissant dans la

mesure du possible les mêmes os pour tous les individus (Cox *et al.*, 2001 ; Katzenberg, comm. pers., 2009).

---

## 2. VARIATIONS DES RATIOS ISOTOPIQUES EN FONCTION DE L'ALIMENTATION ET DE L'ENVIRONNEMENT

---

Le CO<sub>2</sub> atmosphérique est la source majeure de carbone des végétaux, et le ratio  $\delta^{13}\text{C}$  d'une plante est déterminé par son mode de photosynthèse. Tous les animaux terrestres obtiennent ultimement leur carbone des plantes, et en héritent par conséquent les ratios isotopiques, en ajoutant le facteur de fractionnement correspondant. Il existe trois modes de photosynthèse au sein des plantes vertes terrestres : C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> et CAM (« *Crassulacean Acid Metabolism* »). Les deux premiers types sont nommés d'après le nombre de carbones fixés sur les molécules de sucre qui sont créées immédiatement au début du processus de photosynthèse : elles contiennent trois atomes de carbone pour les plantes en C<sub>3</sub>, et quatre pour les plantes en C<sub>4</sub>. Les plantes CAM utilisent à la fois les cycles de photosynthèse C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>, dans des proportions qui dépendent des conditions environnementales. Des enzymes différentes catalysent chacun de ces trois modes de photosynthèse, et leurs ratios isotopiques  $\delta^{13}\text{C}$  sont différents (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ambrose, 1993 ; Larsen, 2004).

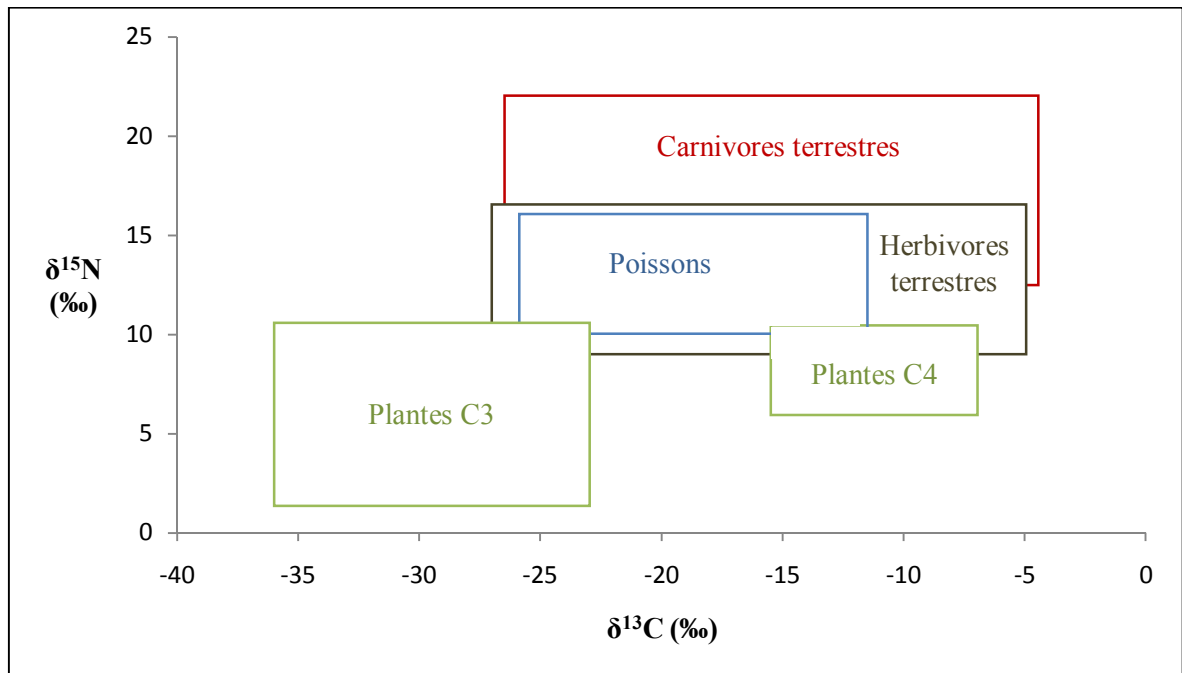
La majorité des plantes cultivées dans les milieux tempérés sont en C<sub>3</sub> : c'est le cas du blé, du riz, des herbes de forêt, de montagne et de plaines, des racines et des tubercules, des légumineuses, des légumes, des noix, du miel et de la majorité des fruits. Les forêts des zones tempérées et tropicales, comme les arbres en général, sont également en C<sub>3</sub>. Les plantes en C<sub>4</sub> qui ont une valeur nutritionnelle importante pour les groupes humains proviennent essentiellement des milieux tropicaux, et sont le sorgho, le millet, le maïs, la canne à sucre, certaines amarantes et les herbes de milieux tropicaux. Les plantes à photosynthèse CAM sont plus rarement consommées par les humains, et sont majoritairement représentées par les cactus, les euphorbes, les agaves et les broméliacées, dont l'ananas (Ambrose, 1993 ; Polet et Orban, 2001).

Concernant les ratios isotopiques du carbone, les plantes en C<sub>3</sub> pratiquent une plus forte discrimination des molécules de CO<sub>2</sub> contenant l'isotope lourd <sup>13</sup>C que les plantes en

C4. Il en résulte un ratio isotopique plus faible chez les plantes en C3 d'environ 14‰ par rapport aux plantes en C4. Les ratios moyens  $\delta^{13}\text{C}$  des plantes en C3 et C4 sont ainsi, respectivement, de -26,5‰ et -12,5‰, et les fourchettes de valeurs que peuvent prendre ces ratios ne se superposent pas (figure 1 ; Ambrose, 1993 ; Larsen, 1997 ; Polet et Orban, 2001). Étant donné les différences de ratio isotopique entre les plantes C3 et C4, et que ces ratios entrent dans l'alimentation humaine directement par la consommation de végétaux ou indirectement en se nourrissant d'animaux qui consomment ces plantes, il est possible de constater la présence de ces deux types d'aliments à partir de l'analyse isotopique d'un tissu préservé comme le collagène des os (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Larsen, 1997).

Dans un milieu marin, les organismes ont plusieurs sources de carbone disponibles : les carbonates dissous dans l'eau (la majorité), le carbone contenu dans les déchets terrestres apportés dans l'océan par les rivières, le  $\text{CO}_2$  atmosphérique et les acides carboniques dissous. Ce carbone entre dans les chaînes alimentaires marines par l'intermédiaire de l'activité photosynthétique du plancton (généralement intermédiaire entre C3 et C4) ou des plantes marines (C3). Ainsi, les espèces animales marines qui ont le plancton pour base de leur chaîne alimentaire ont généralement un ratio  $\delta^{13}\text{C}$  intermédiaire entre les ratios des deux extrêmes C3 et C4, et celles qui consomment des plantes à proximité du littoral ont un ratio proche des valeurs isotopiques de C3. Par conséquent, pour les groupes humains, la présence de certains poissons de haute mer dans le régime alimentaire peut contribuer, comme les ressources en C4, à faire augmenter les ratios isotopiques de carbone des individus (Schoeninger et DeNiro, 1984 ; Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ambrose, 1993 ; Polet et Orban, 2001).

Les chaînes trophiques des milieux d'eau douce ont été beaucoup moins étudiées que celles des milieux marins et terrestres. Les plantes aquatiques des lacs et rivières prennent leur carbone du  $\text{CO}_2$  atmosphérique dissous, des produits de la décomposition des végétaux terrestres et des carbonates dissous issus de la décomposition des roches calcaires du fond des lacs et des rivières. Les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  des plantes et des animaux d'eau douce varient dépendamment de ces sources de carbone. En général, elles se situent autour de -25‰ (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ambrose, 1993 ; France, 1995 ; Polet et Orban, 2001).



**Figure 1.** Fourchettes de valeurs des ratios isotopiques de carbone et d'azote de divers types de ressources alimentaires accessibles aux groupes humains. Schéma adapté à partir de Ambrose (1993) et Schoeninger et DeNiro (1984).

Comme pour le carbone, la majorité de l'azote qui entre dans les chaînes alimentaires est sous la forme de  $N_2$  dissous dans l'atmosphère ou dans les océans. La valeur du ratio  $\delta^{15}N$  de l'atmosphère est constante partout dans le monde. En milieu terrestre et marin, ce gaz est intégré dans des molécules azotées (nitrates et ammoniac), respectivement dans le sol par le travail de bactéries où il peut alors être absorbé par les plantes terrestres, et dans l'eau par celui des algues et du plancton que consomment les organismes marins (Larsen, 1997 ; Polet et Orban, 2001). Le ratio  $\delta^{15}N$  des plantes terrestres est d'environ 4‰ inférieur à celui des plantes marines, et cette différence se répercute à chaque niveau de la chaîne alimentaire par l'ajout du facteur de fractionnement (3‰) (figure 1 ; Schoeninger et DeNiro, 1984 ; Larsen, 1997). Ainsi, dans les tissus humains, un ratio isotopique d'azote relativement élevé (à partir de 11,7‰) peut indiquer une forte consommation de ressources riches en protéines, soit des ressources terrestres de niveau trophique élevé (produits issus des animaux : viande, produits laitiers) et/ou des ressources marines (poissons notamment) (Schoeninger et DeNiro, 1984 ; Schwarcz *et al.*, 1985). Les valeurs de  $\delta^{15}N$  peuvent être même supérieures à 18‰ pour des groupes qui se nourrissent exclusivement de ce type de ressources, comme les Inuits d'Alaska (Schoeninger *et al.*, 1983). De plus, il est possible d'identifier des différences de régime

alimentaire chez les jeunes enfants : avant la naissance, leurs ratios isotopiques d'azote sont identiques à ceux de leur mère, et dès qu'ils commencent à consommer le lait maternel, ils augmentent d'environ 3‰. Par la suite, les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  de ces enfants diminuent avec le processus de sevrage pour rejoindre celui de la population. La vitesse de ce changement dépend du taux de remodelage osseux qui est très rapide chez les jeunes. (Larsen, 1997 ; Schurr, 1998 ; Polet et Orban, 2001 ; Katzenberg, 2008). Contrairement aux tissus mous de l'organisme qui, lorsqu'ils s'accumulent rapidement pendant la croissance des jeunes enfants, ont tendance à voir diminuer leurs ratios  $\delta^{15}\text{N}$ , le ratio isotopique d'azote du collagène des os reste constant. Ainsi, les éventuels changements observés dans les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  lors de l'enfance sont d'ordre nutritionnel (Waters-Rist et Katzenberg, 2009). La différence de ratios isotopiques entre les jeunes enfants allaités et leur mère peut également s'observer à travers les isotopes stables du carbone. Cependant, cette différence n'est que de 1‰ et, dans la majorité des cas, elle reste statistiquement non significative par rapport au reste de la population (Larsen, 1997 ; Katzenberg et Pfeiffer, 1995).

Certains facteurs environnementaux sont susceptibles de faire varier les ratios isotopiques du carbone et de l'azote du collagène des os des animaux et des humains en agissant surtout sur les valeurs  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  des plantes à la base de la chaîne alimentaire. La quantité de précipitations et les températures influent sur la fixation de l'azote par les plantes : celle-ci est inhibée dans les environnements chauds et arides en raison d'une baisse importante de la quantité d'azote atmosphérique qui entre dans le sol. Ceci a pour effet d'augmenter les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  dans les chaînes alimentaires (Ambrose, 1991 ; Schwarcz et Schoeninger, 1991). La valeur des ratios isotopiques de carbone des plantes peuvent varier en fonction de la quantité de lumière disponible : une lumière d'intensité trop faible ou de durée insuffisante (hautes latitudes) entraîne une diminution du ratio isotopique  $\delta^{13}\text{C}$  chez les végétaux (Tieszen, 1991 ; Ambrose, 1993). Ce phénomène apparaît notamment dans les forêts denses où les végétaux au niveau du sol poussent dans un environnement très ombragé, et montrent des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  plus faibles que les plantes plus en hauteur (« *canopy effect* », Van der Merwe et Medina, 1991). Cependant, ces variations ne s'appliquent pas aux populations du Québec en raison de la relativement faible densité des forêts ainsi que du peu de ressources alimentaires qui en proviennent pour les populations euroquébécoises.

La déshydratation à long terme peut également affecter les ratios isotopiques d'azote des humains et animaux. Dans ce cas, la valeur de  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène des os a tendance à augmenter, pouvant entraîner des interprétations nutritionnelles erronées (Ambrose et DeNiro, 1986 ; Ambrose, 1991, 1993 ; Katzenberg, 2008). Toutefois, pour les environnements riches en eau tels que le Québec (lacs, rivières, humidité de l'air importante), la déshydratation chronique n'affecte probablement pas les ratios isotopiques de l'azote.

Dans des conditions de malnutrition, notamment lors d'un apport faible en protéines, il se peut que les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène humain ne reflètent pas uniquement la part de protéines du régime alimentaire, mais également le recyclage des composés des protéines déjà présentes dans l'organisme. Ces composés recyclés, déjà enrichis en  $^{15}\text{N}$  (isotope lourd), le sont alors encore plus puisque la partie d'entre eux qui est excrétée par l'organisme est plus riche en  $^{14}\text{N}$  (isotope léger) en raison du phénomène de fractionnement isotopique. Les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  de ces individus peuvent donc être plus élevés sans traduire une consommation plus importante d'aliments riches en protéines (Katzenberg, 2008). Il n'est pas exclu que ce phénomène se produise parmi les individus de Saint-Matthew, mais il est possible de suggérer que celui-ci est restreint étant donné que cette population est constituée des individus les plus aisés de la capitale (voir chapitre 2).

L'utilisation conjointe ou séparée des isotopes stables du carbone et de l'azote en bioarchéologie a permis d'aborder plusieurs problématiques paléonutritionnelles en Amérique du Nord, telles que l'agriculture du maïs chez les populations amérindiennes qui a constitué la première utilisation paléonutritionnelle des isotopes stables sur le continent américain (Vogel et van der Merwe, 1977 ; Bender *et al.*, 1981 ; Buikstra et Milner, 1991 ; Larsen *et al.*, 1992 ; Schurr et Schoeninger, 1995 ; Harrison et Katzenberg, 2003, etc.). Par la suite, de nombreux auteurs se sont intéressés à la proportion des ressources marines et terrestres du régime alimentaire (Chisholm *et al.*, 1982, 1983 ; Lovell *et al.*, 1986 ; Walker et DeNiro, 1986), à la présence de ressources d'eau douce dans l'alimentation des groupes humains (Katzenberg, 1989, 2008 ; Zohary *et al.*, 1994 ; France, 1995) et à l'étude du processus de sevrage (Katzenberg, 1993 ; Tuross et Fogel, 1994 ; Katzenberg et Pfeiffer, 1995 ; Schurr, 1997 ; Schurr et Powell, 2005). Ce domaine relativement récent de la bioarchéologie permet ainsi de confirmer, d'infirmer ou de compléter les connaissances

archéologiques et contextuelles préexistantes, en particulier sur la nature précise des aliments consommés, et l'évolution des comportements alimentaires, avant et après l'arrivée des Européens.



### III. LES TRACES DE L'ÉTAT DE SANTÉ SUR LE SQUELETTE : DES INFORMATIONS PALÉONUTRITIONNELLES INDIRECTES SUR LES POPULATIONS PASSÉES

---

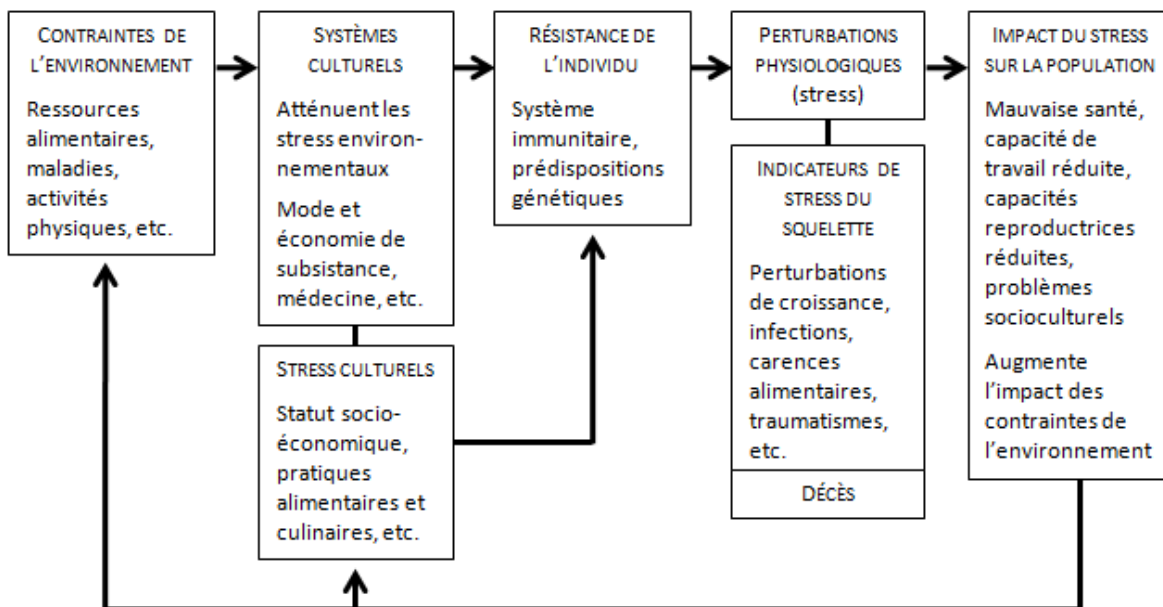
#### 1. STRESS, PATHOLOGIE ET NUTRITION

---

La paléopathologie constitue un vaste champ d'étude de la bioarchéologie, et peut être définie comme la science qui étudie les maladies des populations anciennes, révélées par l'étude des restes humains et animaux. Comme la paléonutrition, son caractère interdisciplinaire, caractérisé par l'utilisation d'autres sources (archives, iconographie, archéologie, ethnologie) permet d'obtenir un maximum d'informations sur l'état de santé des populations passées (Larsen, 1997 ; Roberts et Manchester, 2005). De plus, les connaissances qu'elle fournit permettent d'aborder des problématiques plus larges, qui peuvent être traitées à la fois dans le temps et dans l'espace, telles que l'organisation et le contexte socioéconomique des populations (Skinner et Hung, 1989 ; Cucina et Tiesler, 2003), leur nutrition (Rose *et al.*, 1985 ; Zhou et Corruccini, 1998 ; Starling et Stock, 2007 ; Capasso, 2007 ; Keenleyside, 2008), leurs conditions de vie (Blondiaux, 2002 ; Brickley *et al.*, 2007 ; Lieverse *et al.*, 2007) et leur démographie (Duray, 1996 ; Blom *et al.*, 2005 ; Boldsen, 2007).

Les traces pathologiques relevées sur les os et les dents des individus constituent des marqueurs de la présence de certains « stress » dans les groupes humains, c'est-à-dire des perturbations physiologiques mesurables qui ont des conséquences néfastes pour les individus et les populations (Goodman et Martin, 2002). Les stress sont le produit de trois facteurs : les contraintes environnementales, qui apportent à la fois les ressources nécessaires à la survie et des facteurs de stress exogènes ; les systèmes culturels, qui modèlent les comportements afin de pallier en partie ces stress ; et la résistance des personnes. Cette dernière, une fois mise à l'épreuve, produit une réponse physiologique qui atteint les tissus mous et/ou durs de l'organisme, dépendamment de l'origine de l'agression qui peut être, par exemple, nutritionnelle, infectieuse, et/ou traumatique. La nutrition joue alors un rôle majeur dans tous les cas car elle constitue une composante déterminante de la résistance des individus aux stress (figure 2 ; Martin *et al.*, 1985 ; Larsen, 1997 ; Goodman et Martin, 2002).

Les stress subis par les individus peuvent être de deux natures : les stress chroniques et les stress aigus. Les stress chroniques, tels que la malnutrition et les maladies chroniques, peuvent laisser des traces sur les os et les dents en influant sur le fonctionnement des cellules qui produisent et détruisent ces tissus durs. Par contre, les stress aigus, comme les maladies à évolution rapide et les accidents, vont causer le décès de l'individu ou le perturber sur une courte période de temps, insuffisante pour que son squelette soit affecté directement. Ils peuvent cependant, en cas de survie, influencer sur la croissance des enfants et accentuer l'impact d'autres stress chroniques déjà présents : les stress aigus peuvent, dans ce cas, être évalués indirectement par les observations paléopathologiques (Goodman et Martin, 2002 ; Steckel *et al.*, 2002).



**Figure 2.** Interaction des facteurs environnementaux, culturels et biologiques dans l'apparition des stress. Schéma adapté de Goodman et Armelagos, 1989, reproduit dans Martin *et al.*, 1985 ; Larsen, 1997 ; Goodman et Martin, 2002.

Certaines périodes difficiles de la vie favorisent l'apparition des stress sur les individus. C'est le cas de la période prénatale, pendant laquelle l'état de santé du fœtus dépend essentiellement de celui de sa mère. De même, la naissance constitue pour le bébé une période brusque d'adaptation à un nouveau milieu et aux pathogènes de l'environnement. Par la suite, la période de sevrage pendant laquelle le lait maternel est remplacé par des aliments parfois inadaptés se caractérise par une diminution puis un arrêt total de la protection immunitaire que fournit la mère (lymphocytes B et T, immuno-

globines et antistaphylocoques, Katzenberg *et al.*, 1996). Enfin, lors de l'adolescence, période de croissance accélérée, le futur adulte a besoin d'une alimentation abondante et équilibrée (Billard, 1994).

Dans cette étude, les marqueurs observés sur les os et les dents des individus sont en majorité non spécifiques, c'est-à-dire que l'on ne connaît pas leur cause exacte. Ils nous renseignent notamment sur la présence de perturbations de croissance, de carences alimentaires et d'infections subies par les populations anciennes, mais sans nous donner, par exemple, la cause des infections (blessure, maladie, etc.) ou des problèmes de croissance (malnutrition, maladie chronique, stress psychologique intense, etc.) (Larsen, 1997 ; Humphrey et King, 2000 ; Roberts et Manchester, 2005). D'autres indicateurs observables sur le squelette sont directement associés à des causes spécifiques : c'est le cas du scorbut, du rachitisme et des fractures osseuses. Plus globalement, certaines maladies infectieuses (tuberculose, lèpre, syphilis, etc.), néoplasiques (tumeurs) et congénitales (achondroplasie) peuvent laisser des traces sur les os de manière sévère qui permettent le diagnostic par des observations ostéologiques (Larsen, 1997 ; Ortner, 2003 ; Roberts et Manchester, 2005).

Une alimentation inadéquate constitue, avec les maladies infectieuses, une des contraintes environnementales majeures menant au stress physiologique dans les populations humaines (Larsen, 1997 ; Roberts et Manchester, 2005). De plus, ces deux facteurs sont liés : la malnutrition entraîne une efficacité moindre du système immunitaire, soit une plus grande vulnérabilité des individus face aux infections et une plus longue période de maladie (Humphrey et King, 2000 ; Scrimshaw, 2000 ; Roberts et Manchester, 2005). Ainsi, les observations paléopathologiques permettent d'évaluer de manière indirecte la présence et la fréquence des problèmes alimentaires rencontrés par les populations passées.

Les problèmes d'ordre alimentaire rencontrés par les groupes humains sont presque toujours multiples. En effet, il ne s'agit pas d'une carence en un seul nutriment ou vitamine, mais plutôt d'une déficience plus généralisée, c'est-à-dire qui touche plusieurs éléments nutritionnels parfois liés dans leurs fonctions physiologiques, et qui se répercutent sur la santé des individus. C'est pour cela qu'il est important de tenir compte de multiples marqueurs de stress visibles sur les os et les dents afin de mieux cerner de manière globale les difficultés alimentaires rencontrées par les populations passées (Martin *et al.*, 1985).

Plusieurs marqueurs osseux et dentaires permettent d'aborder divers aspects de l'état de santé : la santé dentaire (caries, dents perdues *ante-mortem*, abcès), les carences (*cribra orbitalia* et hyperostose parotique, scorbut, rachitisme), les infections (périostite, lésions endocrâniennes), la croissance (stature, hypoplasie de l'émail dentaire) et les contraintes physiques subies par les individus (pathologies dégénératives du squelette, traumatismes).

### 2.1. Pathologies dentaires

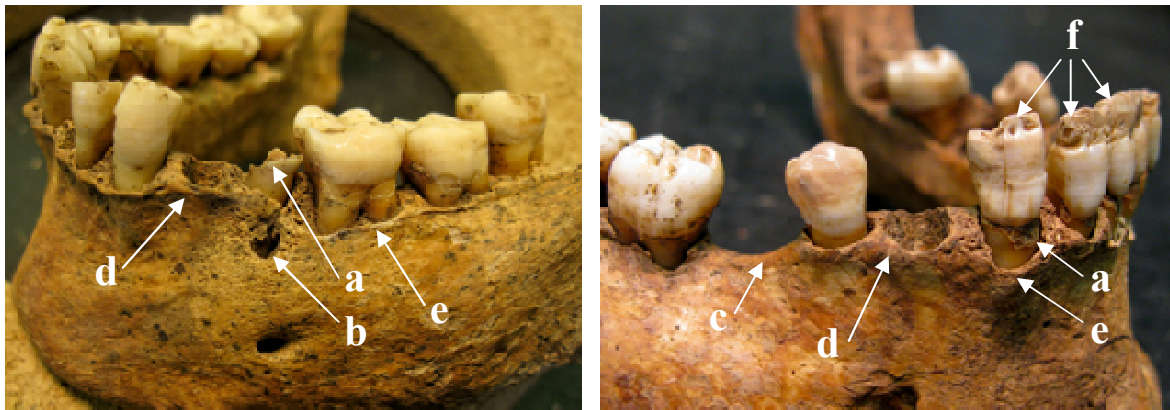
Les caries sont les pathologies dentaires les plus connues et les plus présentes dans les populations humaines modernes. Elles résultent d'une déminéralisation localisée des tissus dentaires (émail et/ou dentine) par des acides organiques produits par la fermentation bactérienne de la plaque dentaire (Larsen, 1997 ; Goodman et Martin, 2002 ; Hillson, 2008). Elles se manifestent d'abord par une tâche de nécrose blanche ou brune à la surface de la couronne ou de la racine de la dent lorsque celle-ci est apparente, puis par une cavité qui peut atteindre la pulpe dentaire qui est alors exposée à l'infection (figure 3). Ce processus prend plusieurs années dans la majorité des cas, et les caries s'accumulent avec le temps chez les individus : elles sont donc beaucoup plus fréquentes chez les individus âgés (Hillson, 2008 ; Keenleyside, 2008).

Plusieurs facteurs contribuent à la formation des caries dentaires : la présence de microorganismes dans la plaque dentaire, une hygiène buccale déficiente ou inexistante, une structure dentaire sensible aux caries (qualité de l'émail, relief des dents), l'usure dentaire, la composition, la quantité et le pH de la salive, les maladies parodontales, mais surtout, une alimentation cariogène (Larsen, 1997 ; Saunders *et al.*, 1997 ; Hillson, 2008).

Les aliments les plus cariogènes sont ceux qui contiennent des sucres qui peuvent fermenter, notamment les aliments raffinés (sucre, farine). La texture des aliments a également une importance dans l'apparition des caries : les aliments mous et collants, comme le pain, les gâteaux, les pommes de terre, etc. encouragent la destruction des tissus dentaires (Larsen, 1997 ; Caselitz, 1998 ; Roberts et Manchester, 2005 ; Hillson, 2008). Certains facteurs génétiques et environnementaux peuvent cependant diminuer la prévalence des caries, comme la qualité des tissus dentaires, la présence de fluor dans l'eau de boisson, la consommation de produits laitiers et une hygiène dentaire appropriée (Hillson, 2008).

La perte de dents *ante-mortem* est très influencée par la présence de caries et d'abcès dentaires à l'état avancé. Contrairement aux maladies parodontales, au scorbut et à l'usure dentaire, la perte de dents dans ce cas est rarement spontanée, mais résulte plutôt de l'arrachage des dents pour soulager la douleur (Saunders *et al.*, 1997 ; Goodman et Martin, 2002 ; Keenleyside, 2008 ; Hillson, 2008). La deuxième cause majeure de perte de dents *ante-mortem* est la gingivite chronique (maladie parodontale), souvent liée à l'accumulation de plaque dentaire (tartre notamment). Lorsqu'elle atteint l'os alvéolaire, celui-ci se résorbe, pouvant causer un déchaussement de la dent (Larsen, 1997 ; Hillson, 2008). Au niveau ostéologique, la perte de dents *ante-mortem* s'observe par la résorption de la cavité laissée dans l'os alvéolaire par la racine de la dent (figure 3 ; Strohm et Kurt, 1998).

Les caries, les maladies parodontales, l'attrition dentaire et les traumatismes participent à l'entrée et l'accumulation des microorganismes colonisant normalement la cavité buccale dans les tissus adjacents aux dents. Un abcès dentaire se forme alors, sur les tissus mous ou sur l'os sur lequel il peut se manifester par un gonflement et un cloaque visibles lors de l'observation ostéologique (figure 3). Ce genre d'infection peut mener au décès de l'individu par septicémie (Alt *et al.*, 1998 ; Roberts et Manchester, 2005).



**Figure 3.** Pathologies dentaires : a, carie dentaire ; b, abcès dentaire (gonflement, cloaque) ; c, dent perdue *ante-mortem* ; d, dent perdue *post-mortem* ; e, résorption alvéolaire ; f, hypoplasie de l'émail. Ces deux mandibules sont celles de femmes âgées entre 23 et 35 ans de la population de Saint-Matthew (spécimens 14B9 et 8E2.3). Photos F. Morland.

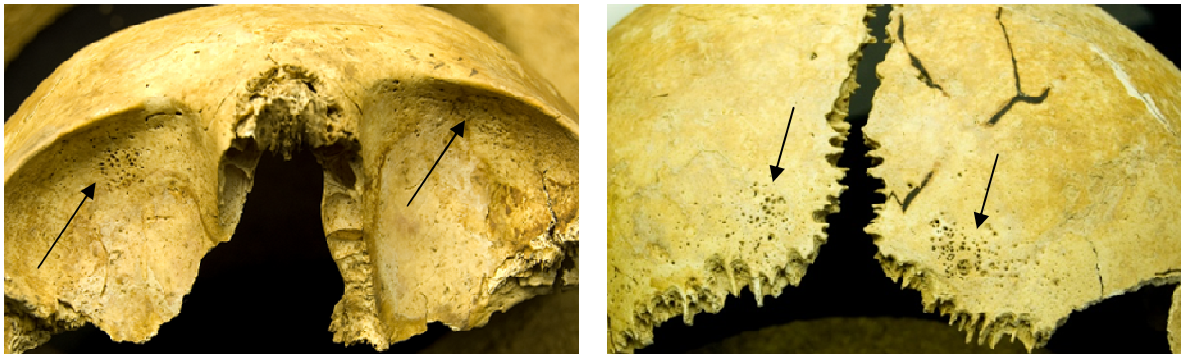
## 2.2. Pathologies métaboliques

### 2.2.1. Les types non spécifiques

La carence en fer (anémie) constitue un problème récurrent des populations humaines. Outre un déficit dans la production des globules rouges, elle s'accompagne de nombreux dysfonctionnements de l'organisme en affectant la synthèse d'ADN et de certaines enzymes, la production des lymphocytes, le fonctionnement du système nerveux, le développement cognitif des enfants, et en augmentant la prévalence des maladies infectieuses (Stuart-Macadam, 1991 ; Goodman et Martin, 2002). Elle est surtout présente chez les enfants, les adolescents et les femmes enceintes. Elle peut être d'origine génétique (thalassémie, drépanocytose) ou acquise dans la majorité des cas, par la malnutrition, mais aussi en raison d'hémorragies (menstruations, accouchement, blessures), de maladies chroniques (parasites, cancer, rachitisme), de diarrhée ou d'intoxication au plomb (Stuart-Macadam, 1991 ; Larsen, 1997 ; Goodman et Martin, 2002 ; Roberts et Manchester, 2005). La viande rouge constitue la meilleure source de fer pour les groupes humains. Les céréales fournissent également du fer, mais son absorption par le système digestif est plus difficile que celle du fer provenant des ressources animales. De plus, les phytates contenus dans les légumes, les noix et les céréales ont tendance à diminuer l'absorption du fer par les intestins, alors que la vitamine C, l'acide citrique et l'acide ascorbique ont tendance à l'augmenter (Larsen, 1997 ; Roberts et Manchester, 2005).

La carence en fer stimule l'organisme afin qu'il produise une plus grande quantité de globules rouges, causant ainsi une hypertrophie de la moelle osseuse des os crâniens.

Celle-ci se manifeste par l'amincissement ou la destruction de la table externe des os crâniens (frontal, pariétaux, occipital et orbites) et l'expansion du diploé (couche interne), impliquant souvent un épaississement de ces os. Ces lésions sont caractérisées par la présence d'une porosité plus ou moins en relief, apparaissent généralement de manière symétrique, en premier sur les orbites (*cribra orbitalia*), puis sur les os de la voûte crânienne (hyperostose porotique, figure 4) (Stuart-Macadam, 1991 ; Larsen, 1997 ; Roberts et Manchester, 2005). Récemment, des auteurs se sont penchés sur l'étiologie de ces lésions et ont conclu qu'elles peuvent également apparaître dans des cas de problèmes nutritionnels autres que la carence en fer, soit le scorbut et les carences en vitamines B12, B6 et acide folique (Walker *et al.*, 2009).



**Figure 4.** *Cribræ orbitalia* de degré 3 (à gauche) et hyperostose porotique de degré 3 sur la face postérieure des pariétaux (à droite) sur un enfant de 3 à 4 ans de la population de Saint-Matthew (spécimen 8F1.6). Photos F. Morland.

### 2.2.2. Les types spécifiques

La carence en vitamine C, ou scorbut, semble être une pathologie relativement récente chez les groupes humains puisqu'on ne l'observe qu'à partir de l'adoption de l'agriculture. En effet, la cuisson quasi systématique et le stockage des aliments contribuent à la perte de cet élément essentiel (Roberts et Manchester, 2005 ; Brickley et Ives, 2008). La vitamine C est nécessaire à l'organisme pour la synthèse du collagène et le combat contre les infections. Elle est présente en grandes quantités dans les fruits et légumes frais, ainsi que dans les poissons marins. Les symptômes de la carence peuvent apparaître entre un et trois mois sans apport de vitamine C, et se manifestent surtout l'hiver (janvier et février) à des latitudes relativement élevées, au Canada et dans le nord des États-Unis notamment. Ils sont caractérisés par un affaiblissement généralisé des tissus de l'organisme,

entraînant de nombreux saignements, un retard dans la cicatrisation des blessures et dans la formation de l'os chez les enfants, des douleurs et des faiblesses des membres et des déficiences dans la production du sang et dans le métabolisme du fer (anémie) (Ortner *et al.*, 2001 ; Roberts et Manchester, 2005 ; Brickley et Ives, 2006, 2008).

Les enfants non sevrés sont rarement atteints de scorbut étant donné la forte concentration de vitamine C dans le lait maternel, à moins que la mère ne soit déjà dans un état de carence. Par contre, une fois le processus de sevrage entamé, si la nourriture utilisée pour compléter l'alimentation n'est pas équilibrée et pauvre en éléments nutritionnels (ex. gruau, eau ou lait mélangé au pain, Katzenberg et Pfeiffer, 1995), la maladie peut se déclencher. En effet, lorsque le scorbut se manifeste au sein des populations, il est fréquent chez les enfants entre 5 et 24 mois, avec un pic entre 8 et 11 mois, période où des aliments solides sont déjà introduits dans l'alimentation (Brickley et Ives, 2006, 2008).

Au niveau ostéologique, le scorbut peut être diagnostiqué par la présence de diverses lésions associées aux hémorragies, telles que : 1- des porosités sur le maxillaire, la partie antérolatérale du palais, le processus coronoïde de la mandibule à l'insertion du muscle temporal, la surface ectocrânienne des pariétaux et de l'occipital, l'os sphénoïde, les zones infra- et supra-spinale de la scapula ; 2- l'apparition de *cribra orbitalia* et 3- la résorption alvéolaire (Ortner et Ericksen, 1997 ; Ortner *et al.*, 2001 ; Roberts et Manchester, 2005 ; Brickley et Ives, 2006, 2008 ; Mays, 2008).

Comme le scorbut, la carence en vitamine D est un phénomène assez récent qui découle d'un changement dans le mode de vie des populations humaines (urbanisation et industrialisation). La vitamine D est synthétisée par l'organisme en majorité par l'exposition aux rayons ultraviolets du soleil, puis par un apport alimentaire avec notamment la consommation de poissons de mer ou d'huiles de poisson (Larsen, 1997 ; Roberts et Manchester, 2005). Au Canada et dans le nord des États-Unis, l'apport en rayons ultra-violets par le soleil est très insuffisant l'hiver en milieu urbain, sans compter les multiples vêtements qui empêchent la peau d'être exposée directement. Un supplément alimentaire est alors nécessaire. La carence en vitamine D affecte surtout les jeunes enfants entre 3 et 18 mois qui sortent rarement des habitations (Brickley et Ives, 2008).

La vitamine D est essentielle au bon fonctionnement de l'organisme, surtout pour le métabolisme du calcium, les réactions immunitaires, la croissance des cellules et le



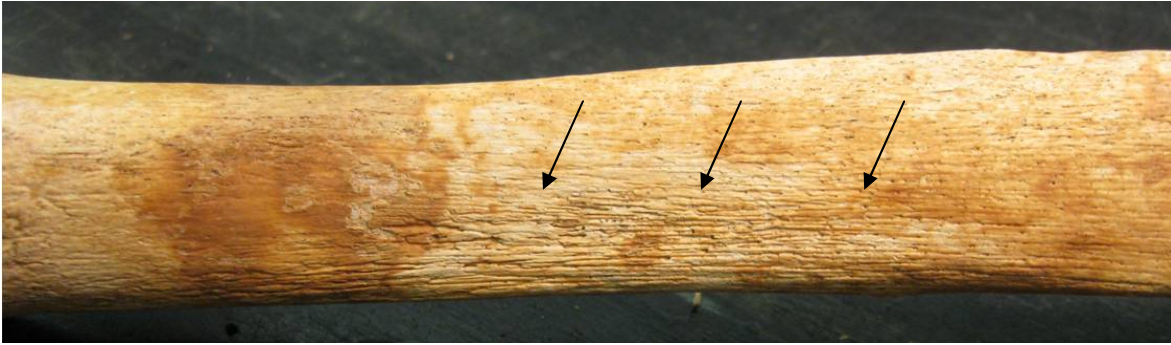
maintien de la santé cardiovasculaire (Mays *et al.*, 2006 ; Brickley et Ives, 2008). Dans les cas avancés, la carence en vitamine D se manifeste par le rachitisme chez les enfants, et par l'ostéomalacie une fois la croissance terminée. Elle se caractérise par un ramollissement des os et leur déformation sous la pression exercée par les muscles lors du mouvement (malabsorption du calcium). On observe également, sur les enfants en croissance, un élargissement et une porosité accrue des métaphyses des os longs et des extrémités sternales des côtes, un épaississement des os longs avec ajout d'os spongieux dans la zone concave des os déformés, une concavité anormale de l'ilium et une porosité des os de la voûte crânienne (Ortner et Mays, 1998 ; Roberts et Manchester, 2005 ; Mays *et al.*, 2006 ; Brickley et Ives, 2008).

### 2.3. Pathologies infectieuses

Les maladies infectieuses constituant l'un des fléaux les plus fréquents de l'humanité actuelle et passée, elles sont souvent les causes premières de mortalité. Les fortes densités de populations, surtout en milieu urbain, et les mouvements de population récurrents tels que les migrations et les voyages, encouragent l'émergence et la prolifération des virus et des bactéries. La malnutrition est fortement associée à leur prévalence en réduisant les capacités du système immunitaire (Scrimshaw, 2000 ; Roberts et Manchester, 2005).

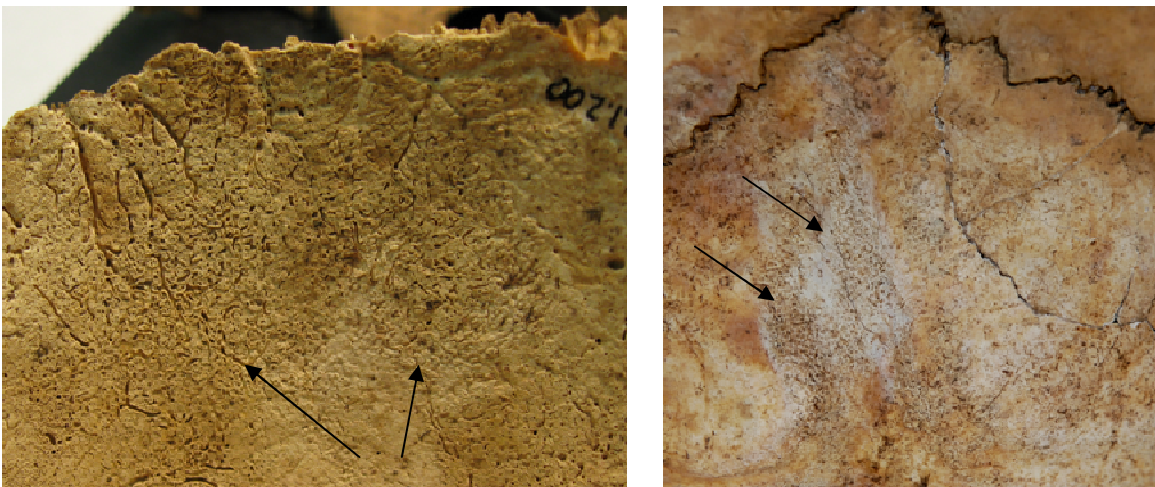
La périostite, soit l'inflammation du périoste (membrane vascularisée qui recouvre les os, excepté ceux du crâne et les zones articulaires) est un indice ostéologique de la présence d'infection chez les individus. L'infection peut débiter directement sur l'os dans le cas d'une blessure, ou indirectement par la circulation des microorganismes dans le sang qui viennent se fixer sur le périoste. Elle stimule les ostéoblastes qui bordent le périoste, qui se mettent alors à fabriquer de l'os nouveau sous la forme de stries puis de plaques qui se superposent à l'os cortical atteint, de manière localisée ou diffuse (figure 5 ; Larsen, 1997 ; Goodman et Martin, 2002 ; Roberts et Manchester, 2005 ; Lewis, 2007). Dans les cas les plus avancés de périostite, quand la moelle osseuse est atteinte par l'infection, la cavité médullaire se réduit et on assiste à la formation d'un cloaque : c'est l'ostéomyélite (Larsen, 1997 ; Lewis, 2007). La périostite apparaît surtout sur les os longs, avec une prédilection pour le tibia, probablement en raison de sa proximité avec la peau qui le rend vulnérable aux blessures mineures et répétées. De plus, une plus faible température et une tendance à

la stagnation sanguine dans les mollets sont des facteurs qui encouragent l'accumulation de bactéries et donc le développement de la périostite (Roberts et Manchester, 2005).



**Figure 5.** Périostite de degré 2 sur le tibia d'une femme âgée (51 ans ou plus, spécimen 10A1.4) de la population de Saint-Matthew. Photo F. Morland.

Des traces d'infection peuvent également être constatées sur la surface endocrânienne du frontal, des pariétaux et de l'occipital. Elles se manifestent par des plaques d'os nouveau apposées sur la table interne de ces os, qui ont tendance à suivre le chemin emprunté par les vaisseaux sanguins (figure 6). Ces lésions traduisent l'inflammation ou l'hémorragie des méninges, c'est-à-dire de la membrane qui recouvre le cerveau, et sont généralement le résultat d'une infection bactérienne ou virale (otites, gastroentérites, rougeole, coqueluche, etc.) ou d'une blessure à la tête (Lewis, 2004, 2007). Cependant, elles peuvent être associées à des pathologies non infectieuses, par exemple le scorbut, le rachitisme, une tumeur ou des mauvais traitements tels que le syndrome du bébé secoué (Roberts et Manchester, 2005 ; Lewis, 2004, 2007).



**Figure 6.** Lésions endocrâniennes. À gauche, sur l'os frontal d'une femme de 36 à 50 ans (spécimen 8C2.1#2), à droite, sur l'os occipital d'un enfant de 2 ans (spécimen 10A1.8). Photos F. Morland.

#### 2.4. Perturbations de la croissance

La croissance des enfants est un phénomène relativement continu mais irrégulier du point de vue de sa vitesse, avec deux pics correspondant à une accélération nette : le premier pic prend place de la naissance à la fin de la première année de vie, et le second lors de l'adolescence, période à la fin de laquelle la croissance s'arrête. Le processus de la croissance peut être ralenti, voire même interrompu périodiquement par de nombreux facteurs endogènes, comme une déficience en hormones de croissance ou un stress psychologique. Cependant, l'influence la plus prépondérante est la nutrition, parfois en synergie avec les maladies infectieuses (Larsen, 1997 ; Scrimshaw, 2000). Souvent, il existe une relation de cause à effet entre les perturbations de croissance et la stature finale d'un individu : les enfants ayant subi des stress intenses ont tendance à être plus petits que les autres une fois adultes. Il est cependant possible pour l'organisme, lorsque les conditions s'améliorent (disparition du stress chronique), de rattraper le retard par une période d'accélération de la croissance (Larsen, 1997 ; Roberts et Manchester, 2005).

Les perturbations de la croissance des jeunes enfants, depuis la période *in utero* à environ sept ans, peuvent également se constater sur les dents déciduales et permanentes. En effet, l'activité des améloblastes, qui déposent l'émail dentaire de la partie occlusale de la dent vers la jonction émail-cément, peut être ralentie ou interrompue par des stress divers comme la malnutrition et les maladies infectieuses. Il en résulte l'apparition de zones d'hypocalcification sur la couronne des dents, généralement sous la forme de lignes horizontales ou de points où l'émail est moins épais, voire inexistant. Cette hypoplasie de l'émail dentaire apparaît surtout sur les dents antérieures, soit les incisives et les canines (figure 3 ; Goodman et Martin, 2002 ; Keenleyside, 2008 ; Hillson, 2008). Étant donné que le schéma de développement dentaire est assez bien connu de par sa variation inter- et intrapopulationnelle, il est possible de connaître l'âge approximatif d'apparition des stress dans la vie de l'individu. Ainsi, ces stress peuvent être associés à des périodes de vie plus difficiles, comme le sevrage (Goodman *et al.*, 1980 ; Moggi-Cecchi *et al.*, 1994 ; Roberts et Manchester, 2005).

### 2.5. Pathologies fonctionnelles du squelette

L'ostéoarthrose est une pathologie qui touche le fonctionnement mécanique du squelette par la dégradation des articulations. Elle se caractérise par la destruction progressive du cartilage et des systèmes de lubrification des articulations, puis par la destruction de la surface articulaire des os. La formation d'ostéophytes en périphérie des articulations afin d'augmenter leur surface de répartition des charges accompagne ce processus, pouvant aller jusqu'à la fusion complète de l'articulation. L'apparition d'ostéoarthrose a souvent lieu aux articulations qui subissent le plus fortement le poids du corps, soit les hanches, les genoux et les vertèbres. Elle est liée aux contraintes physiques subies par les individus au cours de leur vie, ainsi qu'au processus de vieillissement. Dans certains cas, elle peut être accélérée par des efforts répétés réalisés, par exemple, dans le cadre d'une activité professionnelle (figure 7 ; Larsen, 1997 ; Goodman et Martin, 2002 ; Perron, 2006).

Les fractures osseuses peuvent également être responsables de difficultés fonctionnelles du corps. Leur cause majeure est un accident ponctuel, mais des maladies qui diminuent la densité des os comme l'ostéoporose ou le cancer, ainsi que des stress répétés appliqués sur les os peuvent également en être responsables. Lors de fractures ouvertes, des bactéries entrent dans l'organisme et provoquent une infection. On assiste alors à la formation de périostite à l'endroit de la fracture. Si un processus de guérison commence, un cal osseux se forme et le remodelage de l'os peut persister pendant plusieurs années dépendamment de la gravité du traumatisme (figure 7 ; Roberts et Manchester, 2005).

Les pathologies fonctionnelles du squelette ne nous renseignent pas directement sur l'aspect nutritionnel des populations passées, mais elles peuvent tout de même nous fournir des informations sur leurs conditions de vie en lien avec leur environnement au sens large (activités, mode de subsistance, topographie, etc.), et indirectement sur la nutrition. De plus, elles font souvent partie des études sur l'état de santé d'une population car elles sont le reflet d'un stress qui peut se rajouter à d'autres pathologies en les accentuant.



**Figure 7.** Pathologies fonctionnelles du squelette. À gauche, arthrose avec ostéophytes sur une vertèbre cervicale d'un homme âgé entre 36 et 50 ans (spécimen 8C2.1#1) ; à droite, fracture guérie avec cal osseux de la fibula chez un homme âgé de 51 ans ou plus (spécimen 10A1.2) de la population de Saint-Matthew. Photos F. Morland.

---

### 3. ÉTUDE INTERPOPULATIONNELLE : AVANTAGES ET LIMITES DE LA MÉTHODE DE L'INDICE DE SANTÉ

---

Les marqueurs osseux présentés précédemment peuvent être comparés entre plusieurs populations, permettant d'explorer la variation de l'état de santé entre les groupes humains, selon divers facteurs tels que leur environnement, leur nutrition, leur contexte socioéconomique, etc. La méthode récente et novatrice de l'« indice de santé globale », développée par Steckel *et al.*, (2002), est basée sur une standardisation de la collecte, de la quantification et du traitement des données paléopathologiques, afin de permettre des études interpopulationnelles. Pour cela, cette méthode permet de situer chaque population étudiée sur une échelle continue de 0 à 100% : un indice se rapprochant de 0% indique une santé plutôt mauvaise, un indice proche de 50 est caractéristique d'une santé moyenne, et une bonne santé se traduit par une valeur approchant 100%. Pour chaque population, on obtient huit indices ainsi quantifiés : les sept premiers concernent des indicateurs osseux et dentaires précis de l'état de santé, et le dernier caractérise l'état de santé global de la population et correspond à la moyenne des sept indicateurs précédents (Steckel *et al.*, 2002). Les sept types d'indicateurs osseux et dentaires utilisés dans cette méthode cherchent à caractériser l'état de santé sur toutes les périodes de la vie. En effet, des données relatives à la stature, l'hypoplasie de l'émail dentaire et l'anémie (*cribra orbitalia* et hyperostose porotique) fournissent trois indices liés aux conditions de vie subies durant l'enfance ; l'étude des pathologies dentaires (caries, dents perdues *ante-mortem* et abcès) et

des pathologies dégénératives du squelette (ostéoarthrose) constitue deux indices concernant la vie à l'âge adulte ; et l'observation des traumatismes (fractures osseuses) et des infections (périostite) concerne les individus sur toutes les périodes de la vie (Steckel *et al.*, 2002).

La collecte et la quantification des données paléopathologiques pour le calcul des indices de santé suivent un protocole très précis déterminé par Steckel *et al.* (2002). Elles visent d'abord à attribuer un score par pathologie pour chaque individu, en fonction des pièces anatomiques disponibles, lui aussi situé sur une échelle de 0 à 100%. Ce score est déterminé de manière linéaire lorsqu'il est issu d'une mesure ou d'un calcul (ex. stature, caries et dents perdues *ante-mortem*) ou selon des degrés de sévérité (tous les autres indicateurs). Les caractéristiques de la quantification des données sont partiellement regroupées dans le tableau I, et exposées plus en détail dans le chapitre 3 de ce mémoire.

Indices	Éléments anatomiques observés	Type de quantification	Période de contribution aux indices
<b>1. Stature</b>	Longueur du fémur	Linéaire	Toutes les années de vie
<b>2. Hypoplasie de l'émail</b>	I <sup>1</sup> et C ou i <sup>1</sup> et c	3 degrés de sévérité	Toutes les années de vie
<b>3. Anémie</b>	Orbites et pariétaux	3 degrés de sévérité	Toutes les années de vie
<b>4. Santé dentaire</b> .Caries et dents perdues <i>ante-mortem</i> (75%) .Abscess (25%)	Toutes les dents observables (au moins 8 par individu) Os alvéolaire	Linéaire 3 degrés de sévérité	Dix ans avant le décès
<b>5. Infections</b>	Tibia, puis reste du squelette	4 degrés de sévérité	Dix ans avant le décès
<b>6. Pathologies dégénératives des articulations</b>	Épaules et coudes, hanches et genoux, vertèbres, articulation temporo-mandibulaire, poignets, mains.	2, 4 ou 5 degrés de sévérité selon les sites d'observation, le degré le plus fort prévaut.	Dix ans avant le décès
<b>7. Traumatismes</b>	Bras, jambes, nez, visage, voûte crânienne, mains.	Absent ou Présent	Dix ans avant le décès

**Tableau I.** Résumé des caractéristiques liées à l'observation, la quantification et la contribution des données paléopathologiques pour les sept indices de santé de la méthode de Steckel *et al.*, 2002.

Une fois les scores individuels établis pour chaque pathologie, il est possible de passer au calcul des indices de santé qui leurs sont liés. Ce calcul prend en compte l'âge au décès de la personne qui doit être estimé à l'année près. Ceci étant impossible avec les méthodes ostéologiques d'estimation de l'âge, on donne l'âge correspondant à la moyenne de la catégorie d'âge de l'individu. Par exemple, un individu situé entre 30 et 40 ans se verra attribuer un âge de 35 ans pour le calcul de l'indice de santé. À partir de ces données, chaque individu contribue au calcul des indices par ses scores, un nombre de fois égal à son nombre total d'années vécues pour les trois premiers indices et seulement dix fois, correspondant aux dix années vécues précédant son décès, pour les quatre autres (tableau II). La durée de dix ans choisie par les auteurs est arbitraire et tente d'ajuster l'indice par rapport au fait que ces quatre dernières catégories pathologiques n'affectent pas l'individu toute sa vie, contrairement aux trois premières. Certaines pathologies (anémie et hypoplasie de l'émail dentaire), ainsi que la stature, reflètent l'état de santé lors de l'enfance des individus, et il est admis par les auteurs que les problèmes de santé subis lors de cette période ont une répercussion à long terme sur la santé des individus, qui s'étend à l'âge adulte et potentiellement toute la vie. C'est pour cette raison que ces trois marqueurs osseux contribuent au calcul des indices de santé par un nombre d'années équivalent à l'âge au décès des individus.

Le fait d'attribuer à chaque individu un âge précis permet de calculer pour toute la population un score spécifique à chaque année de vie pour chacun des sept indicateurs observés. Ce score correspond à la moyenne des scores individuels obtenus par tous les individus pour chaque année, en fonction de la pathologie étudiée : dix années pour les pathologies qui peuvent débuter à tout moment dans la vie des individus et qui affectent leur qualité de vie sur une durée potentiellement courte par rapport à la durée de vie totale ; et toute la vie pour les pathologies qui débutent dans l'enfance et qui affectent les individus de telle manière à ce qu'ils en subissent les conséquences toute leur vie. Afin de diminuer les distorsions relatives à la composition démographique différentielle des populations archéologiques auxquelles on applique la méthode de l'indice de santé (âges, sexes) ainsi qu'à l'attribution d'un âge précis par individu, l'indice est calculé de manière à être indépendant de l'âge. Pour cela, les scores par année de vie de chaque calcul d'indice sont adaptés par rapport à une population de référence fictive de composition démographique

théorique, selon de larges catégories d'âges (0-4 ans, 5-14 ans, 15-24 ans, 25-34 ans, 35-44 ans, et 45 ans et plus).

Le calcul des indices de santé est réalisé en ligne sur le site du « *Global History of Health Project* » à l'aide d'un logiciel dédié à cette fonction (« *Online Health Index Calculation Software* »). Ce dernier permet, par le chargement en ligne d'un fichier de tableur standardisé contenant les données de la population à l'étude, d'éviter toute erreur inhérente au calcul de l'indice de santé, ce dernier étant relativement long et complexe. Les résultats sont obtenus immédiatement. L'indice de santé globale de la population correspond à la moyenne des sept indices liés à chaque catégorie pathologique.

Cette méthode récente pour l'étude des données paléopathologiques fait partie d'un projet de grande ampleur, le « *Global History of Health Project* ». Ce dernier constitue une tentative de la part de Steckel *et al.* de fournir un moyen unifié et standardisé de quantification des lésions permettant la mise en place de bases de données paléopathologiques sur des populations européennes et américaines. À partir de ces grandes quantités d'informations (environ 12 000 squelettes constituaient la base de données européenne à la fin de l'année 2008, Jankauskas *et al.*, 2009), des comparaisons paléopathologiques à grande échelle, de manière temporelle et spatiale ont pu être réalisées (ex. Brickley *et al.*, 2009 ; Maat *et al.*, 2009 ; Papathanasiou *et al.*, 2009 ; Roberts *et al.*, 2009, etc.).

Selon Steckel *et al.* (2002), la méthode de l'indice de santé devra être améliorée avec la pratique afin d'affiner les résultats et permettre des interprétations plus précises. En effet, certains paramètres sont définis de manière arbitraire et demandent un effort de recherche futur plus important. C'est le cas de la contribution des individus au calcul de l'indice pour une période de dix ans ou pour toute leur vie dépendamment des catégories de données (tableau II). Cette durée de dix ans essaie de représenter une certaine période théorique d'influence sur la qualité de vie des pathologies concernées, mais elle pourrait varier entre les différents types de lésions selon leur durée de développement. Par exemple, la périostite pourrait se manifester pendant une période de temps plus courte que l'ostéoarthrose sur les individus. De la même manière, pour les indices d'anémie, de santé dentaire et d'infections, on quantifie plusieurs types de lésions auxquelles on attribue arbitrairement une place plus ou moins importante dans le calcul des indices sous la forme



de fréquence. Par exemple, pour l'indice d'infections, la périostite est quantifiée d'abord sur le tibia, puis sur le reste du squelette : le premier compte pour 50% dans le calcul de l'indice, autant que le second qui regroupe une majorité d'os. Ici, une recherche plus importante sur cette pathologie pourrait également aider à mieux déterminer les proportions des lésions pour chaque indice.

L'indice de santé de Steckel *et al.* (2002) s'expose aussi aux critiques liées au fait que pour les indices de santé dentaire et de pathologies dégénératives des populations, seuls les individus de 18 ans et plus sont quantifiés. Les juvéniles sont considérés comme suffisamment peu atteints par ces pathologies pour ne pas être pris en compte dans le calcul de l'indice. Ceci est probablement très souvent le cas pour l'ostéoarthrose, mais la santé dentaire est sujette à plus de variation. Pour les populations datées depuis l'adoption de l'agriculture, les pathologies dentaires telles que les caries sont de plus en plus présentes et montrent des prévalences élevées (Larsen, 1997). Les juvéniles peuvent alors être assez fortement touchés, et l'indice de santé dentaire se trouve surestimé.

Les degrés de sévérité utilisés pour la quantification des observations paléopathologiques sont le résultat d'un compromis entre la précision avec laquelle les lésions sont relevées et les problèmes de reproductibilité des observations : plus les degrés de sévérité sont nombreux, plus le risque d'erreur est élevé, et moins les comparaisons avec les autres populations seront pertinentes. Malheureusement, le faible nombre de degrés de sévérité pour certaines pathologies (indices d'anémie, d'hypoplasie de l'émail et de périostite surtout) a tendance à diminuer la quantité d'informations obtenues. Par exemple, les indicateurs d'anémie sont relevés selon trois degrés de sévérité seulement (tableau II) : le premier regroupe les individus ne montrant aucune trace de *cribra orbitalia* ou d'hyperostose porotique, le deuxième réunit les lésions peu et moyennement marquées, et le troisième les lésions sévères. Les individus se retrouvent ainsi en majorité dans le deuxième groupe, ne permettant pas de distinguer les lésions qui influent notablement sur la santé (moyennement marquées) de celles qui influent de manière plus atténuée (faiblement marquées).

Pour les indices relatifs aux pathologies dégénératives des articulations et aux traumatismes, les sites anatomiques d'observation sont nombreux et détaillés (tableau II). Cependant, pour le calcul de ces indices, on choisit le degré le plus élevé de la pathologie, ou le degré présent de celle-ci comme représentatif de son état pour l'individu (score individuel). Cette manière de regrouper les données constitue une perte d'informations puisqu'elle ne différencie pas, pour l'ostéoarthrose, les individus fortement atteints sur plusieurs zones anatomiques de ceux qui le sont uniquement sur une seule de ces zones et qui traduisent certainement une différence dans la qualité de vie de ces deux types d'individus. Au sujet des traumatismes, les individus atteints de multiples fractures ont le même score que ceux qui n'en ont qu'une. De plus, certaines parties anatomiques, comme les côtes et la clavicule, ne sont pas prises en compte dans les scores individuels.

---

#### 4. ÉTUDE INTRAPOPULATIONNELLE : AVANTAGES ET LIMITES D'UNE QUANTIFICATION PLUS NUANCÉE

---

L'une des critiques saillantes de la méthode de l'indice de santé de Steckel *et al.* (2002) est le manque de nuance dans les observations paléopathologiques en raison d'un nombre réduit de degrés de sévérité qui caractérisent les lésions. Pour les études intrapopulationnelles, des quantifications peu détaillées sont parfois utilisées, notamment dans les études préliminaires. C'est le cas, par exemple, de certains rapports de fouille où l'on indique la présence et l'absence des pathologies, ainsi que leur prévalence dans la population, mais sans information détaillée quant à leur sévérité (ex. Gagné, 2008). Une telle quantification des données paléopathologiques implique une perte substantielle d'informations et ne permet que des interprétations sommaires de l'état de santé, en limitant considérablement les possibilités de comparaison entre les individus d'une même population. Lorsque l'étude intrapopulationnelle devient plus précise et souhaite différencier les individus au sein d'un groupe, il est nécessaire d'essayer de nuancer les informations concernant la sévérité des pathologies. Pour cela, certains auteurs ont mis au point des systèmes de quantification des lésions qui reflètent la sévérité des pathologies. C'est le cas, par exemples, de Knip (1971) et de Stuart-Macadam (1991) pour la *cribra orbitalia* et l'hyperostose porotique, de Stothers et Metress (1970) et de Lé *et al.* (2006) pour la périostite et de Lavigne et Molto (1995) pour les maladies parodontales. De telles

méthodes permettent de traiter, par exemple, les thèmes des différences de statuts sociaux (Keita et Boyce, 2006) et des différences de vulnérabilité entre les sexes et les âges face aux contraintes de l'environnement (Obertová et Thurzo, 2004).

La plupart des méthodes de quantification des pathologies utilisent un nombre variable de degrés de sévérité qui caractérisent l'état d'avancement des lésions. Certaines, plus complètes, font également intervenir des données sur la localisation et la surface occupée par les lésions sur les tissus durs, ainsi que sur l'état de conservation des os. C'est le cas de la méthode de l'« indice pondéré d'atteinte périostée », développée par Lé *et al.* (2006), qui permet de quantifier la périostite sur les os longs en obtenant un indice. Ce genre de méthode offre des résultats plus précis, mais le travail d'observation des os est plus long et plus complexe. Ainsi, le choix de la méthode dépend de la problématique de recherche et du degré de précision que l'on recherche pour caractériser les individus. Il est à noter qu'une quantification trop détaillée des lésions peut avoir tendance à surestimer des différences mineures qui, pour les individus étudiés, ne se sont pas traduites par des différences notables de qualité de vie. De plus, une méthode qui met en jeu une trop grande quantité de degrés de sévérité peut s'avérer difficilement reproductible par des chercheurs différents.



## **CHAPITRE 2**

### **UN PROJET DE RECHERCHE EN LIEN AVEC UN CONTEXTE PRÉINDUSTRIEL DIFFICILE**



## I. LE CIMETIÈRE DE SAINT-MATTHEW, LIEU D'INHUMATION DES PROTESTANTS DE QUÉBEC

---

### 1. UNE HISTOIRE MOUVEMENTÉE

---

En 1771, puis en 1778, deux lots de terrain sur la rue Saint-Jean dans l'actuel quartier Saint-Jean-Baptiste de Québec, appartenant aux héritiers de Charles-Paul Denys de Saint-Simon, grand prévôt de la maréchaussée, furent acquis par la Province de Québec. Cette propriété constitua alors le premier lieu officiel de sépulture des populations anglicane et presbytérienne de la capitale, et fut dès lors nommée « *Protestant Burying Ground* ». La première inhumation eut lieu dès 1772, avec la mise en terre de Jane Hey, la femme du juge William Hey (Roy, 1941 ; Cloutier, 2000 ; Simoneau, 2003).

Pendant les premières décennies de son utilisation, le cimetière de la rue Saint-Jean était situé en pleine campagne, à distance de la ville et des fortifications. Ce n'est qu'à la transition entre les XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles que les abords de ce terrain ont commencé à se peupler, pour ultimement former le faubourg Saint-Jean tel qu'on le connaît aujourd'hui (figure 8 ; Noppen, 1987 ; Cloutier, 2000).

Le premier bâtiment sur le terrain du cimetière fut érigé en 1822. Il servait, d'une part, de maison pour le fossoyeur, et de l'autre, de chapelle dans laquelle, une fois par mois, un pasteur anglican donnait la messe en français pour les immigrants des îles de Jersey et Guernesey. Cinq ans plus tard, seul le culte anglican en langue anglaise y est pratiqué (Baker, 1977 ; Cloutier, 2000).

En 1845, cette première chapelle fut détruite par le grand incendie qui a ravagé le faubourg Saint-Jean. Amplifié par l'omniprésence du bois dans les constructions et la proximité des bâtisses entre elles, et avec des écuries et des granges, l'incendie a entraîné la perte de deux églises, trois écoles et 1 300 maisons, laissant des milliers de personnes sans abri (Jean et Lebel, 1987). Un édifice de fortune en bois fut rapidement édifié, de l'autre côté de la rue Saint-Jean, dans l'attente de la reconstruction de la chapelle du cimetière. Peu après, l'élargissement de la rue Saint-Jean a conduit à la démolition de la partie nord du mur d'enceinte du cimetière, ainsi qu'au déplacement de plusieurs sépultures. Par conséquent, la nouvelle chapelle, sous la forme d'un bâtiment en pierre rectangulaire, fut

achevée en 1849, dans une position décalée vers le sud par rapport à l'ancienne (Baker, 1977 ; Cloutier, 2000 ; Simoneau, 2003).

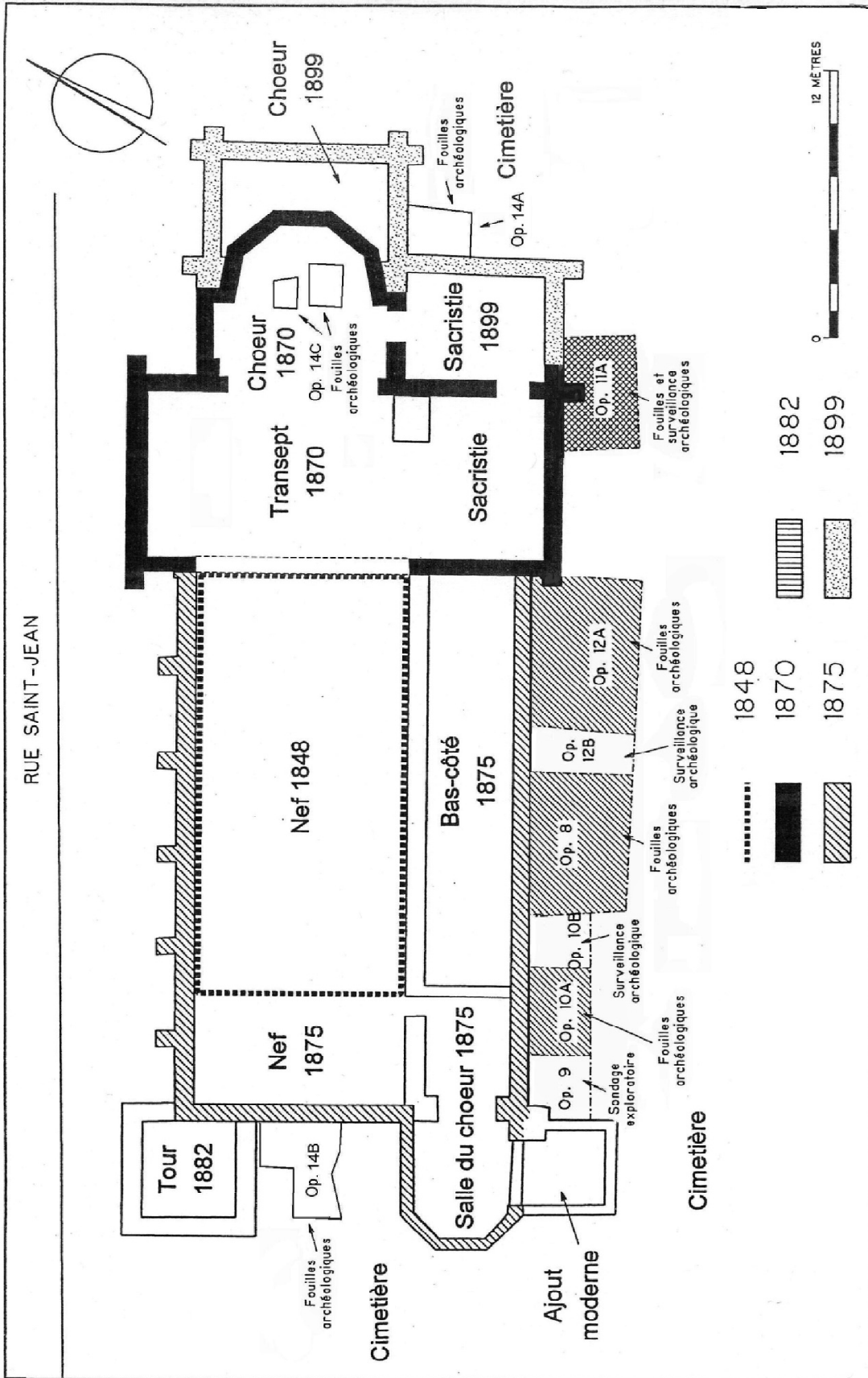


**Figure 8.** L'église et le cimetière Saint-Matthew, ville de Québec. Photo F. Morland.

Le cimetière paroissial Saint-Matthew s'est rapidement rempli avec l'augmentation significative de la population protestante à Québec. De plus, il s'agissait du seul lieu d'inhumation des protestants de la capitale. Afin de pallier le manque d'espace pour les inhumations, il a fait l'objet d'un agrandissement vertical, par l'ajout de quelques pieds de terre : on constate d'ailleurs aujourd'hui son caractère surélevé d'environ un mètre par rapport au niveau de la rue Saint-Jean (Simoneau, 2003 ; Oliver-Lloyd, 2008). Dès 1820, les habitants du faubourg Saint-Jean commencent à se plaindre au diocèse anglican de problèmes d'hygiène publique relatifs au nombre trop élevé d'inhumations qui y ont lieu. Le 23 mars 1860, ils déposent une pétition à la municipalité afin de demander l'arrêt des inhumations, en raison notamment des mauvaises odeurs et de la contamination de leurs puits par les eaux d'égout du cimetière. Les protestants de la capitale seront désormais enterrés dans la paroisse de Sillery (Baker, 1977 ; Cloutier, 2000 ; Simoneau, 2003).



Après la fermeture du cimetière, la chapelle, qui ne suffisait plus aux besoins de la communauté anglicane, fut agrandie et transformée à de multiples reprises. Des travaux consistant notamment en l'ajout puis la modification d'un transept et d'un chœur, d'un chevet à cinq pans, d'une aile destinée aux sacristies du clergé et d'un clocher-porche ont donné l'église Saint-Matthew telle que l'on peut la voir aujourd'hui (figure 9 ; Baker, 1977 ; Cloutier, 2000). Après une longue période d'abandon, le cimetière Saint-Matthew a été aménagé par la Ville de Québec en 1985 pour devenir un parc public (Simoneau, 2003). De nombreuses pierres tombales sont toujours apparentes et témoignent de l'histoire de ce lieu historique classé (figure 8 ; Oliver-Lloyd, 2008).



**Figure 9.** Les diverses phases de construction de l'église Saint-Matthew et l'emplacement des fouilles archéologiques de Céline Cloutier (opérations 8 à 12) et Daniel Simoneau (opération 14). Plan synthétique d'après les données de Cloutier (2000) et Simoneau (2003).

---

## 2. DE MULTIPLES INTERVENTIONS ARCHÉOLOGIQUES

---

Le cimetière Saint-Matthew a fait l'objet d'une dizaine d'interventions archéologiques mineures depuis 1982. La première, programmée en raison de l'excavation d'une tranchée d'enfouissement de fils électriques, a permis la découverte d'une partie de l'ancienne clôture du cimetière et des murs de fondation de l'ancienne chapelle, ainsi que de quelques sépultures. En 1983, une surveillance archéologique en vue de la réparation de l'extrémité sud-ouest du mur de clôture du cimetière a permis la découverte d'une fosse commune et d'un caveau familial. Par la suite, en 1985, soixante-quinze os humains fragmentaires ont été trouvés lors d'interventions ponctuelles accompagnant la transformation du lieu en parc public, notamment en vue de la plantation d'arbres. En 1996, la Ville de Québec a programmé plusieurs interventions dans le but d'évaluer l'état des fondations de l'église, permettant par la suite la transformation de celle-ci en bibliothèque. Des fragments d'os humains ont ainsi été recueillis dans un sol très remanié, et ont été réinhumés directement. Enfin, à l'automne 2000, des tranchées exploratoires ont été creusées dans la cave de l'église avant l'installation d'un nouveau système de chauffage : aucune sépulture n'a alors été découverte (Cloutier, 2000 ; Simoneau, 2003).

Trois interventions majeures ont également été menées dans le cimetière Saint-Matthew. Celle de l'été 1999, dirigée par Céline Cloutier (figures 9 et 10 ; Cloutier, 2000) avait pour mandat la fouille de la zone située le long du mur sud de l'église, ainsi que le déplacement et la protection des stèles funéraires à proximité. Lors de cette fouille, des tombeaux en pierres des champs ainsi que trois fosses sépulcrales en briques ont été mis au jour. La majorité des individus inhumés étaient placés dans des cercueils hexagonaux en bois, portant probablement des plaques de métal pour leur identification, comme le révèlent les traces d'oxydation relevées sur les squelettes au niveau de la poitrine. D'autres étaient inhumés directement en pleine terre, dans des linceuls. La disposition des individus suit un ordre très constant : les défunts étaient inhumés parallèlement à l'église, avec la tête au nord-ouest, sauf pour un individu qui a été déposé dans le sens inverse. La densité de squelettes était inattendue pour les archéologues : ils étaient serrés les uns contre les autres, puis empilés, traduisant bien la forte quantité d'inhumations qui a mené les résidents à s'en plaindre. C'est pour cette raison, mais également par un échancier inflexible et des fonds

insuffisants, que la moitié de la superficie de la zone initiale de fouille a dû être excavée à l'aide de machinerie lourde. De nombreux ossements ont ainsi été récupérés par un procédé de surveillance archéologique, et ont été attribués à environ cinquante-deux individus. Par contre, la fouille des autres opérations, réalisée par les archéologues et avec des techniques plus fines, a permis l'exhumation des restes d'au moins quatre-vingt-trois individus (Cloutier, 2000).



**Figure 10.** Sépultures découvertes lors de la fouille de 1999 (Cloutier, 2000). Photos C. Cloutier.

La deuxième campagne de fouilles, menée par Daniel Simoneau en 2003 (figure 9 ; Simoneau, 2003), a permis la découverte d'une douzaine de squelettes humains le long du mur est et dans la cave de l'église, dans le chœur actuel, dans une zone située à l'extérieur de la chapelle de 1848. Les défunts ont tous été placés selon la même orientation que celle observée par Céline Cloutier et son équipe, dans des cercueils, et également de manière superposée. La fouille a été réalisée minutieusement, et chaque sépulture a pu faire l'objet d'un relevé précis. À la fois dans la fouille de Céline Cloutier et dans celle de Daniel Simoneau, peu d'artefacts ont été trouvés en relation avec les sépultures, ce qui n'est pas étonnant étant donné que les protestants prônaient un dépouillement total des richesses

personnelles dans la tombe. La majorité du mobilier est constituée de quincaillerie funéraire (poignées, clous et tissus de cercueils) et d'articles d'habillement simples (boutons, épingles). Cependant, quelques pièces de monnaie ont été trouvées, ainsi qu'un porte-bouquet, des bagues (Cloutier, 2000), des boutons de manchette en or et une petite boîte ovale en métal contenant peut-être du tabac (Simoneau, 2003).

La dernière campagne de fouille a eu lieu très récemment, à l'été 2009, et a permis la mise au jour d'environ 80 squelettes (Robert Larocque, comm. pers., 2009).

Tous les individus exhumés du cimetière Saint-Matthew doivent faire un jour l'objet d'une réinhumation dans un autre cimetière, une fois les études bioarchéologiques terminées. Pour l'instant, les restes humains et artefacts associés sont conservés aux laboratoires d'archéologie de l'Université Laval à Québec.

## II. CONTEXTE HISTORIQUE DE LA POPULATION DE QUÉBEC ENTRE LA CONQUÊTE BRITANNIQUE ET 1860

---

### 1. CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES ET NUTRITIONNELLES D'UNE POPULATION HÉTÉROCLITE

---

Les premiers Britanniques à s'établir dans la ville de Québec sont arrivés peu après la Conquête. D'abord en provenance de la Nouvelle-Angleterre, puis d'Angleterre et d'Écosse après la signature du Traité de Paris en 1763, ils s'établissent dans une ville délabrée par les bombardements de la guerre, aux côtés d'une population canadienne-française démunie. Rapidement, ils tirent parti des avantages économiques du port de Québec par la construction navale et l'exportation de marchandises agricoles vers la Grande-Bretagne et les Antilles. Ils accaparent sans peine du commerce de gros et diminuent notablement la place des Canadiens-français dans le commerce de détail (Hare *et al.*, 1987).

À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, la grande majorité des résidents de Québec sont des Canadiens-français, alors que les Britanniques protestants représentent entre 20 et 25 % de la population globale de la ville (Ruddel, 1991). La part de la population anglophone n'est pas réservée aux seuls protestants, notamment en raison d'une forte immigration des Irlandais catholiques, qui constituent environ un cinquième des habitants en 1830 (Hare *et al.*, 1987). Des esclaves noirs et amérindiens font également partie de cette population hétéroclite. Dénombrés à 3 604 individus au moment de la conquête dans la capitale, ils sont libérés pour les derniers en 1834, année d'abolition de l'esclavage en Grande-Bretagne (Blair, 2005). La forte immigration de personnes d'origine européenne, mais aussi états-unienne, vient fortement augmenter la population résidente de la capitale en un siècle : le nombre d'habitants passe de 6 700 en 1790 à 15 839 en 1818, pour atteindre 45 940 habitants en 1851 (Hare *et al.*, 1987).

S'ajoutent à ces chiffres les Britanniques protestants de passage. Parmi ceux-ci figurent les militaires, recensés entre un et deux milliers dépendamment des années, et qui restent pour une période de trois ou quatre ans. De même, nombre de marins séjournent à Québec quelques semaines seulement, leur nombre moyen par année s'élève à 3 450 entre

1808 et 1818. Enfin, les immigrants constituent un groupe important d'arrivants à Québec qui continuent pour la plupart leur route vers le Haut-Canada ou les États-Unis (Hare *et al.*, 1987 ; Ruddel, 1991). Les moyennes annuelles d'immigrants définitifs et de passage qui passent par le port de Québec sont très élevées : 22 444 personnes en 1833, et 35 895 en 1852, toutes origines et religions confondues (Ouellet, 1971).

Le caractère hétérogène de la population protestante de Québec, souligné par les sources historiques, nous amène à soulever la question de l'origine des individus enterrés au cimetière Saint-Matthew. Ces derniers sont en majorité des protestants résidents de la ville de Québec. Il existe cependant une possibilité que d'autres individus y aient été enterrés car, selon Ruddel (1991), au début du XIX<sup>ème</sup> siècle, on enterrait les marins, les soldats et autres visiteurs étrangers dans les cimetières protestants, sans tenir compte de leur religion. De plus, même au sein de la communauté protestante de la capitale, l'origine géographique pouvait être diverse : européenne, canadienne, états-unienne, ou d'autres origines si quelques esclaves y étaient inhumés. Nous présumons donc, dans cette étude, que les résultats obtenus seront ceux de la communauté majoritaire parmi les inhumés dans ce cimetière, soit la communauté protestante locale et résidente. Cette étude, appliquée sur un premier échantillon extrait de cette population, va nous fournir des informations en lien avec les conditions de vie de l'époque, quelle que soit l'origine des individus.

Malgré plusieurs liens d'affaires et par alliance (mariages) entre Canadiens-français catholiques et Britanniques protestants, ces deux groupes ethniques majoritaires dans la capitale ont tendance à s'isoler l'un de l'autre, tant en raison de leurs habitudes sociales, que de leurs origines. Ce clivage religieux et socioéconomique peut s'observer par leur répartition dans la ville puisqu'ils n'occupent pas les mêmes quartiers, ainsi que par les professions qu'ils occupent. Les Britanniques dirigent le secteur militaire, l'administration civile, ainsi que le commerce d'exportation et d'importation. En 1805, plus de la moitié des travailleurs de langue anglaise œuvrent dans le milieu des affaires et des professions libérales. De plus, près de 40% des artisans hautement qualifiés (armuriers, ébénistes, horlogers, relieurs, etc.) sont britanniques, ce qui dépasse leur proportion au sein de la population totale (Hare *et al.*, 1987 ; Ruddel, 1991). Les Canadiens-français, quant à eux, dominent dans les métiers du bois, du cuir et de la construction, et sont en compétition pour

cela avec les Irlandais. Malgré un accaparement manifeste des professions administratives et commerçantes par les Britanniques, les Canadiens conservent tout de même leur place dans certains métiers de luxe tels que la sculpture et l'orfèvrerie (Hare *et al.*, 1987).

Les résidents de Québec subissent les nombreuses fluctuations de l'économie britannique depuis la reprise graduelle des activités après la Conquête. Des périodes de prospérité économique s'intercalent avec des périodes plus difficiles, notamment dans le domaine de l'agriculture. De plus, l'économie de la ville reposant essentiellement sur le commerce maritime, l'activité qui lui est liée est limitée à cinq ou six mois par année, forçant les travailleurs au chômage pour l'hiver à trouver d'autres activités pour assurer leur subsistance (Ouellet, 1971 ; Hare *et al.*, 1987).

Une douzaine de périodes de mauvaises récoltes, réparties entre 1759 et 1860, ont eu pour conséquence une augmentation importante des prix des denrées alimentaires, se traduisant très souvent par des périodes de pénurie. Des comités de bienfaisance sont alors mis en place pour aider les plus pauvres au cours de l'hiver, mais leurs efforts sont minces en comparaison avec la quantité de nécessiteux (Ouellet, 1971 ; Hare *et al.*, 1987). En temps normal, une grande variété alimentaire était disponible à Québec, soit par une production locale, soit par l'importation à partir des Antilles et de la Grande-Bretagne (tableau II). Cependant, la majorité des habitants consommaient surtout des aliments de base tels que le bœuf, le poulet, la morue fraîche, le lard salé, la pomme de terre, les pois, le pain, les œufs, le beurre, la mélasse et le rhum (Paquet et Wallot, 2007). Lors des années de vache maigre, les pommes de terre étaient le plus souvent consommées, et pour les plus pauvres, du pain et du lait, lorsque ceux-ci étaient disponibles (Ouellet, 1971).



<b>Groupes alimentaires</b>	<b>Produits disponibles</b>
Viandes et œufs	Bœuf, poulet, porc, mouton, canard, dinde, lièvres, oies, perdrix, œufs de poule
Poissons et fruits de mer	Morue, saumon, truite, esturgeon, maskinongé, carpe, huîtres
Produits laitiers	Lait, beurre, fromage
Céréales	Blé, avoine, maïs, riz
Légumes	Pommes de terre, carottes, oignons, choux, navets, fèves, pois, fenouil, betteraves, asperges
Fruits	Pommes, prunes, raisins, bleuets, canneberges, fraises, figues, citrons, oranges
Édulcorants et sucreries	Sirop d'érable, sucre de canne brun et raffiné, mélasse, biscuits et gâteaux, chocolat
Condiments	Sel, poivre, moutarde, échalote, anis, coriandre, safran, muscade
Autres	Vinaigre, huiles de poisson et végétales, amandes
Boissons	Café, thé, rhum, bières, vin, eau-de-vie, cognac, cidre

**Tableau II.** Aliments et boissons disponibles aux habitants de la ville de Québec entre 1760 et 1860 (cette liste non exhaustive a été réalisée à partir de Benoit, 1970 ; Ouellet, 1971 ; Gotlieb, 1972 ; Comer, 2000 ; Paquet et Wallot, 2007).

---

## 2. UN ENVIRONNEMENT URBAIN DÉFAVORABLE

---

Les immigrants, arrivant par vagues successives dans le port de Québec, se répartissent rapidement dans la ville et constituent le point de départ de nombreuses épidémies. Celles-ci font des ravages parmi les habitants de la ville, et s'additionnent aux pathologies récurrentes déjà présentes, comme la grippe et les maladies vénériennes, à une hygiène personnelle et urbaine déficiente, aux périodes de famine, ainsi qu'à une forte densité de population, qui passe de 560 habitants au kilomètre carré en 1818 à 1 840 en 1851 (Hare *et al.*, 1987). Les mesures de quarantaine appliquées à l'arrivée de bateaux à partir de 1823 n'ont pas eu les effets escomptés car elles avaient lieu au sein même des installations portuaires, et seulement dans les cas où les immigrants montraient des signes apparents de maladie. C'est ainsi que le choléra, surtout apporté par les migrants irlandais, tue 3000 personnes dans la capitale en 1832, plus de 2 000 en 1834, et 1 200 en 1849. De même, la vérole, qui décime plus d'un millier d'habitants en 1793, réapparaît en 1799,

1812, 1824, 1830 et 1832. Le typhus, tout aussi généralisé au sein de la population, frappe surtout au milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle. On note également la présence de fièvre typhoïde et de varicelle (Hare *et al.*, 1987 ; Ruddel, 1991).

Les conditions sanitaires déplorables du milieu urbain sont également une cause importante de mortalité des habitants de Québec. L'absence d'un système d'aqueduc et la mauvaise condition des égouts sont en grande partie responsables de la propagation des maladies par l'infiltration dans le sol des eaux usées contaminées qui se retrouvent dans les puits. Ces eaux s'écoulent soit dans des rigoles de chaque côté ou au milieu des rues, soit dans des tuyaux rudimentaires de bois ou de grès. Elles se déversent ensuite dans la rivière Saint-Charles ou directement dans le fleuve, et c'est le long de leurs berges qu'une partie des eaux de consommation est puisée. De plus, les rues sont pour la plupart non pavées, et la boue s'y accumule. Les habitants et commerçants alimentaires, notamment les bouchers, y jettent leurs déchets, même si certains ont des latrines dans leurs cours. La proximité avec les animaux constitue également un problème d'hygiène publique, puisque l'on dénombre au moins 700 chevaux à Québec en 1826, sans compter les poules, les chiens, les vaches et les porcs (Hare *et al.*, 1987 ; Ruddel, 1991 ; Goyette, 1999).

Ces problèmes liés au contexte urbain impliquent des conséquences significatives sur la mortalité des habitants de Québec par rapport au reste de la province. Le taux de mortalité de la population du Bas-Canada est estimé à 27,2 pour mille entre 1761 et 1800, puis à 25 pour mille entre 1831 et 1840 (Hare *et al.*, 1987 ; Paquet et Wallot, 2007). Bien que les protestants de Québec bénéficient de conditions de vie meilleures que les Canadiens-français, leur taux de mortalité dans la capitale est estimé à 33,5 pour mille à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle. Pour la population catholique de la ville, majoritairement des Canadiens-français et Irlandais, ce taux oscille aux alentours de 40 pour mille (Ruddel, 1991). Entre 1830 et 1832, lors des grandes épidémies de choléra et de variole, il atteint 86 pour mille (Hare *et al.*, 1987). Ce sont les jeunes enfants qui sont les plus touchés : leur taux de mortalité dépasse 280 pour mille naissances entre 1820 et 1840, ce qui est de 60% supérieur au taux du Bas-Canada. Lors de la décennie 1780-1790, il atteint un point critique : plus de la moitié des enfants nés à Québec meurent avant l'âge de cinq ans (Hare *et al.*, 1987 ; Ruddel, 1991 ).

Ces problèmes d'hygiène publique ne sont pas uniques à Québec lors de la période préindustrielle : nombre de grandes villes américaines et européennes ont dû leur faire face

en modernisant leurs infrastructures. La mortalité à Québec reste cependant plus importante qu'à Montréal en raison d'un nombre plus fréquent de disettes, ainsi que par rapport aux grandes villes nord-américaines des XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles comme Boston, New York et Philadelphie (Ouellet, 1971 ; Ruddel, 1991).

### III. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE SUBSÉQUENTE

---

#### 1. PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS DE RECHERCHE

---

La population exhumée du cimetière Saint-Matthew a déjà fait l'objet de deux études bioarchéologiques complètes sous la forme de mémoires de maîtrise (Arpin, 2006 ; Perron, 2006). Le mémoire de Caroline Arpin traite de la paléodémographie des individus exhumés lors des fouilles de 1999 et 2003 en comparant les profils démographiques obtenus par l'observation des squelettes (âge au décès et sexe) à ceux des registres paroissiaux liés à l'utilisation du cimetière. Son travail a mis en évidence les problèmes inhérents aux méthodes ostéologiques de détermination de l'âge et du sexe des individus, ainsi qu'une sous-représentation des très jeunes enfants (0 à 1 an) attribuée à un site d'enterrement différent où à une mauvaise collecte de ces petits os fragiles lors des fouilles (Arpin, 2006). Jean-Sébastien Perron, quant à lui, s'est intéressé aux contraintes physiques subies par les hommes adultes exhumés du cimetière Saint-Matthew, par l'observation et la quantification des enthésopathies, soit les pathologies liées aux stress mécaniques subis par le squelette, et de l'asymétrie des os des membres. Par la confrontation de ces données avec les connaissances historiques sur les types de profession pratiqués par les protestants de Québec, il a pu établir quatre groupes d'individus pouvant correspondre à des catégories d'activité professionnelle différentes, potentiellement liées à divers statuts dans la hiérarchie sociale (Perron, 2006). Deux autres travaux de recherche sont également en cours sur la population de Saint-Matthew : un mémoire de maîtrise sur la croissance des enfants, par Étienne Taschereau, ainsi qu'une thèse de doctorat ayant pour sujet la paléopathologie, par Vanessa Oliver-Lloyd.

Le présent projet s'intègre parmi ces quatre travaux de recherche en abordant le thème de la paléonutrition. Dans la continuité des études bioarchéologiques récentes traitant la nutrition de manière plus globalisante (voir chapitre 1), ce projet adopte un double point de vue sur le sujet. En effet, des informations directes sur les comportements alimentaires de l'époque seront obtenues par des analyses isotopiques, puis des informations de nature plus indirecte seront révélées par des observations paléopathologiques.

L'objectif du présent projet de recherche est donc d'explorer la relation entre la nutrition et l'état de santé de la population exhumée du cimetière Saint-Matthew. Nous étudierons à la fois les niveaux interpopulationnel et intrapopulationnel, toujours en lien avec le contexte socioéconomique des groupes humains à l'étude. Les questionnements à grande échelle vont nous permettre de traiter cette problématique en situant la population de Saint-Matthew par rapport à la variation disponible concernant d'autres populations contemporaines du Canada et des États-Unis. Ceci pourra également augmenter notre compréhension de la nutrition et de l'état de santé de la population étudiée par rapport à son contexte socioéconomique. En abordant l'étude plus précise, intrapopulationnelle, nous chercherons à identifier et à expliquer les variations internes de la population de Saint-Matthew en lien avec les comportements alimentaires, l'état de santé et leurs interactions.

Nous allons ainsi tenter de répondre aux quatre questions suivantes :

1. Par l'étude d'informations directes (ratios isotopiques) et indirectes (paléopathologies) sur la paléonutrition, quel est le portrait global du régime alimentaire de la population urbaine de Saint-Matthew ?

D'après les sources historiques, la population de la ville de Québec s'insère dans un contexte préindustriel particulièrement difficile par rapport au reste de la province. Les caractéristiques socioéconomiques, épidémiologiques et nutritionnelles de ces individus nous permettent d'anticiper la présence des traces de ces conditions de vie lors des analyses. Ainsi, il paraît logique que les problèmes de santé récurrents liés au contexte urbain (maladies infectieuses, hygiène déficiente) et à l'alimentation (famines, nourriture non équilibrée) se reflètent, au moins en partie, sur les os et les dents des individus. De même, les comportements alimentaires de ces personnes, qui découlent de leurs conditions de vie, vont être caractérisés par les analyses paléochimiques. Il serait possible par exemple de constater une faible part d'aliments riches en protéines dans l'alimentation, qui pourrait correspondre à des problèmes alimentaires récurrents (ex. disettes).

2. Peut-on constater des similarités ou des différences de comportements alimentaires et d'état de santé entre Saint-Matthew et d'autres sites de la période préindustrielle

au Canada, aux États-Unis ? Comment la population de Saint-Matthew se situe-t-elle dans cette variation ?

Les dures conditions de vie subies par la population de Québec, telles que décrites précédemment, devraient se refléter sur l'état de santé et les caractéristiques nutritionnelles des individus de Saint-Matthew. Il sera alors possible d'essayer d'établir des liens entre ces variables sur une plus large échelle, mettant en jeu une partie du continuum des conditions de vie urbaines en Amérique du Nord.

3. Peut-on observer des changements majeurs dans le comportement nutritionnel en fonction des données paléodémographiques (âge au décès, sexe) de la population de Saint-Matthew ?

Certaines catégories de la population devraient montrer des caractéristiques particulières, notamment les jeunes enfants qui sont très touchés par des problèmes de mortalité élevée en lien avec les infections et la malnutrition. D'éventuelles différences entre les sexes ne sont pas mentionnées par les sources historiques utilisées pour cette étude. Cependant, elles existent certainement, dans une amplitude à déterminer, et pourraient être liées, par exemple, aux différentes activités quotidiennes professionnelles et domestiques pratiquées selon les sexes.

4. Le degré variable de l'état de santé des individus de la population de Saint-Matthew peut-il être corrélé à des différences d'ordre nutritionnel ? Si c'est le cas, ces dernières peuvent-elles être mises en relation avec le contexte socioéconomique de l'époque (origines diverses des individus, accès différentiels aux ressources alimentaires) ?

Il serait possible de constater, par exemple, que les individus au régime alimentaire moins approprié (ex. moins de protéines) soient en moins bonne santé que ceux qui consommaient des aliments plus nutritifs (ex. viande). Ces mêmes groupes d'individus pourraient alors être caractéristiques de différents statuts socioéconomiques au sein de la société protestante de Québec.

---

## 2. RÉALISATION DES OBJECTIFS ET LIMITES DE CETTE RECHERCHE

---

Les bioarchéologues qui étudient les populations québécoises anciennes sont peu nombreux (ex. Gagné, 1982, 1995, 2004 ; Larocque, 1990, 1994, 1999, 2000, 2007 ; Ribot et Boisjoli, 2007 ; Ribot *et al.*, à paraître), et ont rarement la possibilité d'appliquer de nouvelles méthodes d'étude des populations telles que la paléogénétique ou la paléochimie, excepté dans un contexte universitaire. Dans le milieu professionnel, le manque de financement et de reconnaissance de la discipline confère des limites à son développement (Larocque, 2004).

Ce projet de recherche, pour la première fois en bioarchéologie québécoise, va combiner plusieurs types de données paléonutritionnelles à l'aide de méthodologies encore inusitées dans la province. En effet, afin d'être en mesure de quantifier le régime alimentaire de chaque individu, des analyses isotopiques du carbone et de l'azote sur le collagène des os ont été pratiquées. De plus, l'état de santé de la population a été évalué à partir de l'observation des marqueurs osseux et dentaires en suivant notamment une méthode novatrice de quantification des données, l'« indice de santé globale », mise au point par Steckel *et al.* en 2002. Toutes ces données feront l'objet d'une double approche qui correspond aux deux types de questionnements présentés précédemment (études inter-, puis intrapopulationnelle), afin de tenter de fournir davantage d'éléments de réponse aux questions de recherche (méthodes détaillées dans le chapitre 3).

### 2.1. Étude interpopulationnelle

L'étude comparative avec d'autres populations nord-américaines, ou « étude interpopulationnelle », sera appliquée à la fois pour le régime alimentaire et l'état de santé. Elle permettra de répondre à la question de recherche numéro 2 en lien avec la place de Saint-Matthew dans la variation de l'état de santé et des comportements alimentaires, ainsi qu'en grande partie à la question de recherche numéro 1 qui porte sur le portrait global du régime alimentaire de la population d'étude, et qui constitue la base de l'étude paléonutritionnelle. Pour cela, les résultats des analyses paléochimiques, sous forme de ratios isotopiques  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ , seront confrontés à ceux d'autres populations archéologiques canadiennes et états-uniennes pour lesquelles ces données sont disponibles.

Ceci nous permettra, outre d'apprécier les différences et similitudes entre celles-ci, de mieux comprendre la composition du régime alimentaire des individus à l'étude.

Les données paléopathologiques pourront également être comparées à celles issues d'autres populations. Pour cela, nous avons choisi la méthodologie de l'indice de santé de Steckel *et al.* (2002) telle que décrite dans le chapitre précédent. Elle permet une comparaison standardisée avec les autres populations nord-américaines pour lesquelles elle a déjà été appliquée. Comme le prônent les auteurs, l'étude se fait surtout à un niveau « global », c'est-à-dire à grande échelle, en ne tenant compte que des grandes tendances pathologiques des populations à l'étude. Pour ce travail de recherche, la méthode de l'indice de santé permet une première collecte et quantification des données paléopathologiques sur les individus de Saint-Matthew.

## 2.2. Étude intrapopulationnelle

L'étude des variations paléonutritionnelles au sein de la population de Saint-Matthew, ou « étude intrapopulationnelle », va nous permettre d'aborder les questions de recherche numéros 3 et 4, soit respectivement l'étude d'éventuels changements des comportements alimentaires en fonction des données paléodémographiques, puis des relations possibles entre état de santé et nutrition. Nous pourrions également compléter les informations déjà obtenues par l'étude interpopulationnelle pour la question numéro 1 qui consiste en la reconstruction du portrait alimentaire global de la population de Saint-Matthew.

D'abord, les variations des ratios isotopiques du carbone et de l'azote, ainsi que celles des fréquences et des degrés de sévérité des marqueurs osseux et dentaires à l'intérieur de la population seront étudiées séparément en fonction de l'âge et du sexe des individus. Ensuite, la confrontation de toutes les données (analyses bivariées entre données isotopiques et paléopathologiques) nous permettra d'obtenir une vision globale sur la paléonutrition de la population de Saint-Matthew.

Pour l'étude paléopathologique, étant donné que les informations recueillies à l'aide de la méthode de l'indice de santé sont peu détaillées, nous avons choisi d'utiliser des méthodes de quantification des lésions qui comportent un plus grand nombre de degrés de



sévérité. Ces dernières nous permettent de mieux distinguer les nuances de l'expression des pathologies chez les individus. De plus, certains indicateurs seront rajoutés, comme c'est le cas pour le diagnostic du scorbut, du rachitisme et des lésions endocrâniennes. D'autres seront retirés car ils n'apportent pas d'informations claires sur la nutrition (abcès dentaires, pathologies dégénératives des articulations, traumatismes).



## **CHAPITRE 3**

### **MATÉRIELS ET MÉTHODES**



---

## I. PALÉODÉMOGRAPHIE DE LA POPULATION D'ÉTUDE

---

Quatre-vingt-quinze squelettes humains exhumés lors des fouilles de 1999 et 2003 ont été étudiés pour ce projet de recherche. L'établissement des données paléodémographiques de base, soit l'estimation de l'âge au décès et la détermination du sexe des individus, a été réalisée au tout début de ce travail, et constitue une source de comparaison très importante pour ce projet de recherche. La précision variable des méthodes, ainsi que la diversité des populations de référence sur lesquelles elles ont été mises au point constituent des sources d'erreurs importantes pour ces données de base. Il a donc été privilégié une approche regroupant diverses méthodes afin d'obtenir un résultat le plus fiable possible (White, 2000 ; Bass, 2005).

---

### 1. ESTIMATION DE L'ÂGE AU DÉCÈS

---

L'estimation de l'âge au décès des individus a été menée à l'aide d'une combinaison de méthodes métriques et non métriques (tableau III). Pour les individus immatures, l'observation du développement dentaire a été privilégiée en raison d'une plus grande précision bien établie de cette méthode. En effet, le développement dentaire est étroitement corrélé à l'âge chronologique car la part génétique qui le sous-tend est très importante, et dépasse celle de la majorité des autres indicateurs de croissance du squelette (White, 2000). De plus, l'utilisation des dents est avantageuse dans un contexte bioarchéologique puisqu'il s'agit des tissus humains qui se conservent le mieux lors de la période d'enfouissement de par leur densité importante (Bello *et al.*, 2002a ; White et Folkens, 2005). La méthode choisie, celle d'Ubelaker (1999:64), prend en compte à la fois les étapes de formation et d'éruption dentaire et est simple d'utilisation : elle requiert seulement une comparaison des maxillaires des juvéniles avec des schémas de développement dentaire classés par âges.

Les autres méthodes d'estimation de l'âge au décès des immatures utilisées dans cette étude sont liées au développement du reste du squelette. Une méthode non métrique, l'observation des étapes de la fusion des os (éléments non fusionnés, en cours de fusion, puis complètement fusionnés), a été appliquée à de nombreux éléments du squelette, lorsque ceux-ci étaient disponibles. C'est le cas des os longs des membres, des os du crâne (ex. fusion des fontanelles, de l'occipital, des anneaux tympaniques, etc.), des os du

squelette axial (vertèbres, côtes, sternum) et des ceintures pelviennes et scapulaires (coxal, sacrum, scapula, clavicules). En comparaison à des données déjà établies à ce sujet par plusieurs auteurs (Redfield, 1970 ; Weaver, 1979 ; Buikstra et Ubelaker, 1994 ; Ubelaker, 1999 ; Scheuer et Black, 2004 ; Baker *et al.*, 2005), ces méthodes permettent d'établir, par recoupement des périodes de fusion des métaphyses, un âge ou une fourchette d'âge correspondant au décès des individus.

Des mesures réalisées sur plusieurs os du squelette nous permettent également d'obtenir des informations sur l'âge au décès. En effet, si l'on considère que la croissance comporte une influence génétique non négligeable, la taille des enfants est fonction de leur âge. Ainsi, plusieurs éléments anatomiques peuvent être mesurés : les os longs, qui ont été comparés aux standards établis par Maresh (1970), mais aussi les clavicules (Scheuer et Black, 1996), et l'apophyse basilaire de l'occipital (Scheuer et Black, 1994). Cependant, ces résultats sont à prendre avec précaution car la taille des enfants peut aussi refléter des périodes de stress de leur vie ; ils sont alors possiblement petits pour leur âge (retards de croissance, Larsen, 1997). Les résultats obtenus avec les méthodes métriques n'ont donc servi ici que de confirmation à ceux provenant des méthodes précédentes, ou en cas d'absence des maxillaires et d'autres éléments clés du squelette. Une fourchette d'âge a alors été attribuée à chaque individu, permettant de les intégrer dans les catégories d'âge de l'étude.

Pour les adultes, plusieurs méthodes de détermination de l'âge au décès ont aussi été utilisées. L'observation des reliefs de la surface auriculaire du coxal a fait l'objet d'une comparaison avec la charte de Lovejoy *et al.* (1985). Une méthode plus récente a également été appliquée sur cette partie anatomique, celle de Schmitt et Broqua (2000), qui permet de comparer par des probabilités quatre critères de la symphyse pubienne à une population de référence. Cette dernière est la méthode privilégiée dans cette étude car elle correspond mieux aux réalités de l'estimation de l'âge des adultes, notamment pour l'attribution d'un âge aux sujets âgés (50 ans et plus) qui est souvent sous-estimé par les autres méthodes (Schmitt et Broqua, 2000 ; Debono *et al.*, 2004). Pour cela, elle évalue la probabilité que le squelette fasse partie de fourchettes d'âge de dix années (20-30 ans, 30-40 ans, etc.), plutôt que d'attribuer un âge « précis » comme dans la méthode de Lovejoy *et al.* (Schmitt et Broqua, 2000).

Les reliefs de la symphyse pubienne ont aussi été observés, suivant deux méthodes de comparaison avec des photographies et des croquis classés par âges (Todd et Suchey-Brooks, dans White et Folkens, 2005:376-378). Finalement, l'observation des stades de fusion des sutures crâniennes a permis de compléter les estimations avec la méthode de Meindl et Lovejoy (1985). Cette dernière permet d'allouer des fourchettes d'âge aux individus par l'attribution de scores de fusion à certaines zones prédéfinies des sutures crâniennes, puis leur addition (score total pour l'individu). Malheureusement, ces fourchettes d'âge sont très larges et atteignent plusieurs dizaines d'années, diminuant la précision des estimations. L'utilisation de cette méthode permet cependant de confirmer les résultats obtenus précédemment ou d'attribuer éventuellement une catégorie d'âge à un adulte pour lequel l'os coxal est absent.

<b>Méthode</b>	<b>Population de référence</b>	<b>Référence</b>
<b>Immatures :</b>		
<b>Formation et développement dentaire</b>	Amérindiens et Blancs Américains.	Ubelaker (1999:64)
<b>Fusion des os</b>	Population médiévale européenne Amérindiens de Grasshoper Pueblo (Arizona), XIII <sup>ème</sup> et XIV <sup>ème</sup> siècles AD. Groupement de diverses populations non énumérées Diverses populations, surtout américaines. Non précisé Non précisé	Redfield, 1970 Weaver, 1979  Buikstra et Ubelaker, 1994  Ubelaker, 1999  Scheuer et Black, 2004 Baker <i>et al.</i> , 2005
<b>Longueur des os longs</b>	Enfants Blancs Américains de 0 à 18 ans, 1915 à 1967	Maresh, 1970
<b>Adultes :</b>		
<b>Relief de la surface auriculaire</b>	Amérindiens du sites Libben (Ohio, Sylvicole récent), collection Hamman-Todd (Blancs et Noirs américains d'Ohio, XX <sup>ème</sup> siècle). Collection Hamann-Todd	Lovejoy <i>et al.</i> , 1985  Schmitt et Broqua, 2000
<b>Relief de la symphyse pubienne</b>	Collection Hamann-Todd	Todd et Suchey-Brooks, dans White et Folkens, 2005:376-378
<b>Stades de fermeture des sutures crâniennes</b>	Collection Hamann-Todd	Meindl et Lovejoy (1985)

**Tableau III.** Méthodes d'estimation de l'âge des immatures et des adultes utilisées dans cette étude.

L'estimation de l'âge au décès des individus adultes est plus difficile et moins précise que celle des juvéniles puisqu'elle s'appuie sur les processus dégénératifs du squelette qui sont beaucoup plus variables entre les individus que le phénomène relativement régulier de la croissance (Bass, 2005 ; White et Folkens, 2005). C'est pour cette raison que les catégories d'âge utilisées dans ce mémoire sont plus restreintes pour les jeunes enfants et s'élargissent avec l'âge. Elles sont les suivantes, en années révolues : 0 an (fœtus et nouveau-né) ; 0,5 an ; 1 an ; 1,5 an ; 2 ans ; 3 à 4 ans ; 5 à 7 ans ; 8 à 10 ans ; 11 à 13 ans ; 14 à 17 ans ; 18 à 22 ans ; 23 à 35 ans ; 36 à 50 ans et 51 ans et plus. Lors de l'analyse des données, d'autres catégories d'âge plus larges ont parfois dû être utilisées, soit en raison du nombre trop petit d'individus dans certaines d'entre elles, soit pour permettre la comparaison avec d'autres populations dont les regroupements ont été établis différemment.

---

## 2. DÉTERMINATION DU SEXE

---

La détermination du sexe des individus a été réalisée à l'aide des caractéristiques morphologiques du dimorphisme sexuel (tableau IV) : la robustesse générale du squelette, les attaches musculaires des hommes sont généralement plus développées que celles des femmes, et leurs os sont plus épais ; la morphologie du bassin et du sacrum, fortement liée à la reproduction ; et la morphologie du crâne, plus gracile chez les femmes que chez les hommes (méthode de Walker, in White et Folkens, 2005). Ces méthodes sont considérées fiables dans 80 à 90% des cas (White, 2000).

Les méthodes métriques ont consisté en des mesures de la longueur des os longs (méthode de Trotter et Gleser, dans Byers, 2005:200) et du diamètre des têtes humérale et fémorale (méthode de Stewart, dans Byers, 2005:201). Ces méthodes, basées sur les différences sexuelles de la stature des individus, sont parfois trompeuses, comme dans le cas d'un homme de petite taille ou d'une femme plutôt grande. De plus, elles ne donnent pas forcément de résultat clair en raison d'une zone importante de superposition des valeurs des mesures entre les sexes. Elles seront donc considérées ici comme secondaires pour la détermination du sexe, mais ont tout de même été utiles dans le cas d'individus qui ne sont représentés que par quelques os longs, en parallèle avec l'observation de leur robustesse relative, tout en conservant une certaine réserve quant à la fiabilité des résultats.



En raison du manque de différences morphologiques entre les garçons et les filles avant la puberté (Bass, 2005), la détermination du sexe des individus immatures (moins de 18 ans) n'a pas été tentée.

<b>Méthodes</b>	<b>Population de référence</b>	<b>Référence</b>
<b>Robustesse du squelette</b> <b>Morphologie du bassin et du sacrum</b> <b>Morphologie crânienne</b>	Non précisée	White et Folkens, 2005 Buikstra et Ubelaker, 1994
<b>Longueur des os longs</b>	Blancs et Noirs, 20ème siècle	Trotter et Gleser, dans Byers, 2005:200
<b>Diamètre des têtes humérale et fémorale</b>	Blancs et Noirs, 20ème siècle	Stewart, dans Byers, 2005:201

**Tableau IV.** Méthodes d'estimation du sexe des adultes utilisées dans cette étude.

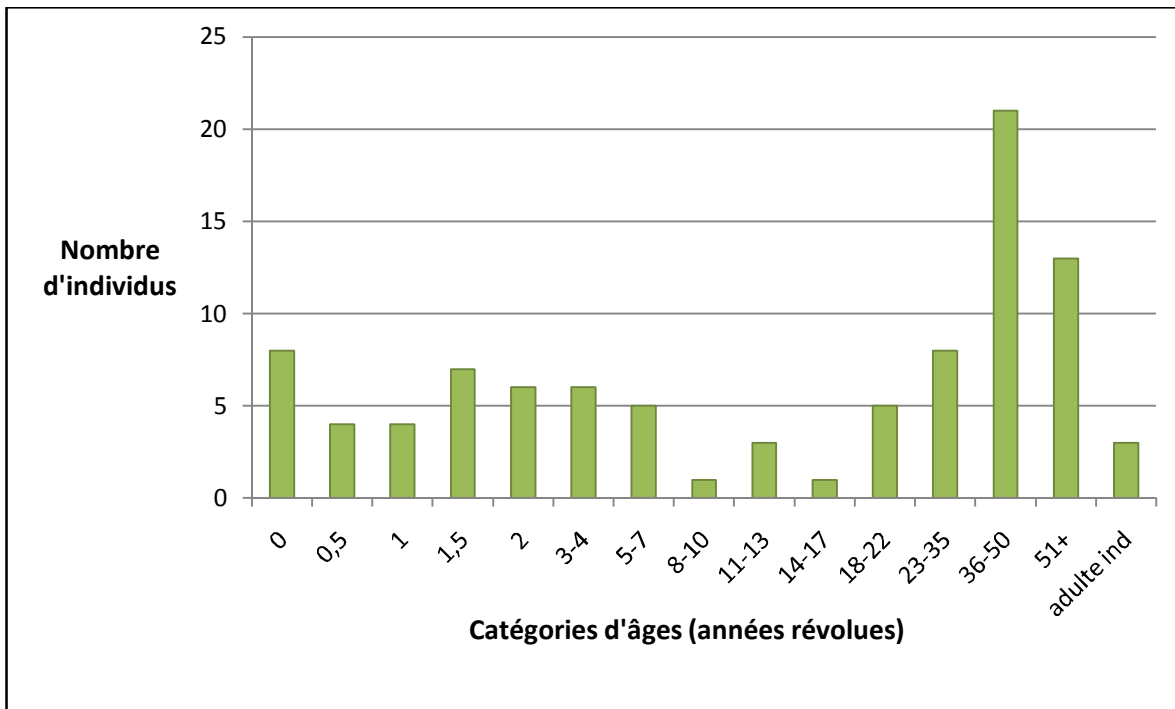
---

### 3. COMPOSITION DE L'ÉCHANTILLON

---

L'application de toutes ces méthodes a conduit à l'identification de 45 individus immatures de moins de 18 ans et de 50 adultes, dont 26 hommes et 24 femmes dans l'échantillon issu de la population de Saint-Matthew. Seules trois femmes n'ont pas pu faire l'objet d'une estimation de l'âge par manque de tous les éléments osseux caractéristiques. Le sexe de tous les adultes a été déterminé, mais pour 13 d'entre eux, un doute subsiste (individus « potentiellement » hommes ou femmes, voir annexe II). Pour simplifier l'analyse des données, ceux-ci ont cependant été catégorisés comme 8 individus masculins et 5 féminins.

Malgré les incertitudes liées à la fouille partielle du cimetière, à la mauvaise conservation des os des enfants, et aux fouilleurs plus ou moins expérimentés pour le repérage des os des jeunes enfants dans le sol, ainsi que la constatation de Caroline Arpin (2006) concernant la sous-représentation des bébés entre 0 et 1 an, la répartition des individus par catégories d'âge permet tout de même de constater la forte mortalité infantile de l'époque. En effet, on observe un pic de décès chez les très jeunes enfants : 37% des individus étudiés ont moins de 5 ans (n=35, figure 11). De plus, 47% des individus étudiés ont moins de 18 ans.

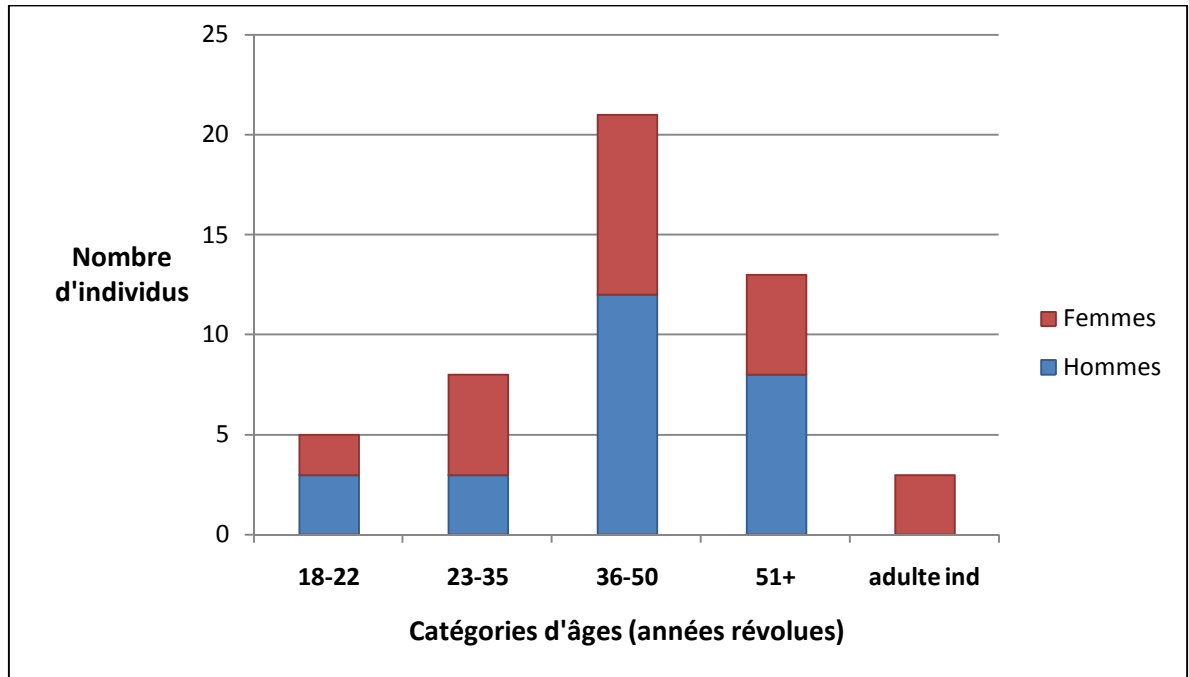


**Figure 11.** Répartition de l'échantillon étudié par catégories d'âge.

Le profil d'âges de l'échantillon met aussi en évidence un manque notable d'adolescents, et plus largement, d'immaturs entre 8 et 17 ans, ce qui pourrait refléter le hasard de la fouille ou une meilleure survie de ces classes d'âges malgré les difficultés rencontrées lors de la poussée de croissance finale (besoin accru de nutriments). Chez les adultes, on constate une augmentation du nombre d'individus jusqu'à un pic de décès pour la catégorie d'âge 36 à 50 ans, puis un nombre plus restreint d'individus âgés (51 ans et plus). Ce pic peut avoir plusieurs causes : il s'agit certainement d'une période de la vie où l'on mourrait beaucoup, mais il est également possible que, étant donné le caractère relativement imprécis des méthodes d'estimation de l'âge des adultes, des individus plus vieux ou plus jeunes aient été classés dans cette catégorie d'âge (Schmitt et Broqua, 2000).

La répartition des sexes par catégorie d'âge chez les adultes est illustrée dans la figure 12. On constate sur ce graphique que les deux sexes sont présents et bien représentés dans toutes les fourchettes d'âge, avec tout de même un nombre moins élevé de femmes dans la majorité des catégories. Cette différence n'est cependant pas significative quant à la mortalité puisque les échantillons sont très petits et que trois femmes n'ont pas pu faire l'objet d'une estimation de l'âge au décès. On ne constate pas de pic de mortalité chez les femmes dans la catégorie d'âge 18-22 ans pouvant correspondre aux décès liés au premier

accouchement. Par contre, parmi les 23-35 ans, deux femmes de plus que le nombre d'hommes sont présentes, mais cette différence n'est pas suffisante pour valider une telle hypothèse car des échantillons plus grands seraient nécessaires.



**Figure 12.** Répartition des sexes en fonction des catégories d'âge pour les individus adultes de la population de Saint-Matthew.

---

## II. ANALYSES ISOTOPIQUES

---

---

### 1. PRÉPARATION ET TEST DES ÉCHANTILLONS

---

Afin de procéder aux analyses isotopiques du collagène des os, il est nécessaire de préparer les échantillons de manière adéquate, et d'être en mesure d'affirmer que les ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  qu'ils fournissent sont bien représentatifs du régime alimentaire des individus. Pour cela, la méthode d'extraction du collagène des os a été choisie parmi plusieurs et selon divers critères, puis deux tests ont été appliqués à tous les échantillons, dont un impliquant des analyses élémentaires. Ces tests ont pour but de déceler une éventuelle contamination de la matière organique liée à l'enfouissement. En effet, l'os dans le sol peut subir un ajout d'éléments chimiques (acide humiques, composés azotés) ou la perte d'une partie de sa matrice organique. Ces échanges de composés chimiques sont influencés notamment par la présence de microorganismes et de champignons et peuvent augmenter les erreurs dans les résultats des analyses subséquentes (Grupe *et al.*, 2000 ; Polet et Orban, 2001). Le collagène des os est cependant constitué de molécules très stables et est très résistant aux altérations diagénétiques quant à sa composition en isotopes stables (Chisholm, 1989 ; Ambrose, 1993). Les traitements mécanique (nettoyage des os) et chimique des échantillons diminuent largement la part des éventuels contaminants et font partie intégrante de la préparation des échantillons.

#### 1.1. Choix des échantillons

Le choix de l'os sur lequel sont prélevés les échantillons dépend du taux de remodelage osseux (voir partie II.1 du chapitre 1). Il doit alors être réalisé de la manière la plus constante possible pour permettre la comparaison : sur les squelettes étudiés, nous avons donc choisi des os de densité moyenne (côtes, mains, etc.). Malheureusement, leur indisponibilité sur certains squelettes nous a contraint d'utiliser des os au taux de renouvellement plus lent, comme des fragments d'os longs. La différence exacte du taux de renouvellement de ces différentes parties anatomiques est inconnue aujourd'hui (Fuller *et al.*, 2006). Afin de diminuer les effets du caractère destructif de ces analyses, la grande majorité des os prélevés pour cette étude est considérée d'intérêt secondaire dans les études bioarchéologiques car elle reflète des caractères généralement moins informatifs, en

comparaison au crâne par exemple. De même, les os porteurs de pathologies ont été autant que possible évités pour permettre leur observation future, mais aussi par un possible changement des ratios isotopiques dans les zones conséquemment remodelées (Katzenberg et Lovell, 1999).

Chaque échantillon prélevé a fait l'objet de multiples photographies et mesures standardisées (Buikstra et Ubelaker, 1994) avant d'être utilisé pour cette étude, afin de permettre l'utilisation de ces données pour d'éventuels travaux bioarchéologiques futurs. En suivant toutes ces conditions, les 82 os choisis sont en majorité des côtes (N=64), puis des os des mains et des pieds (3 phalanges et 4 métacarpes et métatarses), des clavicules (N=3), une scapula, un coxal et des os longs lorsque des éléments de densité moindre étaient indisponibles (N=6). Un seul individu a fait l'objet d'un prélèvement sur une côte pathologique car tout son squelette montrait des traces de remodelage osseux intense (individu 11A2.5).

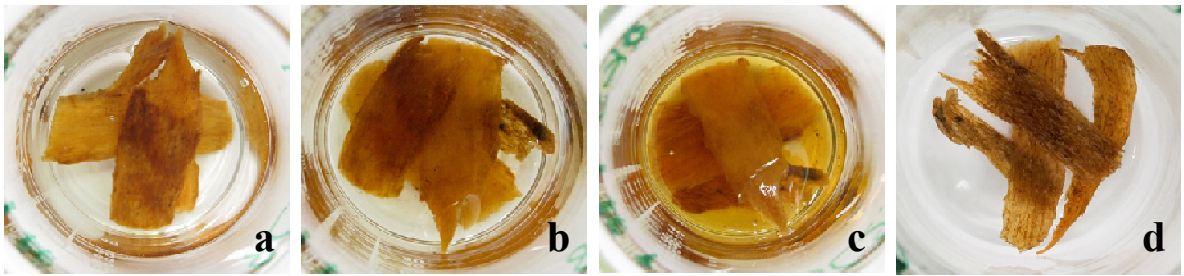
### 1.2. Extraction du collagène des os

Le choix de la méthode d'extraction du collagène pour ce projet s'est effectué parmi trois méthodes principales : celle de DeNiro et Epstein (1978, 1981), modifiée par Schoeninger et DeNiro en 1984 ; celle Tuross *et al.* (1988) ; et celle de Sealy (1986) et Sealy et van der Merwe (1986). Cette dernière a été sélectionnée, en raison du caractère simple des manipulations en laboratoire et de l'absence de procédés de filtration des résidus qui causent une perte significative de collagène. Les deux premières méthodes ont été écartées en raison de l'utilisation d'une solution d'acide très concentrée qui implique une dissolution non négligeable de collagène, bien qu'elle diminue sensiblement le temps imparti à la préparation des échantillons (Tuross *et al.*, 1988 ; Schwarz et Schoeninger, 1991). La méthode de Sealy (1986) et Sealy et van der Merwe (1986) s'est ainsi avérée être la plus appropriée pour cette étude : elle permet la récupération d'un maximum de collagène avec un minimum de risque d'erreur lors des manipulations en laboratoire, et diminue par conséquent l'éventualité de devoir réaliser un second prélèvement d'échantillons (M. Anne Katzenberg, Judith Sealy et Caroline Polet, comm. pers., 2009).

L'application de cette méthode a été réalisée en cinq étapes, et de manière à ne pas contaminer les échantillons par le port de gants en permanence et le nettoyage régulier des instruments utilisés (pipette, pinces) (figure 13) :

1. Un échantillon de 1 à 5 grammes d'os est nettoyé à l'aide d'une brosse à dents souple, puis passé dans un bain à ultrasons pendant 20 minutes. Il est ensuite rincé avec de l'eau distillée, puis mis à sécher à l'air libre sous une hotte pendant trois jours.
2. Les fragments d'os sec ainsi obtenus sont immergés dans une solution d'acide chlorhydrique (HCl) peu concentrée (1 à 5%) jusqu'à ce que la partie minérale de l'os soit retirée : l'échantillon devient alors translucide. La durée de ce traitement est de 10 à 15 jours dépendamment de l'épaisseur et de la densité de l'os, et la solution d'acide est changée tous les deux jours à l'aide d'une pipette. Une fois l'échantillon déminéralisé, il est rincé plusieurs fois avec de l'eau distillée.
3. Par la suite, on l'immerge dans une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration 0,125M pendant 20 heures, avec changement régulier de la solution. Ce traitement permet de retirer chimiquement les acides humiques et contaminants potentiellement présents dans l'os. Une fois le traitement terminé, il est de nouveau rincé plusieurs fois avec de l'eau distillée.
4. L'échantillon est congelé puis lyophilisé.
5. Une fois sec, il est découpé en petits morceaux et placé dans une capsule en étain selon un poids d'environ 0,7 mg. Il est alors prêt pour l'analyse avec le spectromètre de masse.

La préparation des échantillons ainsi que les analyses ont été réalisées au laboratoire d'isotopes stables du Géotop à l'Université du Québec à Montréal, sous la supervision de Jean-François Hélie, chercheur et gestionnaire de cet équipement de recherche. Les analyses isotopiques ont été effectuées à l'aide d'un système couplé « Isoprime – vario Micro cube » comprenant un système de préparation des échantillons (combustion des échantillons, chromatographie par gaz notamment) et un spectromètre de masse. Les analyses élémentaires du carbone et de l'azote pour le test des échantillons (voir sous-section suivante) ont été réalisées avec un analyseur élémentaire de type « Carlo Erba NC2500 ».



**Figure 13.** Étapes de la préparation des échantillons. a. après deux jours dans la solution de HCl à 2% ; b. après quatorze jours dans la solution de HCl à 2% (l'échantillon devient translucide) ; c. après 3h30 dans la solution de NaOH à 0,125M (on observe de la matière organique dissoute dans la solution) ; d. échantillon lyophilisé. Photos F. Morland.

### 1.3. Le « produit d'extraction » et le ratio C:N

Tous les échantillons ont été testés par deux procédures différentes afin de mettre en évidence une éventuelle mauvaise conservation du collagène et/ou une contamination lors de l'enfouissement des os dans le sol. La première, mise au point par Ambrose (1990), cherche à déterminer si la quantité de collagène obtenue après la préparation des échantillons (« produit d'extraction ») est suffisante pour obtenir un résultat fiable. Pour cela, il suffit de peser l'échantillon sec de départ, puis lorsqu'il est lyophilisé à la fin du processus d'extraction et de purification du collagène, et de déterminer à partir de ces poids la part de produit restant : si le produit d'extraction est de plus de 1%, l'échantillon est relativement bien conservé. Plus cette valeur est élevée (elle peut atteindre 25%), plus le collagène est bien conservé (Ambrose, 1990 ; Schwarcz et Schoeninger, 1991).

La seconde méthode de test, mise au point par DeNiro (1985), est basée sur une des propriétés chimiques du collagène. En effet, celui-ci démontre un ratio de carbone par rapport à l'azote de l'ordre de 3:1, ce qui n'est pas le cas des autres protéines de l'organisme pour lesquelles il est d'environ 5:1 (Schwarcz et Schoeninger, 1991 ; Ezzo, 1994, Katzenberg, 2008). Ainsi, le ratio C:N des échantillons doit se situer entre 2,9 et 3,6 pour qu'un échantillon de collagène soit considéré adéquat pour les analyses isotopiques. Si l'échantillon est caractérisé par un ratio C:N extérieur à cette fourchette de valeurs, le résidu organique obtenu n'est pas constitué de collagène à proprement parler, mais d'un produit issu de divers processus diagenétiques. L'échantillon est alors rejeté (DeNiro, 1985 ; Ambrose, 1990 ; van Klinken, 1999). Des analyses élémentaires du carbone et de l'azote ont donc été réalisées sur tous les échantillons prélevés sur les individus exhumés de Saint-Matthew.

Ces deux méthodes sont les plus couramment utilisées lors des analyses isotopiques en paléonutrition, et elles sont nécessaires pour la validation des données isotopiques et permettre leur interprétation (van Klinken, 1999 ; Roelf Beukens, comm. pers., 2008 ; Judith Sealy, comm. pers., 2009). Elles ne sont cependant pas les seules : par exemple, Tuross *et al.* (1988) décrivent une méthode de test du collagène en fonction de la quantité de chaque acide aminé contenue dans les échantillons. Il semble cependant que l'application de cette méthode relativement coûteuse n'apporte que peu d'informations supplémentaires sur la validité des échantillons (van Klinken, 1999).

---

## 2. TRAITEMENT DES DONNÉES

---

Les ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  des individus de la population de Saint-Matthew vont permettre d'obtenir des informations directes sur le régime alimentaire de l'époque de manière relative, soit en comparant les populations et les individus entre eux (Schwarcz *et al.*, 1985 ; Katzenberg, 1991 ; Sealy, 2006). Il n'est pas possible dans le cas de la population de Saint-Matthew de déterminer des proportions de certains types de ressources consommées comme il a été réalisé dans certaines études (Schwarcz *et al.*, 1985 ; Chisholm, 1989 ; Ambrose, 1993). En effet, ce type de reconstitution n'est possible que lorsqu'il existe dans notre population uniquement deux types de ressources différentes caractérisées par les isotopes, par exemple les ressources en C3 et en C4. On utilise alors des valeurs théoriques sous la forme de ratios isotopiques moyens des ressources en C3 (-26,5‰) et en C4 (-12,5‰), auxquelles il faut ajouter le facteur de fractionnement (5‰) (figure 1, page 19). Ainsi, les individus qui consomment 100% de ressources alimentaires en C3 ou en C4 auront des ratios isotopiques du carbone proche de -21,5‰ et de -7,5‰ respectivement. Dans le cas des populations de Québec des XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles, trois types de ressources capables de faire varier les ratios isotopiques du carbone sont consommées par les individus d'après les sources historiques (tableau II, page 55) : les ressources en C3 (céréales, viandes, fruits, légumes) qui le font diminuer, et les ressources en C4 (maïs, sucre de canne et ses dérivés) et marines (poissons de mer) qui le font augmenter. Il n'est donc pas possible d'appliquer une telle reconstitution proportionnelle aux ratios isotopiques du carbone dans ce contexte. Les mêmes limites se posent pour les



ratios isotopiques de l'azote puisque les ressources riches en protéines qui font augmenter les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  pour la population de Saint-Matthew peuvent être de deux origines distinctes, soit les ressources terrestres (viande, produits laitiers) et aquatiques (poissons marins et d'eau douce), et leurs ratios isotopiques moyens sont différents (figure 1, page 19 ; tableau I, page 36).

Les éventuelles différences nutritionnelles (ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) mises en évidence entre les individus de la population de Saint-Matthew selon les données paléodémographiques (âge, sexe) sera réalisée à l'aide de tests de t de Student pour échantillons indépendants et de tests de U de Mann-Whitney (variables ne suivant pas la loi normale), ainsi que des tests du chi-carré pour les variables ordinales et des droites de régression. La normalité des variables est évaluée selon la valeur de leurs coefficients d'aplatissement et d'asymétrie. Afin de réaliser le test de t de Student, le test de Levene est d'abord appliqué afin de constater l'égalité des variances des échantillons (test non significatif) ou l'inégalité des variances (test significatif). Le choix de la valeur de t pour le test de t de Student (hypothèse d'égalité ou d'inégalité des variances) va dépendre du résultat de ce test.

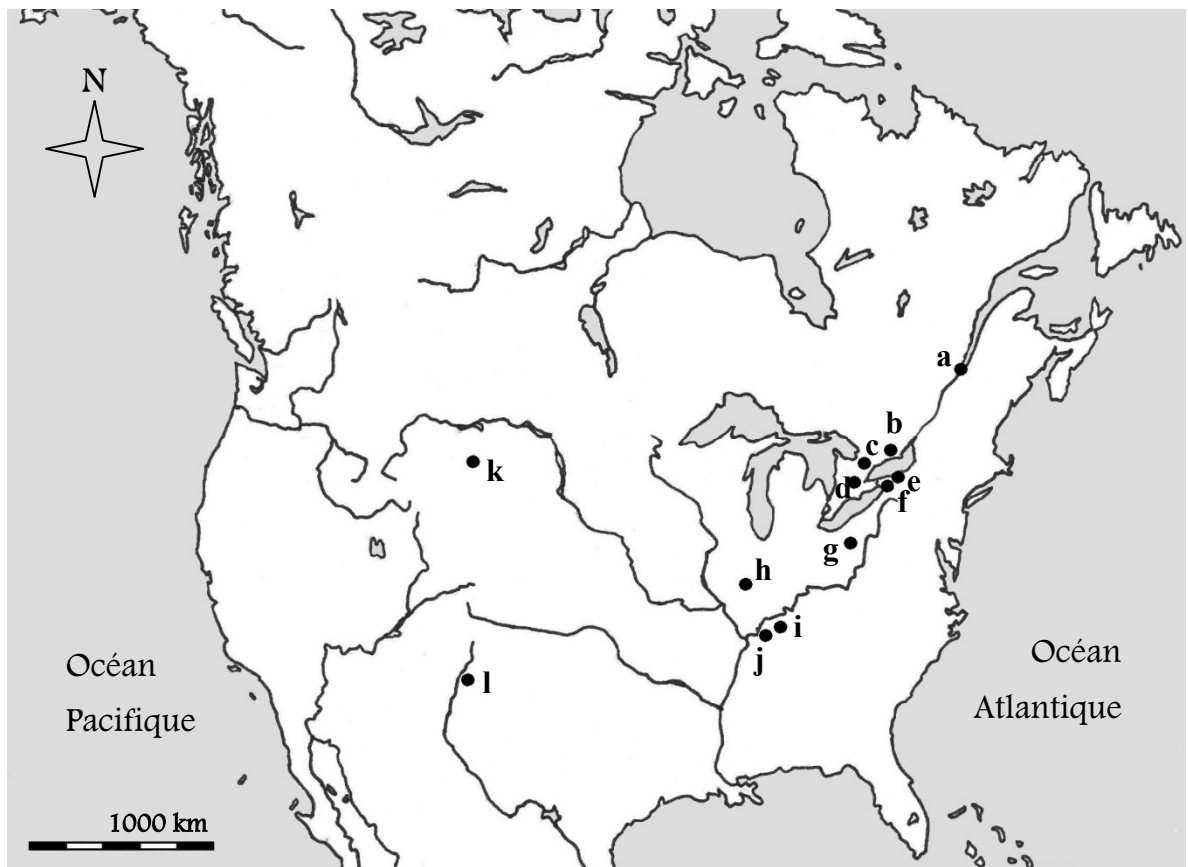
Les populations de comparaison utilisées dans cette étude au niveau paléochimique sont au nombre de dix (tableau V et figure 14). Cinq d'entre elles sont d'origine européenne (Canada et États-Unis) et vont permettre de resituer Saint-Matthew parmi une variation de groupes culturellement et temporellement similaires. Quatre populations amérindiennes pré-contact du Canada et des États-Unis ont également été ajoutées afin d'élargir le champ de variation comparative de cette étude. En effet, elles reflètent deux extrêmes du comportement alimentaire (ressources C3, puis C4 majoritaires), et permettent ainsi une meilleure compréhension des comportements alimentaires de la population de Saint-Matthew par rapport aux variations possibles dans l'est de l'Amérique du Nord. Enfin, une population constituée d'Inuits modernes d'Alaska a été ajoutée afin de mieux évaluer la variation des ratios isotopiques en fonction de la forte consommation de ressources marines riches en protéines. Étant donné que l'on ne dispose que de très peu d'informations sur ce groupe hormis son régime alimentaire, cette population ne sera pas étudiée en détail dans ce mémoire. En effet, il manque notamment des données sur leur

contexte de vie et les ratios isotopiques individuels ne sont pas précisés par les auteurs (Schoeninger *et al.*, 1983).

La comparaison des ratios isotopiques  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  entre les populations sera effectuée visuellement par l'utilisation de graphiques bivariés et par des tests de t de Student ou des tests de U de Mann-Whitney.

	Caractéristiques	Source
<b>Populations d'origine européenne :</b>		
Saint-Thomas, Belleville, Ontario (1821-1874)	Cimetière anglican, classes aisée et moyenne de la société, N=1 564, n=64	Katzenberg <i>et al.</i> , 2000 ; Saunders <i>et al.</i> , 1997
Prospect Hill, Newmarket, Ontario (1824-1879)	Cimetière méthodiste, classe aisée de la société, N=77, n=41	Katzenberg et Pfeiffer, 1995
Famille Harvie, North Dumfries, Ontario (1825-1894)	Cimetière familial sur une ferme, N=15, n=8	Katzenberg, 1991a
Famille Cross, Springfield, Illinois (années 1820 à 1849)	Cimetière familial sur une ferme, N=29, n=8	Larsen <i>et al.</i> , 1995
Snake Hill, Fort Erie, Ontario (1814)	Cimetière d'un hôpital de guerre, N=28, n=15	Katzenberg, 1991b ; Raynor et Kennett, 2008
<b>Populations autochtones de l'Amérique du Nord :</b>		
MacPherson, Ontario (1530-1580 AD)	Cimetière d'un village iroquoien (horticulteurs, maïs), N=29, n=17	Katzenberg <i>et al.</i> , 1993
Tinsley Hill, Kentucky (1200-1400 AD)	Cimetière d'un village d'horticulteurs (maïs), N=69, n=10	Schurr et Powell, 2005
Carlston Annis, Kentucky (3000-1000 BC)	Cimetière, société sans horticulture, N> 350, n=13	Schurr et Powell, 2005
Indian Knoll, Kentucky (3000-1000 BC)	Cimetière, société sans horticulture, N>800, n=34	Schurr et Powell, 2005
Inuits, Alaska (XX <sup>ème</sup> siècle)	Cimetière de chasseurs-pêcheurs, N=?, n=21	Schoeninger <i>et al.</i> , 1983

**Tableau V.** Populations d'origine européenne et autochtones utilisées pour la comparaison des ratios isotopiques dans cette étude. N = nombre d'individus exhumés dans chaque cimetière et n = nombre d'individus pour lesquelles les ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  sont disponibles.



**Figure 14.** Carte montrant l'emplacement des sites archéologiques associés aux populations étudiées. a. Saint-Matthew, Québec ; b. Saint-Thomas, Belleville, Ontario ; c. Prospect Hill, Newmarket, Ontario ; d. Famille Harvie, North Dumfries, et MacPherson, Ontario ; e. Rochester, New York ; f. Snake Hill, Fort Erie, Ontario ; g. Fort Launens, Bolivar, Ohio ; h. Famille Cross, Springfield, Illinois ; i. Carlson Annis et Indian Knoll, Kentucky ; j. Tinsley Hill, Kentucky ; k. Little Bighorn, Montana ; l. Glorieta Pass, Nouveau-Mexique. La position du site d'où provient la population d'Inuits d'Alaska n'étant pas précisée par Schoeninger *et al.* (1983), elle n'apparaît pas sur cette carte.

### III. PALÉOPATHOLOGIE

---

---

#### 1. ÉTUDE INTERPOPULATIONNELLE : L'INDICE DE SANTÉ GLOBALE

---

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les modes de collecte et de quantification des données paléopathologiques pour le calcul de l'indice de santé sont définis par Steckel *et al.* (2002) et permettent d'attribuer un score par pathologie pour chaque individu sur une échelle de 0 à 100%. L'ordre de présentation de ces consignes d'étude dans ce mémoire sera le même que celui établi par Steckel *et al.* (2002), en débutant par les indicateurs relatifs aux conditions de vie durant l'enfance :

- 1. La stature** est quantifiée à partir de la longueur maximale du fémur de chaque individu. On situe la valeur obtenue de manière linéaire par rapport à un continuum basé sur les moyennes modernes attendues pour cet os, en fonction des âges et des sexes. Ces données de référence sont fournies par Maresh (1955, 1970). Ainsi, un individu ayant atteint ou dépassé la moyenne moderne de cette mesure obtiennent un score de 100%, et ceux qui se situent au niveau ou en-dessous de cette valeur moyenne moins trois écarts-types reçoivent un score de 0%. Les scores individuels se situent généralement entre ces deux valeurs extrêmes.
- 2. Pour l'hypoplasie de l'émail**, seules les lignes les plus marquées sont relevées, soit celles pour lesquelles « *the indentation can be felt with your fingernail* » (Steckel *et al.*, 2006), afin de ne prendre en compte que les stress qui ont potentiellement affecté la qualité de vie des individus. Elles sont relevées sur les dentitions déciduales et permanentes, sur les incisives centrales du maxillaire puis les canines du maxillaire ou de la mandibule, selon la disponibilité des dents. Chaque dent est classée selon trois catégories en fonction du nombre de lignes observées : un score de 100% est attribué à celles qui n'en ont pas, un score de 50% dénote la présence d'une seule ligne d'hypoplasie de l'émail, et un score de 0% caractérise une dent atteinte de deux lignes ou plus. La moyenne des pourcentages ainsi obtenus sur les deux dents observées détermine le score de l'individu.
- 3. Les indicateurs d'anémie**, soit la *cribra orbitalia* et l'hyperostose porotique, sont codés séparément selon des degrés de sévérité. Pour la première lésion, un score de 100% correspond à une absence de lésions dans au moins une orbite observable, un

score de 50% est attribué lorsqu'une lésion faible ou modérée est présente, et un score de 0% correspond aux formes sévères d'anémie, lorsque l'on note une forte expansion du diploé. Pour l'hyperostose porotique, les lésions sont quantifiées de la même manière, mais les observations sont réalisées sur les pariétaux. La moyenne des scores de ces deux pathologies constitue le score individuel.

4. La **santé dentaire** est quantifiée sur les adultes seulement par l'étude des caries et des dents perdues *ante-mortem*, puis des abcès dentaires. Ces deux premières pathologies sont regroupées dans le calcul suivant :

$$1 - (\text{nombre de dents perdues } \textit{ante-mortem} \text{ et cariées}) / (\text{nombre de dents observables et perdues } \textit{ante-mortem})$$

Un minimum de huit dents observables doit être présent, et les caries sont relevées à la fois sur les couronnes et les racines des dents. Les abcès dentaires sont quantifiés selon trois degrés de sévérité : lorsqu'ils sont absents, le score est de 100%, lorsqu'il y en a un, celui-ci passe à 50%, et lorsque deux ou plus sont observables, le score est de 0%. Le score individuel est calculé de la manière suivante : 75 % de celui-ci comprend les données sur les caries et dents perdues *ante-mortem* et les 25 % restants sont attribués aux abcès dentaires.

5. Le témoin d'**infection**, soit la périostite, est d'abord quantifié sur le tibia, puis sur le reste du squelette. Un score de 100% est attribué lorsqu'aucune lésion n'est notée sur au moins un tibia observable, un score de 67% traduit la présence de petites zones de périostite sur une surface inférieure à un quart de l'os, un score de 33% correspond à une périostite modérée sur une surface inférieure à la moitié de l'os, et un score de 0% caractérise une lésion sévère sur plus de la moitié de la surface de l'os, ou un cas d'ostéomyélite. Pour le reste du squelette, les scores sont attribués de la manière suivante : 100% pour l'absence de lésion sur les autres os longs, 50% pour la présence de périostite non associée à un traumatisme, et 0% lorsqu'il y a une infection systématique de plusieurs os. Le score individuel regroupe de manière égale les scores relatifs au tibia et au reste du squelette (50% chacun).
6. Les **pathologies dégénératives des articulations**, ou ostéoarthrose, sont relevées uniquement chez les adultes (18 ans et plus), sur diverses parties anatomiques : les épaules et les coudes, les hanches et les genoux, les vertèbres, l'articulation temporo-mandibulaire, les poignets, et les os de la main. Elles sont quantifiées selon

différents degrés de sévérité. On distingue deux degrés pour les articulations temporo-mandibulaires, les poignets et les mains (100% pour l'absence de détérioration des articulations, et 0% pour leur présence). Quatre degrés sont utilisés pour les vertèbres, et cinq pour les épaules et coudes puis les hanches et genoux, prenant en compte : 1 - l'absence de pathologie (score de 100%), 2 - la présence d'ostéophytes et de dégradation des surfaces articulaires peu marquée (score de 67% pour les vertèbres et 75% pour les autres articulations) et 3 - modérée (respectivement de 33% et 50%), 4 - l'immobilisation des articulations par fusion des éléments osseux (respectivement de 0% et 25%), et 5 - les pathologies dégénératives de l'organisme au complet (score de 0% pour les articulations autres que les vertèbres). Le score individuel correspond au score le plus bas obtenu par l'individu parmi toutes ces zones d'observation.

7. La présence de **traumatismes** est notée sur plusieurs éléments anatomiques : les bras, les jambes, le nez, le visage, la voûte crânienne et les mains. Un score de 0% est attribué pour un individu atteint d'au moins une fracture sur l'une de ces parties, et un score de 100% correspond à un individu n'ayant pas subi de traumatisme visible sur les os.

L'obtention de l'indice de santé globale prend aussi en compte la validité des échantillons en termes de la quantité de données qu'ils fournissent. En effet, un échantillon de taille suffisante est crucial pour l'interprétation des données issues du calcul de l'indice de santé : si le nombre d'individus est trop faible ou que la préservation des squelettes est trop mauvaise pour permettre l'obtention d'un nombre suffisant de données, les valeurs des indices de santé peuvent être fortement influencées par le hasard de l'échantillonnage. Il est alors possible de quantifier les échantillons en un nombre total de contributions provenant des individus de la population pour le calcul de l'indice, une contribution correspondant à une année de vie pour laquelle un score est entré dans le calcul des indices. Ce nombre doit être supérieur à 2 000, voire même 3 000 pour caractériser un échantillon valable et permettre des interprétations relativement fiables (Steckel *et al.*, 2002). Selon ces critères, l'échantillon issu de la population de Saint-Matthew est de taille suffisante pour permettre des interprétations relativement fiables de l'indice de santé, puisque le nombre de contributions obtenues est supérieur à 3 000 : il est de 6 440.

Les huit indices obtenus de cette manière pour la population de Saint-Matthew seront ensuite comparés aux quatre autres populations historiques nord-américaines d'origine européenne pour lesquelles ces données sont disponibles (tableau VI et figure 14).

Populations	Caractéristiques	Source
Saint-Thomas, Belleville, Ontario (1821-1874)	Cimetière anglican, classes aisée et moyenne de la société, N=577	Saunders <i>et al.</i> , 2002
Rochester, New York (1826-1863)	Cimetière d'une maison de pauvres, N=254	Higgins <i>et al.</i> , 2002
Sites de batailles de l'est (Fort Laurens, Ohio et Snake Hill, Ontario, 1778-1814)	Tombes de militaires, N=47	Sledzik et Sandberg, 2002
Sites de batailles de l'ouest (Glorieta Pass, Nouveau-Mexique et Little Bighorn, Montana, 1862-1876)	Tombes de militaires, N=40	Sledzik et Sandberg, 2002

**Tableau VI.** Populations nord-américaines de comparaison utilisées pour l'étude paléopathologique (indice de santé).

---

## 2. ÉTUDE INTRAPOPULATIONNELLE

---

Lors de l'étude intrapopulationnelle, les pathologies seront abordées selon un ordre relatif aux informations paléonutritionnelles qu'elles procurent : les pathologies dentaires et métaboliques ont tendance à fournir plus d'indications sur la nutrition que les indicateurs d'infection et les perturbations de la croissance dentaire.

### 2.1. Pathologies dentaires

L'analyse des données sur les pathologies dentaires se fait selon deux échelles d'observation dans cette étude : la population et l'individu. Lors de l'étude de la population, toutes les dents observables sont prises en compte, alors que pour celle de l'individu, comme pour l'indice de santé, seuls les squelettes ayant huit dents observables ou plus ont été considérés. Comme nous l'avons expliqué précédemment (partie II.2.a du chapitre 1), les caries sont souvent à l'origine des dents perdues *ante-mortem*. Par conséquent, si l'on ne prend en compte que les caries visibles, on a tendance à sous-estimer la prévalence des caries dans la population. De même, on la surestime si l'on compte toutes les dents perdues

*ante-mortem* en tant que caries, puisque d'autres causes de perte peuvent entrer en jeu, telles que les maladies parodontales et les traumatismes (Saunders *et al.*, 1997). Ainsi, la méthode d'étude des caries dentaires et des dents perdues *ante-mortem* choisie privilégie l'utilisation de deux indices pouvant être utilisés à la fois à l'échelle de la population et de l'individu. Le premier indice caractérise la prévalence observable des caries et consiste en le calcul du ratio du nombre de dents cariées par le nombre total de dents observables (taux de caries, Saunders *et al.*, 1997). Le deuxième indice s'apparente à celui de Steckel *et al.* (2002) dans l'indice de santé, et est déterminé par le calcul suivant :

**Taux de dents cariées et perdues *ante-mortem*** = (nombre de dents cariées et perdues *ante-mortem*) / (nombre de dents observables et perdues *ante-mortem*).

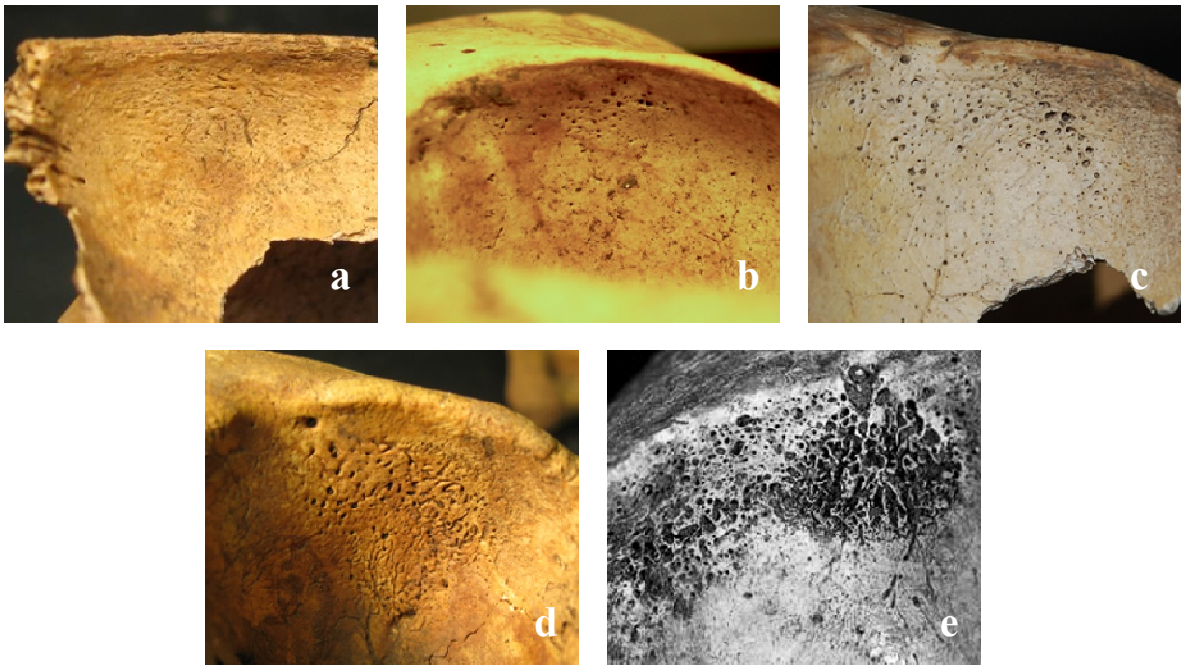
Afin de permettre la comparaison directe des données relatives aux caries et aux dents perdues *ante-mortem*, la fréquence de ces deux types de manifestations pathologiques sera exprimée par rapport au nombre de dents observées et perdues *ante-mortem* pour les différents groupes d'âge de la population. Un total de 1 111 dents déciduales et permanentes, ainsi que 159 alvéoles refermées (dents perdues *ante-mortem*) ont pu être observées sur les individus de la population de Saint-Matthew.

## 2.2. Pathologies métaboliques

### 2.2.1. Les types non spécifiques

Parmi les pathologies carencielles, la *cribra orbitalia* et l'hyperostose porotique sont quantifiées respectivement dans les orbites et les os crâniens (frontal, pariétaux, occipital). La même classification selon six degrés de sévérité, développée par Stuart-Macadam (1991), est utilisée pour ces deux lésions : 0. absence de lésion ; 1. « *capillary-like impressions on the bone* » ; 2. « *scattered fine foramina* » ; 3. « *large and small isolated foramina* » ; 4. « *foramina have linked into a trabecular structure* » ; 5. « *outgrowth in trabecular form from outer table surface* » (figure 15). Le degré de sévérité le plus élevé atteint par l'une des deux orbites pour la *cribra orbitalia*, et par l'un des os crâniens pour l'hyperostose porotique, a été considéré comme le degré représentatif de l'individu. L'observation de ces pathologies a pu être réalisée sur 59 squelettes pour la *cribra orbitalia* et 56 pour l'hyperostose porotique parmi les 95 de la population de Saint-Matthew, soit respectivement 62,1% et 58,9% du total des individus.





**Figure 15.** Degrés de sévérité de *cribra orbitalia* et d'hyperostose porotique. a. degré 1 ; b. degré 2 ; c. degré 3 ; d. degré 4 ; e. degré 5. Photos F. Morland (a à d) et I. Ribot, 1992 (e).

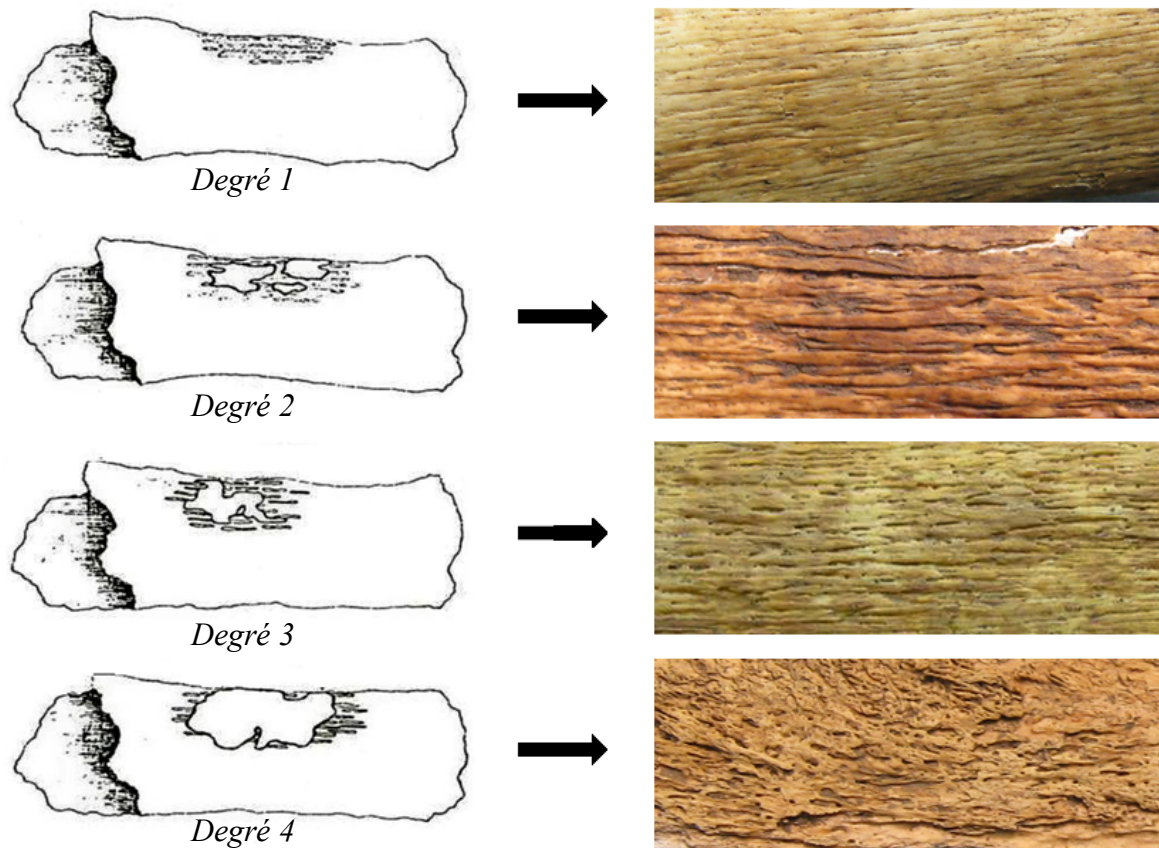
### 2.2.2. Les types spécifiques

La présence de maladies comme le scorbut et le rachitisme ne peut être diagnostiquée avec certitude par la seule étude des os, sauf dans des cas relativement avancés (Brickley et Ives, 2008). L'observation des éléments du squelette disponibles et pouvant constituer le signe de telles pathologies a été réalisée sur tous les individus. Lorsque plusieurs manifestations connues de ces pathologies (partie II.2.b du chapitre 1) ont été observées sur un même squelette, la possibilité que celui-ci en soit atteint est proposée.

### 2.3. Pathologies infectieuses

La méthode utilisée dans l'indice de santé pour quantifier la périostite est basée sur l'appréciation de la surface de l'os atteinte. Pour l'étude intrapopulationnelle, la méthode choisie, celle de Stothers et Metress (1975), caractérise surtout l'avancement de la pathologie par l'observation des manifestations de l'activité des ostéoblastes sur l'os. Cinq degrés sont ainsi définis : 0. absence de lésion ; 1. « *raised striations* » ; 2. « *scaling-over of isolated plates* » ; 3. « *bridging of plates* » ; 4. « *thickening by apposition* » (figure 16). Le degré le plus élevé observé sur les os longs de l'individu correspond au degré attribué à

celui-ci. Au total, 52 squelettes ont pu faire l'objet d'observations de cette pathologie parmi les 95 individus de la population de Saint-Matthew.



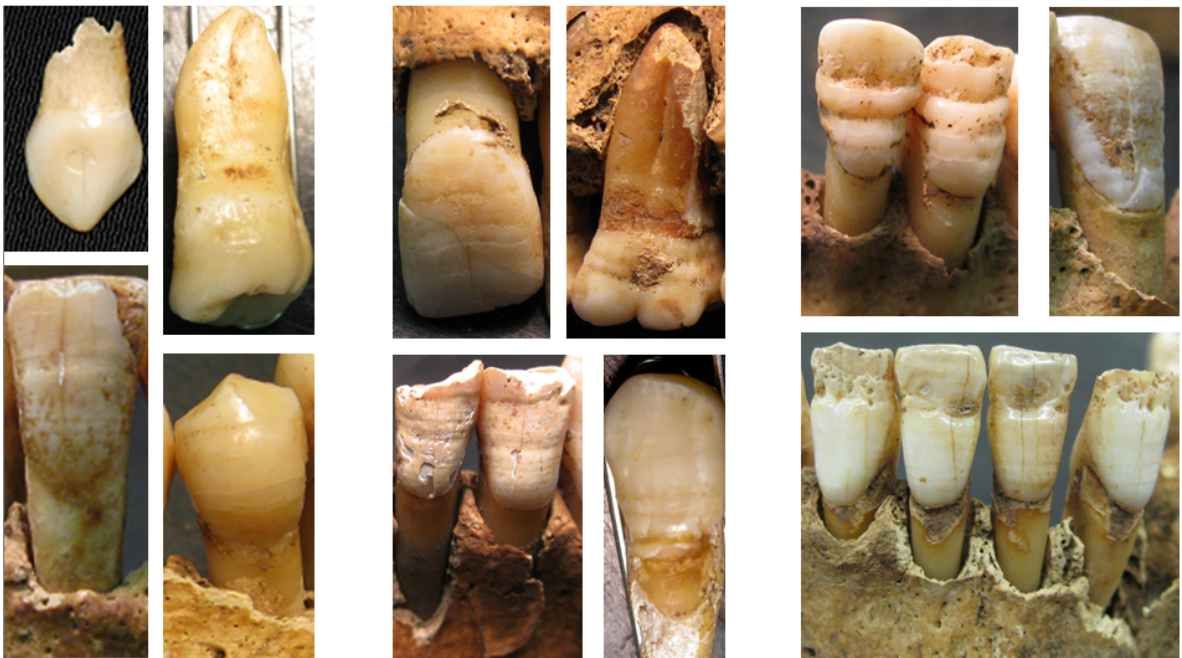
**Figure 16.** Degrés de sévérité de la périostite. À gauche, schémas de Stothers et Metress (1975), à droite, les photos correspondantes. Photos F. Morland.

Les lésions endocrâniennes, quant à elles, sont quantifiées simplement comme présentes ou absentes chez les individus. Pour être considérées comme absentes chez les individus au crâne incomplet, au moins deux os parmi les quatre suivants doivent être présents : pariétal droit, pariétal gauche, frontal, occipital. Un total de 59 individus a pu être étudié pour cette pathologie dans la population de Saint-Matthew.

#### 2.4. Perturbations de la croissance dentaire

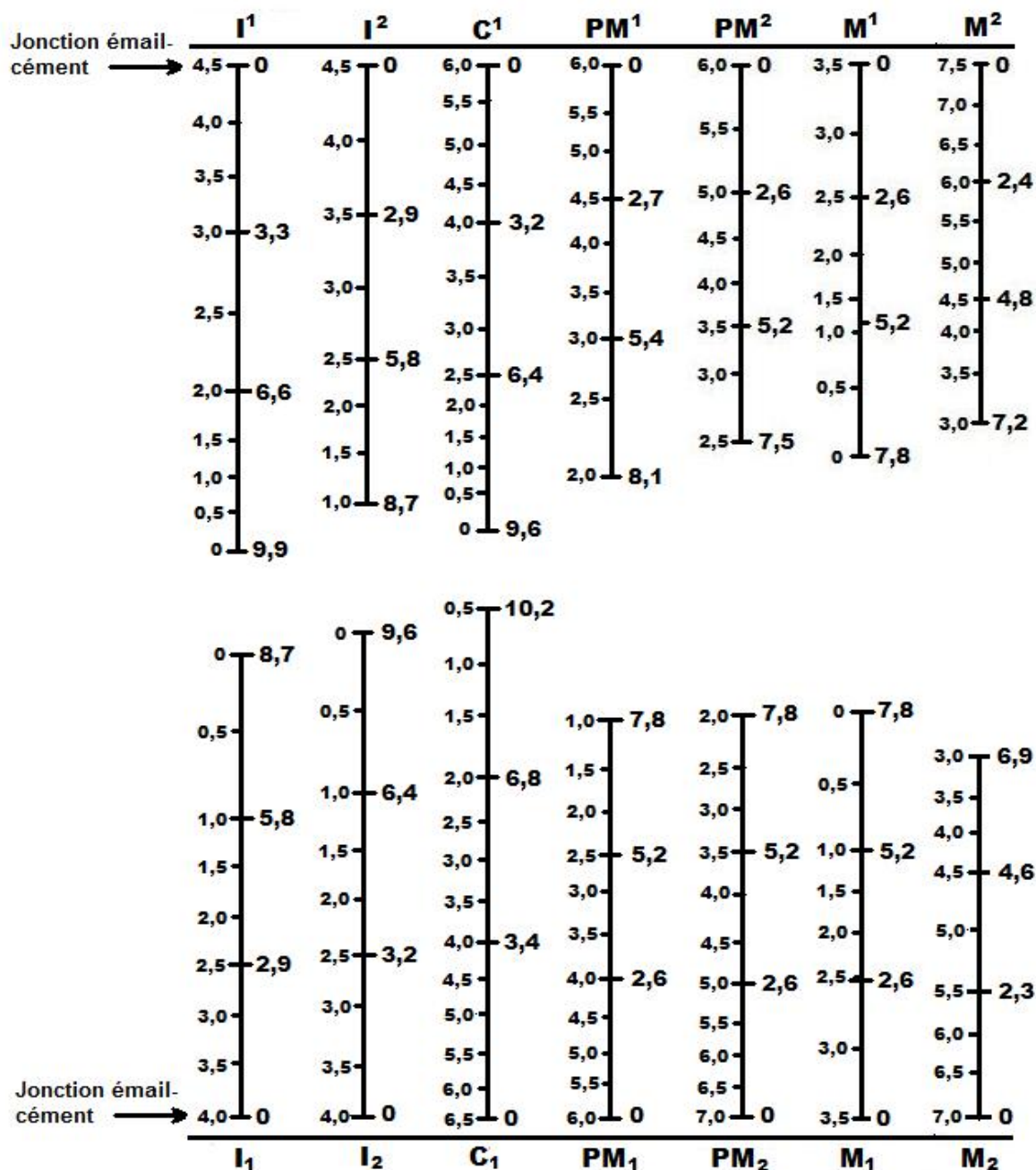
L'hypoplasie de l'émail dentaire a fait l'objet d'une classification par degrés de sévérité mise au point dans le cadre de cette étude. Cette classification vise à départager les individus selon l'importance des stress qu'ils ont subis (durée, intensité). Elle se fait de la manière suivante : 0. absence de lésion ; 1. une ligne ou un point d'hypoplasie de l'émail,

correspondant à une expression faible des stress de l'enfance ; 2. deux à trois lignes ou points d'hypoplasie de l'émail d'intensité modérée ; 3. quatre traces ou plus d'hypoplasie de l'émail, ou présence de plages complètes d'émail atteint, correspondant à un degré avancé de la pathologie (figure 17). Toutes les dents des individus sont observées, et le degré le plus fort relevé constitue celui qui est attribué au squelette. Étant donné que l'hypoplasie de l'émail apparaît surtout sur les dents antérieures, un minimum de quatre canines et/ou incisives par individu est requis pour procéder à l'étude de cette pathologie. Elle a pu être observée sur 59 individus de la population.



**Figure 17.** Degrés de sévérité d'hypoplasie de l'émail. À gauche, degré 1 (faible), au milieu, degré 2 (modéré), et à droite, degré 3 (avancé). Photos F. Morland.

Il est également possible de déterminer l'âge d'apparition des stress marqués par les traces d'hypoplasie de l'émail. Pour cela, des mesures de la distance entre le point le plus occlusal de la ligne d'hypoplasie de l'émail et la jonction entre l'émail et le cément des incisives et canines permanentes ont été prises. Par l'application de la méthode de Goodman *et al.* (1980), on obtient pour chaque individu les périodes de vie par intervalles de six mois lors desquelles des stress ont été subis (figure 18). Il est alors possible de constater d'éventuels pics de stress selon les âges pour la population d'étude.



**Figure 18.** Diagramme mis au point par Goodman *et al.* (1980) permettant de déterminer l'âge d'apparition des stress associés aux lignes d'hypoplasie de l'émail dentaire. À chaque dent permanente, à l'exception des troisièmes molaires, est attribuée une échelle présentant la correspondance entre la distance de la ligne d'hypoplasie à la jonction émail-cément en mm (chiffres de droite) et l'âge d'apparition du stress, par tranches de six mois (chiffres de gauche).

Afin de résumer les informations relatives à l'utilisation et la quantification des marqueurs osseux et dentaires développées dans ce chapitre, le tableau VII présente une confrontation des méthodes utilisées entre les études inter- et intrapopulationnelles.

Indicateurs osseux et dentaires	Indice de santé de Steckel <i>et al.</i> , 2002 Étude interpopulationnelle	Étude intrapopulationnelle
<b>Pathologies dentaires :</b>		
<b>Caries</b>	Étudiés conjointement pour quantifier la santé dentaire globale.	Utilisation proche de celle de Steckel, mais différenciation des données sous forme de deux indices : l'un mettant en jeu les dents cariées uniquement, l'autre les dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i> conjointement.
<b>Dents perdues <i>ante-mortem</i></b>		
<b>Abcès</b>		Non étudiés car n'apportent pas d'informations sur les comportements alimentaires.
<b>Pathologies métaboliques :</b>		
<b>Cribra orbitalia</b>	Étudiées conjointement à l'aide de 3 degrés de sévérité	Étudiées séparément, mais selon la même échelle de quantification à 6 degrés de sévérité (plus détaillé).
<b>Hyperostose porotique</b>		
<b>Scorbut</b>	Non étudiés	Inclus car comportent des informations sur les comportements alimentaires.
<b>Rachitisme</b>		
<b>Pathologies infectieuses :</b>		
<b>Périostite</b>	Étudiée selon 4 degrés de sévérité basés sur l'étendue spatiale des lésions. Tibia privilégié.	Étudiée selon 5 degrés de sévérité (plus détaillé) qui prennent en compte l'état d'avancement de la pathologie au niveau des reliefs sur l'os. Tous les os longs sont considérés également.
<b>Lésions endocrâniennes</b>	Non étudiées	Étudiées en complément de la périostite pour mieux établir le contexte infectieux de la population de Saint-Matthew (informations nutritionnelles).
<b>Témoins de croissance :</b>		
<b>Stature</b>	Étudiée par rapport à des données modernes à partir de la longueur du fémur.	Non étudiée car les échantillons pour Saint-Matthew sont trop petits (étude devant être réalisée selon les sexes, diminuant ainsi les échantillons de moitié, sans compter l'absence d'os longs pour plusieurs individus).
<b>Hypoplasie de l'émail</b>	Étudiée selon 3 degrés de sévérité, ne prenant en compte que les lignes très marquées.	Étudiée selon quatre degrés de sévérité (plus détaillé) et prenant en compte toutes les traces (points, lignes de points, lignes partielles et complètes).
<b>Pathologies fonctionnelles du squelette :</b>		
<b>Ostéoarthrose</b>	Étudiée selon divers degrés de sévérité.	Non étudiés car ils n'apportent pas d'information sur les comportements alimentaires.
<b>Traumatismes</b>	Étudiés selon leur présence ou absence.	

**Tableau VII.** Récapitulatif des différences des marqueurs osseux et dentaires étudiés entre les études interpopulationnelle (indice de santé de Steckel *et al.*, 2002) et intrapopulationnelle.

### 2.5. État de santé général des adultes

L'état de santé général des adultes a fait l'objet d'une quantification simple basée sur l'attribution d'un score pathologique à chaque individu qui correspond à l'addition des degrés de sévérité des pathologies dentaires et osseuses étudiées jusqu'à présent séparément. Cette démarche, mise au point pour cette étude, permet de comparer l'état de santé général des individus au sein de la population, de manière synthétique. L'indice de santé de Steckel *et al.* (2002) ne permettant pas de réaliser des études intrapopulationnelles, car il représente une moyenne de l'état de santé à l'échelle de la population et non de l'individu, il a été nécessaire d'établir une autre méthodologie de traitement des données paléopathologiques. Seuls les individus adultes assez complets pour avoir fait l'objet d'une quantification paléopathologique de toutes les lésions étudiées précédemment sont étudiés ici (N=23). Les individus immatures n'ont pas été inclus dans cette partie de l'étude car leurs squelettes ne sont pas assez bien conservés pour avoir fait l'objet d'une quantification de toutes les lésions.

Le mode de calcul des scores individuels est résumé dans le tableau VIII. Il constitue un choix arbitraire de la valeur de chaque pathologie, et vise à établir une comparaison simple de la quantité et de la sévérité des pathologies subies par les 23 adultes ayant pu être quantifiés de cette manière. Étant donné que ce système d'établissement de scores individuels est très peu précis, les individus sont regroupés au sein de trois groupes : « faiblement », « moyennement » et « fortement » pathologiques. Ceux-ci correspondent respectivement à des scores de 4 à 7, de 8 à 10 et de 11 à 14. Ces fourchettes de valeurs ont été établies de manière à obtenir des groupes de taille similaire, étant donné le nombre réduit d'adultes disponibles pour une telle quantification des données. Ces groupes disposent donc respectivement de 8, 7 et 8 individus.

<b>Pathologies</b>	<b>Mode de quantification</b>
<b>Caries et dents perdues <i>ante-mortem</i></b>	Les taux individuels sont regroupés dans des catégories de 25% chacune. Taux individuel :                      Score correspondant : 0%    0 0,1 à 24%                                      1 25 à 49%                                      2 50 à 74%                                      3 75 à 100%                                      4
<b><i>Cribra orbitalia</i></b>	6 degrés de sévérité correspondant aux mêmes six scores individuels (0 à 5).
<b>Hyperostose porotique</b>	6 degrés de sévérité correspondant aux mêmes six scores individuels (0 à 5).
<b>Scorbut ou rachitisme / ostéomalacie</b>	+2 au score individuel.
<b>Périostite</b>	5 degrés de sévérité correspondant aux mêmes scores (0 à 4).
<b>Lésions endocrâniennes</b>	Score de 0 quand absentes. Score de 1 quand présentes.
<b>Hypoplasie de l'émail</b>	4 degrés de sévérité correspondant aux mêmes scores (0 à 3).

**Tableau VIII.** Correspondances entre la quantification des lésions pathologiques individuelles et celle de l'état de santé général des adultes de la population de Saint-Matthew.

La collecte de toutes ces données paléopathologiques au sein de la population de Saint-Matthew va permettre la comparaison des individus en fonction des informations paléodémographiques (âge, sexe), puis la confrontation avec les résultats des analyses isotopiques. Pour cela, des tests du chi-carré seront appliqués aux variables ordinales, telles que les degrés de sévérité des pathologies ou les données paléodémographiques. Pour la confrontation des variables quantitatives proportionnelles aux variables ordinales, des tests de t de Student pour échantillons indépendants ou des tests de U de Mann-Whitney (variables qui ne suivent pas la loi normale) seront utilisés, par exemple pour confronter les valeurs des ratios isotopiques aux données paléodémographiques ou pathologiques. Finalement, des corrélations seront également appliquées dans les cas pour lesquels deux variables quantitatives proportionnelles sont confrontées. Des représentations en graphiques bivariés seront utilisées afin d'illustrer les applications statistiques. Le seuil de confiance choisi pour les analyses statistiques est de 0,05 (tests significatifs pour 95% de la variation). Les logiciels *Microsoft Excel 2007* et *SPSS* version 11.5 ont permis la réalisation du volet statistique de cette recherche.





## **CHAPITRE 4**

# SYNTHÈSE DES RÉSULTATS PALÉOCHIMIQUES ET PALÉOPATHOLOGIQUES



## I. ANALYSES ISOTOPIQUES

### 1. VALIDITÉ DES ÉCHANTILLONS

Parmi les 95 individus étudiés, 86,3% (N=82) ont pu faire l'objet d'analyses isotopiques (échantillons d'os disponible). Les résultats des analyses isotopiques et des tests de validité des échantillons sont présentés par individus dans l'annexe I.

La méthode d'Ambrose (1990) a fourni des proportions de produit d'extraction nettement supérieures à 1% pour tous les échantillons : elles se situent entre 5,4% et 24,8% du poids de l'os sec de départ. Ceci indique une bonne conservation de la matrice organique des os dans le sol, qui peut être en partie expliquée en partie par la période d'enfouissement relativement courte de la collection de Saint-Matthew.

Les résultats de l'analyse élémentaire requise par la méthode de DeNiro (1985) sont tout aussi concluants. Les ratios C:N obtenus pour les individus de notre population sont compris entre 3,2 et 3,6, ce qui correspond bien à la fourchette théorique de 2,9 à 3,6. Ils confirment le bon état de préservation de la matière organique en traduisant une contamination négligeable des os dans le sol. Aucun échantillon n'est alors exclu de l'étude à la suite de l'analyse élémentaire.

La marge d'erreur des valeurs des ratios isotopiques liée à la précision analytique du spectromètre de masse est de  $\pm 0,1\text{‰}$  pour le carbone et de  $\pm 0,2\text{‰}$  pour l'azote (valeurs pour un écart-type, Jean-François Hélie, comm. pers., 2009). Afin de connaître la part d'erreur constituée par le degré d'homogénéité des échantillons, l'un d'entre eux (8F1.7E) a fait l'objet de six analyses isotopiques (tableau IX). Pour cela, les fragments d'échantillons ont été choisis selon diverses positions sur les morceaux de collagène, en privilégiant une variabilité dans la couleur (certaines parties sont plus claires que d'autres) qui pourrait indiquer une composition chimique, voire isotopique différente. Les valeurs obtenues pour

Échantillon	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
8F1.7E (1)	-20,18	11,45
8F1.7E (2)	-20,10	11,73
8F1.7E (3)	-20,08	11,78
8F1.7E (4)	-20,13	11,62
8F1.7E (5)	-20,00	11,56
8F1.7E (6)	-20,03	11,67

**Tableau IX.** Résultats des six analyses isotopiques pratiquées sur l'échantillon 8F1.7E.

les deux isotopes sont cependant assez proches entre elles. Leurs écarts-types sont de  $\pm 0,06\text{‰}$  pour le carbone et de  $\pm 0,12\text{‰}$  pour l'azote. On pourrait donc s'attendre à une précision globale de  $\pm 0,2\text{‰}$  pour  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\pm 0,3\text{‰}$  pour  $\delta^{15}\text{N}$  dans cette étude, à un écart-type.

---

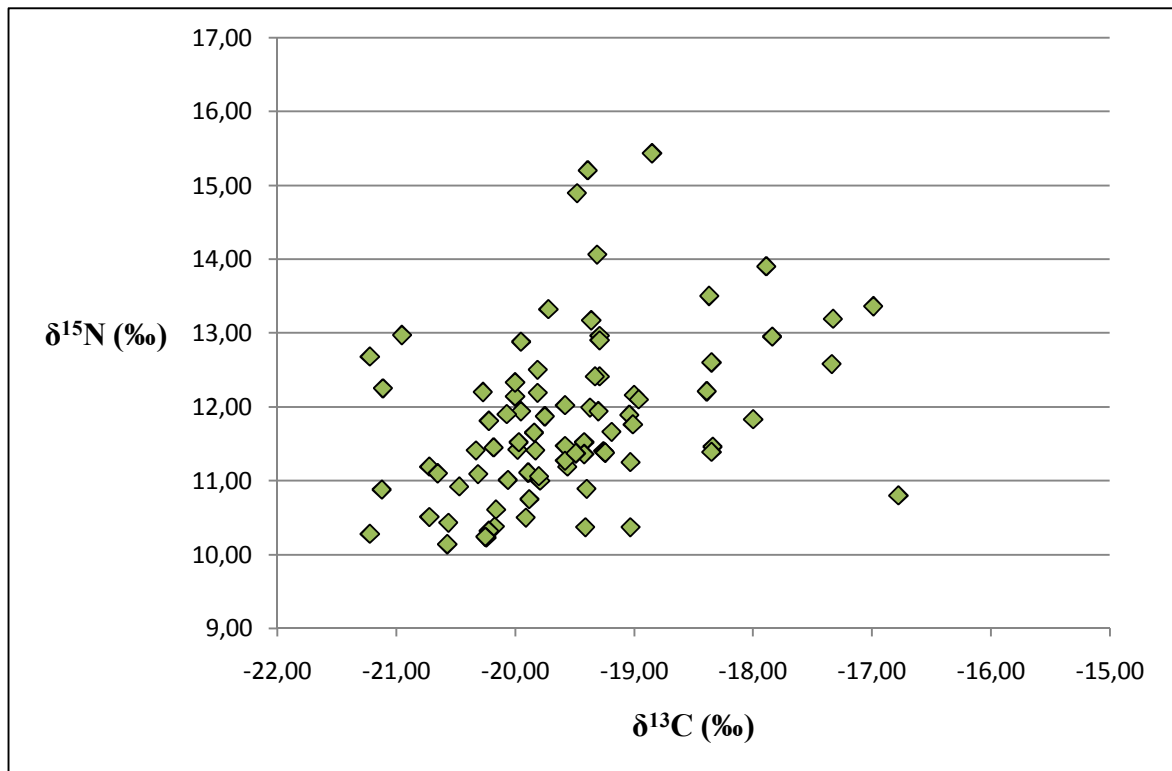
## 2. RÉGIME ALIMENTAIRE ET VARIATIONS INTERPOPULATIONNELLES

---

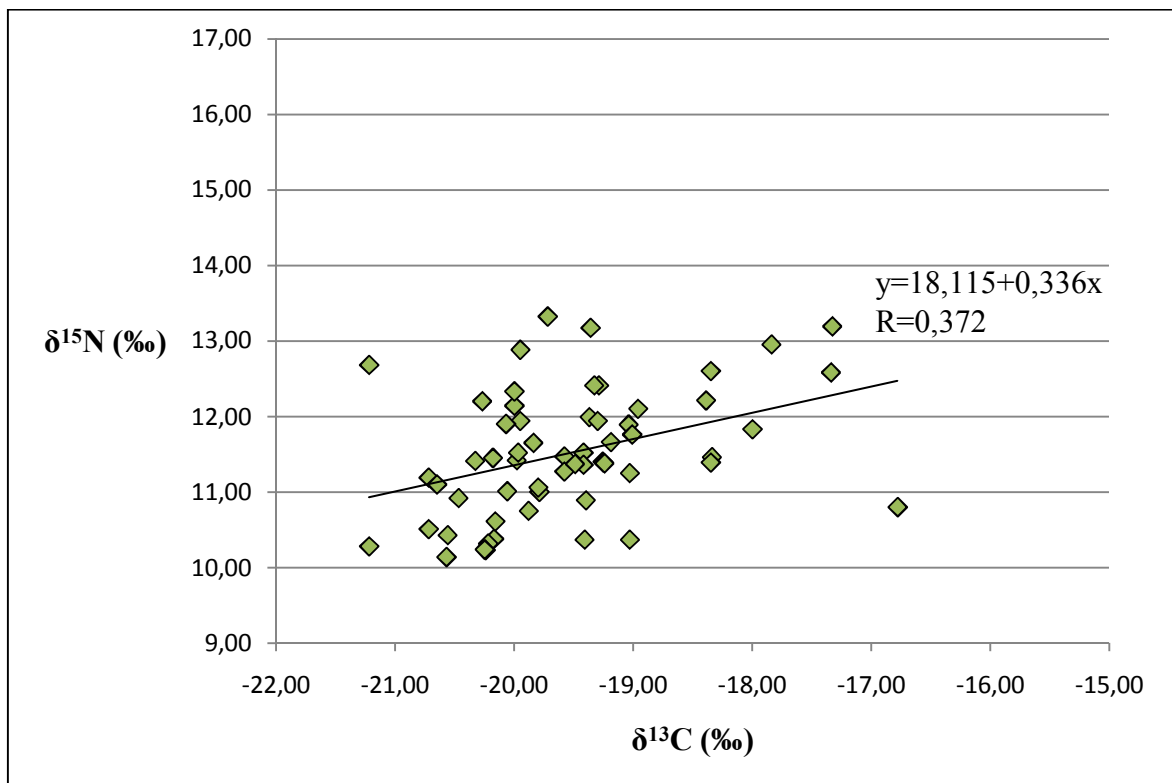
L'étude des données isotopiques dans cette partie va nous permettre d'obtenir des éléments de réponse aux questions de recherche numéros 1, soit la reconstitution globale du régime alimentaire, et 2, soit le positionnement de Saint-Matthew par rapport à la variation d'autres populations nord-américaines.

Les ratios  $\delta^{13}\text{C}$  obtenus pour les 82 individus de la population de Saint-Matthew se répartissent entre  $-21,2\text{‰}$  et  $-16,8\text{‰}$ , avec une moyenne de  $-19,5\text{‰}$  (figure 19). Ces valeurs sont caractéristiques d'une alimentation majoritairement en C3, avec une part plus réduite de ressources en C4 et/ou marines. Pour  $\delta^{15}\text{N}$ , les valeurs se situent entre  $10,1\text{‰}$  et  $15,4\text{‰}$ , avec une moyenne de  $11,8\text{‰}$ . Les valeurs les plus élevées du ratio isotopique d'azote appartiennent à de très jeunes enfants, et correspondent clairement à leur période d'allaitement (partie I.3.2 de ce chapitre). En effet, si l'on retire les enfants de deux ans et moins de l'échantillon (N=23, figure 20),  $\delta^{15}\text{N}$  prend des valeurs entre  $10,1\text{‰}$  et  $13,3\text{‰}$ , avec une moyenne de  $11,5\text{‰}$ , mais la fourchette de valeurs et la moyenne des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  ne varient pas. Les ratios isotopiques de l'azote montrent alors une consommation significative et variable de ressources riches en protéines par les individus de Saint-Matthew.

L'observation conjointe des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  chez les individus de plus de deux ans suggère une relation entre deux aspects du régime alimentaire : les individus qui consomment le plus de ressources aux ratios isotopiques du carbone élevés (ressources en C4 et/ou marines) sont également ceux qui consomment le plus de ressources au ratio isotopique de l'azote élevé (ressources riches en protéines). Il est à noter ici qu'il peut s'agir d'un seul type de ressource qui fait augmenter à la fois les deux ratios isotopiques (ressources marines). La relation mathématique (droite de tendance) entre les ratios du carbone et de l'azote donne une corrélation positive à ce phénomène (figure 20) :  $R=0,372$ ,  $R^2$  ajusté= $0,123$ , avec test de variance significatif ( $F=9,162$  et  $p=0,004$ ).

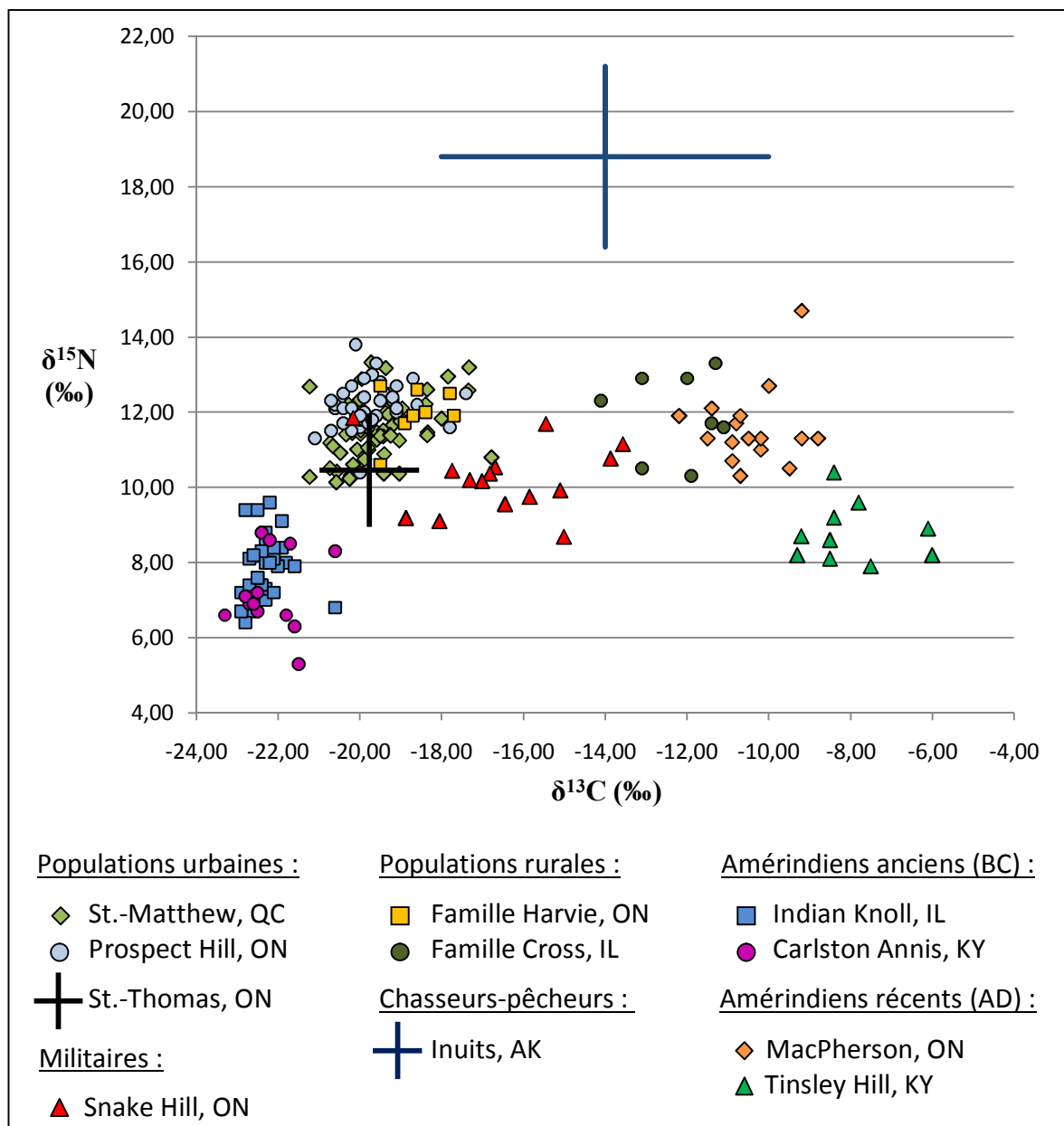


**Figure 19.** Ratios isotopiques de carbone et d'azote des 82 individus analysés de la population de Saint-Matthew.



**Figure 20.** Ratios isotopiques des individus de plus de deux ans de la population de Saint-Matthew, avec droite de tendance (N=59).

La comparaison de la répartition des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  de la population de Saint-Matthew avec celles de dix autres populations est présentée sur la figure 21, où les données pour chaque individu sont représentées, et dans le tableau X sous la forme de moyennes et d'écart-types. Les jeunes enfants (deux ans et moins) sont ici aussi exclus pour tous les groupes afin éviter tout biais lié à l'allaitement.



**Figure 21.** Comparaison des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  obtenus pour la population de Saint-Matthew avec dix autres populations nord-américaines. Les populations du cimetière Saint-Thomas et des Inuits d'Alaska sont représentées par leurs moyennes des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  et deux écart-types (95% de la variation) en raison du manque des données individuelles.

	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts-types	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types	$\delta^{13}\text{C}$ Fourchettes de valeurs	$\delta^{15}\text{N}$ Fourchettes de valeurs
<b>St-Matthew, QC, N=82</b>	<b>-19,5‰ ± 0,9</b>	<b>11,5‰ ± 0,8</b>	<b>-21,2‰ à -16,8‰</b>	<b>10,1‰ à 13,3‰</b>
St-Thomas, ON, N=64	-19,7‰ ± 0,6	10,4‰ ± 0,8	-	-
Prospect Hill, ON, N=41	-19,7‰ ± 0,7	12,2‰ ± 0,6	-21,1‰ à -17,4‰	10,4‰ à 13,8‰
Harvie Family, ON, N=8	-18,6‰ ± 0,7	12,0‰ ± 0,7	-19,5‰ à -17,7‰	10,6‰ à 12,7‰
Cross, IL, N=8	-12,3‰ ± 1,1	11,9‰ ± 1,1	-14,1‰ à -11,1‰	10,3‰ à 13,3‰
Snake Hill, ON, N=15	-16,6‰ ± 1,8	10,3‰ ± 0,9	-20,2‰ à -13,6‰	8,7‰ à 11,9‰
MacPherson, ON, N=17	-10,5‰ ± 1,0	11,6‰ ± 1,0	-12,2‰ à -8,8‰	10,3‰ à 14,7‰
Tinsley Hill, KY, N=10	-8,0‰ ± 1,1	8,8‰ ± 0,8	-9,3‰ à -6,1‰	7,9‰ à 10,4‰
Indian Knoll, KY, N=34	-22,4‰ ± 0,5	7,8‰ ± 0,8	-24,1‰ à -20,6‰	6,7‰ à 9,6‰
Carlston Annis, KY, N=13	-22,2‰ ± 0,7	7,2‰ ± 1,0	-23,3‰ à -20,6‰	5,3‰ à 8,8‰
Inuits, AK, N=21	-14,0‰ ± 2,0	18,8‰ ± 1,2	-	-

**Tableau X.** Moyennes, écarts-types et fourchettes de valeurs des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  des populations de comparaison utilisées dans cette étude (les enfants non-sevrés sont exclus).

On constate clairement que les populations d'origine européenne en contexte urbain (Saint-Matthew, Saint-Thomas et Prospect Hill) ont tendance à se regrouper par leur répartition des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  tout en se différenciant clairement des autres, à l'exception de la famille Harvie. Ce phénomène est confirmé en partie par le test de Mann-Whitney entre Saint-Matthew et Prospect Hill ( $p=0,299$ ), puis entre ces deux populations et toutes les autres, pour lesquels ils sont significatifs (tableau XI). Les familles Harvie et Cross, bien qu'elles aient en commun un environnement rural, montrent des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  remarquablement différents ( $p=0,000$ ) : l'alimentation de la première se rapproche clairement de celle observée en contexte urbain, alors que pour la deuxième, les ressources en C4 (maïs, Larsen *et al.*, 1995) sont omniprésentes et majoritaires.

Les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  montrent plus de variation que  $\delta^{13}\text{C}$  entre les trois populations urbaines. En effet, leurs moyennes de  $\delta^{15}\text{N}$  sont différentes d'environ 1‰, formant une sorte de gradient de groupes qui consomment moins de ressources riches en protéines à ceux qui en consomment le plus, soit, respectivement, les populations de Saint-Thomas, Saint-Matthew et Prospect Hill (tableau X). La différence entre Prospect Hill et Saint-Matthew est mise en évidence par le test de t de Student qui est significatif ( $p=0,000$ ). Les

deux familles rurales Harvie et Cross ont des ratios isotopiques de l'azote très proches entre elles ( $p=0,958$ ), et ont tendance à se rapprocher des groupes urbains de Saint-Matthew et Prospect Hill (voir tableau XI). Ces populations d'origine européenne se caractérisent par les ratios isotopiques moyens d'azote les plus élevés de la variation étudiée.

Les militaires de Snake Hill montrent une grande variabilité dans leurs ratios  $\delta^{13}\text{C}$ , indiquant des comportements alimentaires divers selon les individus, et leur groupe est clairement différent des autres populations, à la fois pour le carbone et l'azote (tous les tests statistiques concernant cette population sont significatifs). Les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  de ces soldats se rapprochent des valeurs de la population de Saint-Thomas (figure 21), et se caractérisent ainsi par une consommation moins importante de ressources riches en protéines que les autres groupes d'origine européenne.

Les populations amérindiennes témoignent d'une diversité des comportements alimentaires plus vaste que les populations précédentes, et occupent les places extrêmes de la variation possible pour les isotopes du carbone. Celles de MacPherson et Tinsley Hill montrent des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  élevés, caractéristiques d'une alimentation presque exclusivement constituée de ressources aux ratios isotopiques du carbone élevées (maïs). À l'opposé, les individus d'Indian Knoll et Carlston Annis, très similaires pour leurs ratios isotopiques du carbone ( $p=0,291$ ), se nourrissaient presque totalement de ressources en C3. Les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  des populations amérindiennes montrent également une grande variation, et il semble que les populations qui consommaient beaucoup de ressources en C4 (MacPherson et Tinsley Hill) aient également été celles qui consommaient le plus de protéines. Malgré un rapprochement de leurs valeurs du  $\delta^{15}\text{N}$  moyen (tableau X), les groupes de Carlston Annis et Indian Knoll apparaissent distincts au niveau statistique ( $p=0,040$ ) en ce qui concerne cet isotope (tableau XI).

La population d'Inuits se distingue remarquablement de tous les autres groupes à l'étude par des ratios isotopiques d'azote très élevés caractéristiques d'une alimentation basée sur des ressources riches en protéines, soit des poissons et des mammifères marins (figure 21, tableau X). Les valeurs plutôt moyennes par rapport à la variation étudiée des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  ne sont pas le reflet d'une consommation importante de ressources en C4



comme c'est le cas pour la famille Cross avec le maïs, mais plutôt de cette même consommation de ressources marines car ces dernières peuvent atteindre des ratios isotopiques du carbone élevées (chapitre 1.II.2).

Finalement, il est intéressant de remarquer les différences des valeurs que les ratios isotopiques de carbone et d'azote peuvent prendre au sein d'une même population (tableau X). Toutes les populations ont en effet une répartition assez semblable, avec des écarts-types ne dépassant pas 1,1‰, à l'exception du groupe de militaires de Snake Hill et du groupe d'Inuits, qui atteignent respectivement 1,8‰ et 2‰ pour  $\delta^{13}\text{C}$ , et qui semblent donc plus hétérogènes par leurs pratiques alimentaires.

#### Ratios isotopiques de l'azote ( $\delta^{15}\text{N}$ )

	StMa	Prosp.	Harv.	Cross	Snake	MacP.	Tinsl.	Ind.	Carls.	
StMa.		0,000	0,071	0,198	0,000	0,842	0,000	0,000	0,000	StMa.
Prosp.	0,299		0,720	0,582	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	Prosp.
Harv.	0,010	0,000		0,958	0,000	0,089	0,000	0,000	0,000	Harv.
Cross	0,000	0,000	0,000		0,001	0,305	0,000	0,000	0,000	Cross
Snake	0,000	0,000	0,001	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000	Snake
MacP.	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000		0,000	0,000	0,000	MacP.
Tinsl.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,002	0,001	Tinsl.
Ind.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,040	Ind.
Carls.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,291		Carls.
	StMa	Prosp.	Harv.	Cross	Snake	MacP.	Tinsl.	Ind.	Carls.	

#### Ratios isotopiques du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ )

**Tableau XI.** Matrice regroupant les résultats (seuils de signification) des tests de t (cases blanches) et des tests de U de Mann-Whitney (cases grisées) qui expriment les différences au niveau des ratios isotopiques du carbone (en bas à gauche) puis de l'azote (en haut à droite) entre les populations à l'étude (Saint-Thomas et Inuits non inclus). StMa = Saint-Matthew, Prosp. = Prospect Hill, Harv. = famille Harvie, Cross = famille Cross, Snake = Snake Hill, MacP. = MacPherson, Tinsl. = Tinsley Hill, Ind. = Indian Knoll, et Carls. = Carlston Annis.

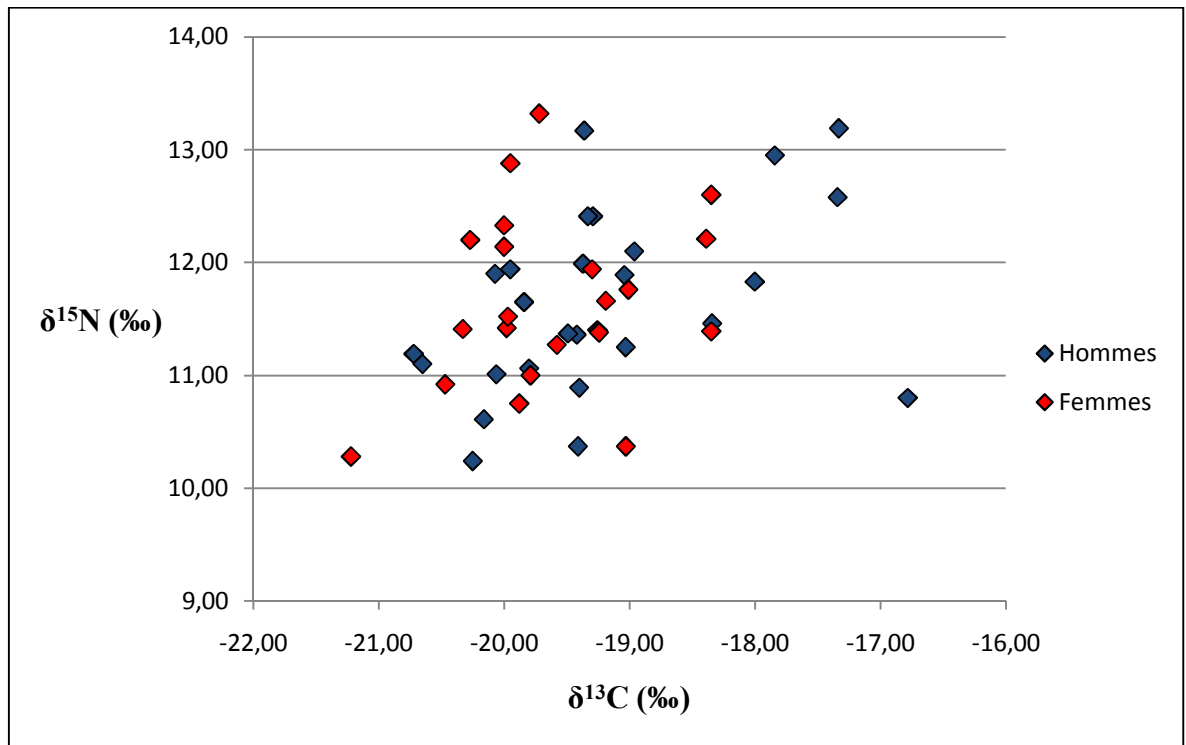
Les résultats obtenus dans cette partie vont nous aider à répondre à la question de recherche numéro 3, qui concerne les variations du régime alimentaire en fonction des données paléodémographiques dans la population de Saint-Matthew.

### *3.1. En fonction du sexe*

Les ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  en fonction du sexe chez les adultes de la population de Saint-Matthew sont présentés dans la figure 22 et les tableaux XII et XIII.

Les résultats sont assez proches entre les hommes et les femmes : leurs ratios  $\delta^{15}\text{N}$  moyens sont égaux, et les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  moyen sont de 0,4‰ inférieurs chez les femmes. Cette différence pour les isotopes du carbone est minime et si elle reflète un comportement alimentaire variable entre les sexes, celui-ci est de faible amplitude, et n'est pas statistiquement significatif, comme le montrent les résultats du test de t de Student (tableau XII). Pour les ratios  $\delta^{15}\text{N}$ , ce test n'est également pas significatif (tableau XIII).

Par contre, la répartition des valeurs des ratios isotopiques montre des différences entre les sexes, malgré des moyennes similaires et le test de Levene qui n'est pas significatif. En effet, la variation observée chez les hommes pour  $\delta^{13}\text{C}$  est de 3,9‰, alors que pour les femmes, elle n'est que de 2,9‰ (tableau XII). Ceci se manifeste surtout par le fait que les hommes atteignent les valeurs les plus élevées de  $\delta^{13}\text{C}$  (figure 22), c'est-à-dire les proportions les plus importantes de ressources en C4 et/ou marines dans leur alimentation : les cinq individus qui dépassent la valeur maximale du ratio  $\delta^{13}\text{C}$  chez les femmes (-18,4‰) sont des hommes de 36 ans et plus. Cette différence ne s'observe pas avec les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  pour lesquels la variation est de 3‰ pour les deux sexes : la consommation d'aliments riches en protéines semble suivre une tendance analogue entre les genres.



**Figure 22.** Répartition des ratios isotopiques de carbone et d'azote selon les sexes dans la population de Saint-Matthew.

Sexe	n	Moyennes et écarts types $\delta^{13}\text{C}$	Fourchettes de valeurs $\delta^{13}\text{C}$	Test de Levene		Test de t de Student	
				F	p	t	p
<b>Hommes</b>	26	-19,2‰ ± 1,0	-20,7‰ à -16,8‰	1,515	0,225	1,646	0,106
<b>Femmes</b>	23	-19,6‰ ± 0,7	-21,2‰ à -18,4‰				

**Tableau XII.** Moyennes, écarts-types, fourchettes de valeurs et tests statistiques des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  selon les sexes dans la population de Saint-Matthew.

Sexe	n	Moyennes et écarts types $\delta^{15}\text{N}$	Fourchettes de valeurs $\delta^{15}\text{N}$	Test de Levene		Test de t de Student	
				F	p	t	p
<b>Hommes</b>	26	11,6‰ ± 0,8	10,2‰ à 13,2‰	0,205	0,653	-0,266	0,791
<b>Femmes</b>	23	11,7‰ ± 0,8	10,3‰ à 13,3‰				

**Tableau XIII.** Moyennes, écarts-types, fourchettes de valeurs et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  selon les sexes dans la population de Saint-Matthew.

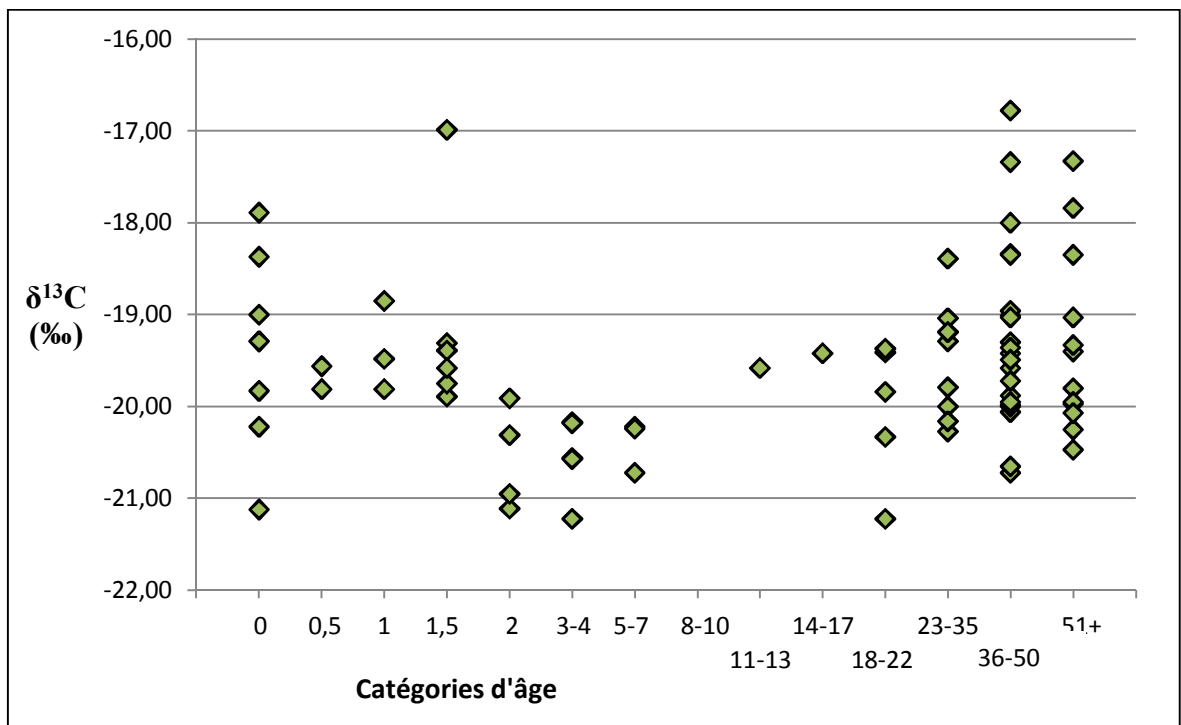
### 3.2. En fonction des catégories d'âge

Pour les ratios isotopiques du carbone (tableau XIV et figure 23), on constate un ratio relativement élevé chez les jeunes enfants entre 0 et 1,5 an (de -19,7‰ à -19,2‰ en moyenne), puis une diminution d'environ 1‰ à partir de deux ans (-20,6‰), qui se maintient jusqu'à la catégorie 5-7 ans, et qui remonte par la suite chez les adultes pour atteindre des valeurs similaires à celles des très jeunes enfants (entre -20,0‰ et -19,2‰). Malheureusement, le nombre restreint ou inexistant des échantillons pour les âges de 8 à 17 ans nous empêche de détailler les informations alimentaires de ces catégories d'individus. Cependant, l'augmentation des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  entre les enfants de 2 à 7 ans et les individus plus âgés (11 ans et plus) indique une part plus importante des aliments en C4 et/ou marins du régime alimentaire de ces derniers. Cette différence est confirmée par le test de t de Student (tableau XV) : on peut donc assumer que la composition de l'alimentation des enfants de 2 à 7 ans n'était pas la même en proportion que celle des individus de plus de 11 ans.

De même, la diminution des valeurs moyennes de  $\delta^{13}\text{C}$  à partir de deux ans peut correspondre à la période où les enfants sont complètement sevrés du lait maternel. Or, pour caractériser le processus de sevrage, les enfants non sevrés doivent avoir un ratio isotopique supérieur d'environ 1‰ à celui de leurs mères, c'est-à-dire à ceux des adultes de la population, ce qui n'est pas le cas ici (tableau XIV). Le test de t de Student vient confirmer cette similarité des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  entre ces deux groupes puisqu'il n'est pas significatif (tableau XV). Le processus de sevrage ne peut donc pas être étudié pour la population de Saint-Matthew uniquement à l'aide des ratios isotopiques du carbone. On constate cependant une différence statistiquement significative des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  entre les enfants de 0 à 1,5 an et ceux entre 2 et 7 ans, ce qui marque bien la différence de régime alimentaire entre ces deux groupes d'âge.

Catégories d'âge	n	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts-types	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types
Fœtus et nouveau-nés	8	-19,4‰ ± 1,0	12,4‰ ± 1,1
0,5 an	2	-19,7‰ ± 0,2	11,7‰ ± 0,7
1 an	3	-19,4‰ ± 0,5	14,3‰ ± 1,6
1,5 an	6	-19,2‰ ± 1,1	12,9‰ ± 1,5
2 ans	4	-20,6‰ ± 0,6	11,7‰ ± 1,1
3-4 ans	5	-20,5‰ ± 0,4	11,0‰ ± 1,1
5-7 ans	3	-20,4‰ ± 0,3	10,4‰ ± 0,1
8-10 ans	0	-	-
11-13 ans	1	-19,6‰ ± 0,0	11,5‰ ± 0,0
14-17 ans	1	-19,4‰ ± 0,0	11,5‰ ± 0,0
18-22 ans	5	-20,0‰ ± 0,8	11,1‰ ± 0,8
23-35 ans	8	-19,5‰ ± 0,7	11,8‰ ± 0,6
36-50 ans	21	-19,2‰ ± 0,7	11,8‰ ± 0,8
51 ans et +	12	-19,3‰ ± 1,0	11,6‰ ± 1,0
Indéterminé (adultes)	3	-19,6‰ ± 0,1	11,9‰ ± 0,0
<b>Total</b>	82	-19,5‰ ± 0,9	11,8‰ ± 1,1

**Tableau XIV.** Moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et d'azote par catégories d'âge dans la population de St-Matthew.



**Figure 23.** Ratios isotopiques du carbone en fonction des catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew.

Catégories d'âge	n	Moyennes et écarts types $\delta^{13}\text{C}$	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
2-7 ans	12	-20,5‰ $\pm$ 0,4	3,589	0,063	-4,137	0,000
11 ans et plus	51	-19,4‰ $\pm$ 0,8				
0-1,5 an	19	-19,3‰ $\pm$ 0,9	0,335	0,564	0,254	0,800
18 ans et plus	49	-19,4‰ $\pm$ 0,9				
0-1,5 an	19	-19,3‰ $\pm$ 0,9	1,861	0,183	4,284	0,000
2-7 ans	12	-20,5‰ $\pm$ 0,4				

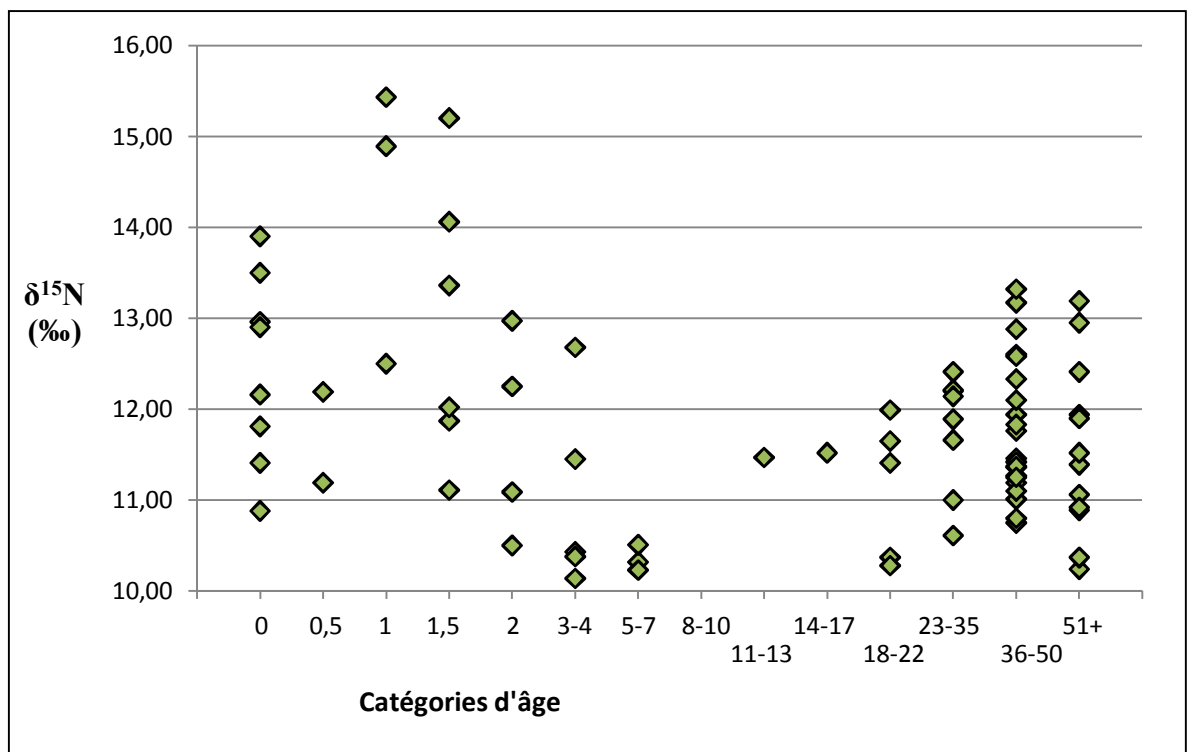
**Tableau XV.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  en fonction des groupes de catégories d'âge : 2-7 ans et 11 ans et plus, 0-1,5 an et 18 ans et plus, puis 0-1,5 ans et 2 à 7 ans.

Les ratios isotopiques d'azote par catégories d'âges dans la population de Saint-Matthew (figure 24, tableau XIV) ont tendance à suivre un schéma similaire à celui des ratios  $\delta^{13}\text{C}$ . Les valeurs moyennes de  $\delta^{15}\text{N}$  chez les enfants d'un an et demi et moins sont élevées par rapport à celles du reste de la population : elles s'étendent de 11,7‰ à 14,3‰, alors que celles des individus de deux ans et plus vont de 10,4‰ à 11,9‰ (tableau XIV). Cette différence est appuyée par le caractère significatif du test de Mann-Whitney entre ces jeunes enfants et les adultes, et du test de t de Student entre les 0 à 1,5 an et les 2 à 7 ans (tableau XVI). Elle correspond donc certainement au phénomène du sevrage des enfants, qui débiterait ainsi aux alentours d'un an lorsque le ratio d'azote moyen le plus élevé, probablement même un peu avant en raison d'un besoin de consommation d'aliments solides des jeunes enfants à partir de six mois pour compléter leurs besoins nutritionnels (Lewis, 2007). Le sevrage prend fin entre 1,5 et 2 ans pour la population de Saint-Matthew, puisque les valeurs du ratio moyen d'azote diminuent pour atteindre celles des individus plus âgés. Cette période de vie entre la naissance et deux ans lors de laquelle les enfants sont allaités puis sevrés est caractérisée par une grande variabilité des ratios isotopiques d'azote : on constate que les écarts-types sont généralement supérieurs à 1‰, alors que pour les individus plus âgés, ils sont inférieurs à cette valeur (tableau XIV).

Comme pour les ratios isotopiques du carbone, les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  nous permettent de mettre en évidence un comportement alimentaire différent entre les enfants de 2 à 7 ans

et les individus de 11 ans et plus de la population de Saint-Matthew. Bien que les ratios de  $\delta^{15}\text{N}$  ne montrent pas la différence de comportement alimentaire aussi clairement que ceux de  $\delta^{13}\text{C}$  (respectivement 0,9‰ et 0,5‰), le test de t de Student pour différencier ces deux groupes reste significatif (tableau XVI). Ceci permet d'appuyer encore plus la différence de régime alimentaire des enfants de 2 à 7 ans par rapport au reste de la population.

Les valeurs des ratios isotopiques du carbone et de l'azote semblent assez similaires en moyenne parmi les groupes d'âge des adultes de la population de Saint-Matthew (respectivement entre -20,0‰ et -19,2‰, et entre 11,1‰ et 11,8‰). On remarque cependant que les 18-22 ans montrent pour les deux isotopes les valeurs inférieures de 0,5‰ par rapport au reste de la variation observée, mais leur échantillon étant très restreint (n=5), il est difficile de tester cette différence statistiquement.



**Figure 24.** Ratios isotopiques de l'azote en fonction des catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew.

Catégories d'âges	n	Moyennes et écarts types $\delta^{15}\text{N}$	Test de Levene		t de Student ou U de Mann-Whitney	
			F	p	t ou U	p
2-7 ans	12	11,1‰ $\pm$ 1,0	2,240	0,140	t = -2,225	0,030
11 ans et plus	51	11,6‰ $\pm$ 0,8				
0-1,5 an	19	12,8‰ $\pm$ 1,4	-	-	U = 241,000	0,002
18 ans et plus	49	11,6‰ $\pm$ 0,8				
0-1,5 an	19	12,8‰ $\pm$ 1,4	1,601	0,216	t = 3,703	0,001
2-7 ans	12	11,1‰ $\pm$ 1,0				

**Tableau XVI.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  en fonction des groupes de catégories d'âge : 2-7 ans et 11 ans et plus, 0-1,5 an et 18 ans et plus, puis 0-1,5 an et 2 à 7 ans.



## II. PALÉOPATHOLOGIE

### 1. INDICE DE SANTÉ ET VARIATIONS INTERPOPULATIONNELLES

Les résultats de cette partie vont nous permettre d'aborder la question de recherche numéro 2, soit l'étude des différences interpopulationnelles de l'état de santé et indirectement de la nutrition. Parmi les 95 individus étudiés dans la population de Saint-Matthew, 85,3% (N=81) présentent au moins une zone anatomique où il est possible d'observer d'éventuelles pathologies.

Les valeurs de l'indice de santé global et spécifiques à chaque type d'indicateur pathologique pour la population de Saint-Matthew sont présentées dans le tableau 9, où elles sont confrontées à celles des quatre populations comparatives disponibles. Si l'on considère l'échelle sur laquelle l'indice de santé est quantifié (de 0 à 100%), on constate que la population à l'étude a un indice global supérieur à 50% (63,9%), indiquant une santé plutôt bonne en général. Cependant, cet indice est inférieur à celui des populations comparatives dont la fourchette d'indices de santé est de 66,2% à 72,3%.

Site	Indice	Stature	Hyp.	Anémie	Santé dentaire	Infec.	P. d.	Fract.
Rochester, NY	72,3	33,0	80,1	96,1	71,7	54,0	79,3	92,1
Militaires, est	70,4	31,7	98,6	64,8	74,0	84,1	85,1	24,8
St-Thomas, ON	69,3	36,0	71,8	93,9	71,2	81,5	41,6	89,2
Militaires, ouest	66,2	40,6	70,8	96,4	74,3	92,1	78,1	10,8
<b>St-Matthew, QC</b>	<b>63,9</b>	<b>31,4</b>	<b>34,6</b>	<b>69,2</b>	<b>78,4</b>	<b>53,9</b>	<b>92,5</b>	<b>87,2</b>

**Tableau XVII.** Indices de santé globale et par catégorie pour quatre populations historiques nord-américaines, comparés à la population exhumée du cimetière de Saint-Matthew. Les populations sont classées par ordre décroissant de leur indice de santé globale. Hyp. = indice pour l'hypoplasie de l'émail, Infec. = indice pour les infections, P.d. = indice pour les pathologies dégénératives, Fract. = indice pour les traumatismes.

L'indice obtenu pour la stature est assez faible pour toutes les populations étudiées et ce, avec peu de variation (31,4% à 40,6%). La population de Saint-Matthew montre d'ailleurs le plus faible indice (31,4%). Par contre, les indices obtenus concernant l'hypoplasie de l'émail pour les quatre populations de comparaison sont assez élevés et restent supérieurs à 70%. Dans ce cas, la population de Saint-Matthew se distingue par un

indice très faible (34,6%). L'indice relatif à l'anémie traduit également un fort contraste entre la population de Saint-Matthew (69,2%) et les autres populations (indice supérieur à 90%), excepté celle des militaires de l'est qui montre un indice inférieur. L'indice de santé dentaire fournit des résultats très proches entre les populations, Saint-Matthew ayant le plus élevé (78,4%). Les indices pour les infections mettent en évidence deux catégories de populations : celles qui ont un fort indice (80% et plus), soit les deux sites militaires et Belleville, et celles qui ont un indice relativement faible, soit Rochester et Saint-Matthew (54,0% et 53,9%). L'indice de santé obtenu à Saint-Matthew dans la catégorie des pathologies dégénératives est supérieur à celui de tous les autres sites. La variation relative à cette catégorie est assez grande si l'on prend en compte le résultat exceptionnellement faible obtenu pour les anglicans de Belleville (41,6%). Saint-Matthew obtient également un indice très élevé pour les traumatismes, à l'instar de Belleville et de Rochester, contrastant avec les faibles indices des populations militaires.

---

## 2. VARIATIONS INTRAPOPULATIONNELLES

---

Les informations obtenues par cette partie de l'étude vont fournir indirectement des éléments de réponse aux questions de recherche numéros 1 (portrait global du régime alimentaire) et 3 (variations des comportements alimentaires en fonction de l'âge et du sexe des individus).

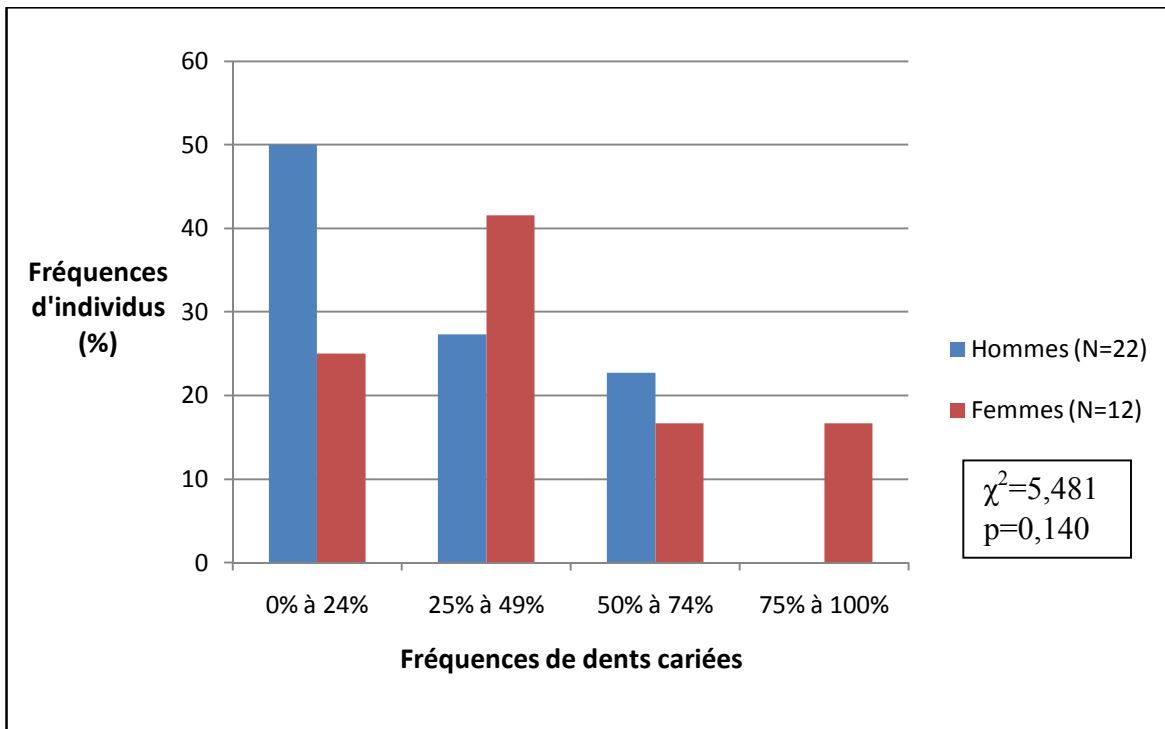
### 2.1. Pathologies dentaires

Le taux de caries pour toute la population de Saint-Matthew est de 27,2%. Pour les adultes uniquement, ce taux monte à 33,2%, ce qui signifie qu'en moyenne, un tiers de leurs dents observables sont cariées. Si l'on ajoute à ces chiffres les dents perdues *ante-mortem*, presque la moitié des dents des adultes sont affectées par des pathologies dentaires (44,5%). Ce sont surtout les molaires qui sont atteintes par les caries et la perte *ante-mortem* (59,7% d'entre elles), puis les incisives (38,2%), les prémolaires (30,8%) et les canines (20,4%).

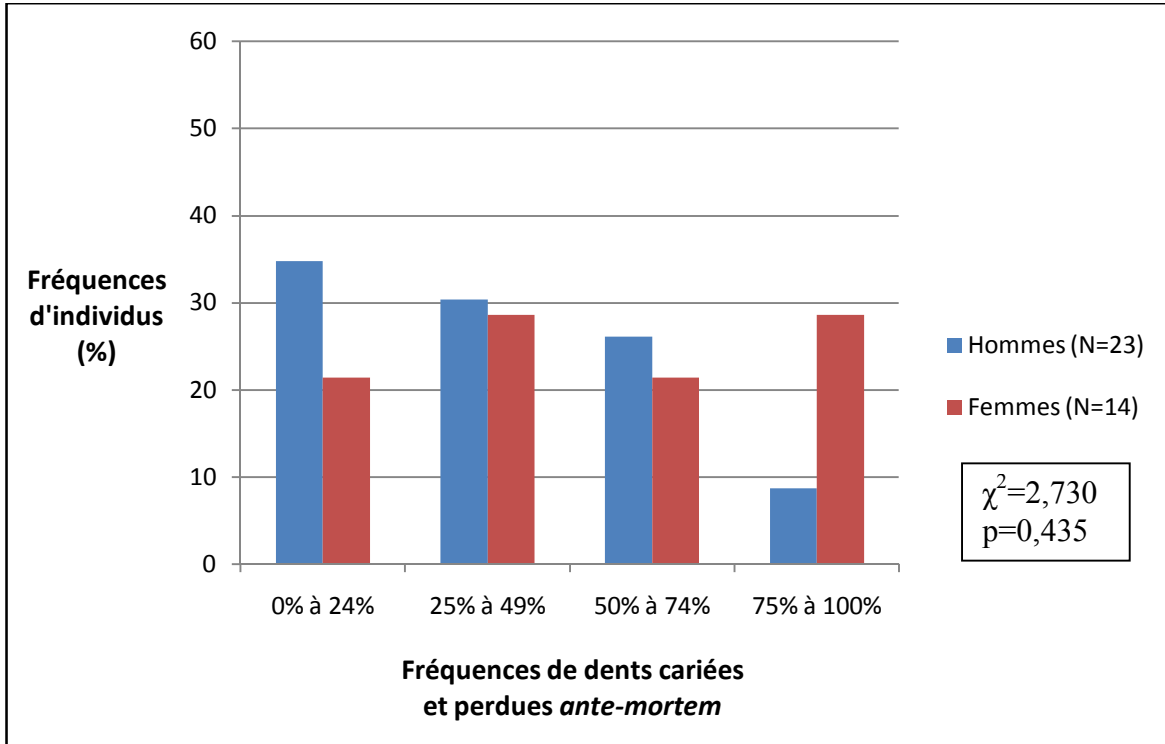
Parmi les adultes de la population de Saint-Matthew, les caries sont plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes : on note respectivement des taux moyens de 37,3% et 30,9% de dents cariées. Cette différence se maintient, et s'amplifie même légèrement, par l'ajout des dents perdues *ante-mortem* puisque l'on obtient des taux de dents atteintes de pathologies dentaires de 48,2% pour les femmes et 40,7% pour les hommes.

Cette différence entre les sexes peut également être mise en évidence et testée statistiquement par l'étude des taux individuels (caries, puis dents cariées et perdues *ante-mortem*). Afin de diminuer les erreurs relatives aux dents manquantes chez certains squelettes, les taux individuels sont regroupés selon quatre catégories de fréquences de 25%, allant des individus les moins atteints aux plus atteints (figures 25 et 26). On constate alors que les hommes ont un pic de pathologies dentaires dans des catégories de fréquences plus basses que les femmes. Par exemple, pour les caries uniquement (figure 25), on observe que 50% des hommes se situent entre 0 et 25% de dents cariées, alors que cette catégorie ne contient que 25% des femmes, ces dernières ayant leur pic entre 25 et 49%. De plus, aucun homme ne dépasse 74% de dents cariées, contrairement aux femmes. Par l'ajout des dents perdues *ante-mortem* (figure 26), ce schéma se conserve puisque l'on note une diminution graduelle de la proportion d'hommes avec l'augmentation des taux, ce qui ne se vérifie pas chez les femmes.

Au niveau statistique, l'application des tests de t de Student aux taux individuels ne confirme pas ces résultats pour les dents cariées (tableau XVIII) ni pour les taux de dents cariées et perdues *ante-mortem* (tableau XIX). De plus, les tests de chi-carré appliqués aux catégories de taux individuels utilisées précédemment (quatre catégories de 25% chacune) ne sont également pas significatifs pour les caries (figure 25), ni pour les dents cariées et perdues *ante-mortem* (figure 26).



**Figure 25.** Comparaison de la santé dentaire entre les sexes : fréquences de dents cariées par individus chez les adultes de la population de Saint-Matthew.



**Figure 26.** Comparaison de la santé dentaire entre les sexes : fréquences de dents cariées et perdues ante-mortem par individus chez les adultes de la population de Saint-Matthew.

Sexe	n	Moyennes et écarts-types	Test de Levene		Test de t de Student	
			F	p	t	p
Hommes	22	32,5 ± 21,3	0,285	0,597	-1,135	0,265
Femmes	12	41,6 ± 24,5				

**Tableau XVIII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques pour les taux individuels de dents cariées selon les sexes.

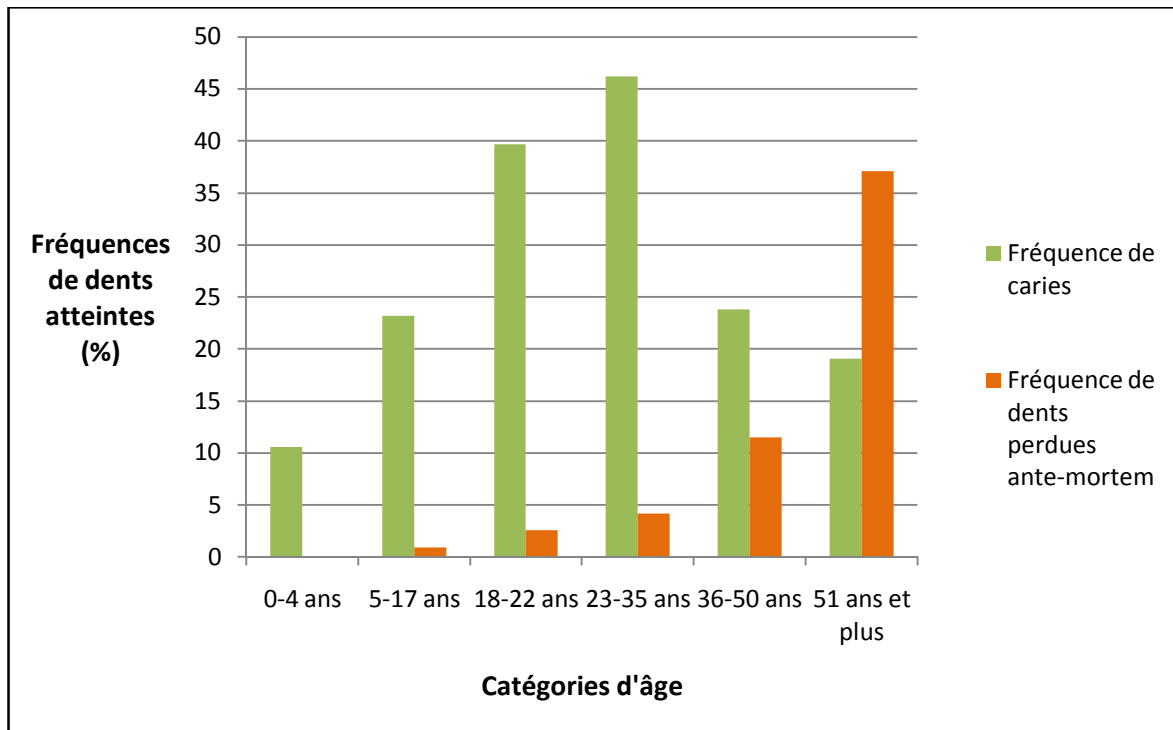
Sexe	n	Moyennes et écarts-types	Test de Levene		Test de t de Student	
			F	p	t	p
Hommes	23	40,8 ± 26,0	0,982	0,328	t=-1,389	0,174
Femmes	14	53,9 ± 30,6				

**Tableau XIX.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques pour les taux individuels de dents cariées et perdues *ante-mortem* selon les sexes.

On constate que la quantité de dents cariées augmente clairement avec l'âge dans la population de Saint-Matthew, pour atteindre un pic de 46,2% de dents atteintes chez les 23-35 ans, puis elle diminue chez les individus les plus vieux (figure 27). Cette diminution est accompagnée par de plus fortes fréquences de perte de dents *ante-mortem*, ce qui est logique si l'on tient compte de l'évolution normale du processus de caries : la dent est infectée pendant plusieurs années, puis, si elle n'est pas soignée, elle est la plupart du temps retirée (Hillson, 2008). On observe que, pour les adultes entre 36 et 50 ans, la forte diminution du taux de caries n'est pas complètement compensée par la fréquence de dents perdues *ante-mortem*, contrairement à ce que l'on observe pour tous les autres groupes d'âge (figure 27). Ceci pourrait s'expliquer, par le hasard de l'échantillonnage des individus (petits échantillons). Il est possible aussi de proposer une hypothèse en lien avec l'adaptation des individus aux stress subis. Les individus très atteints par les caries avant 35 ans pourraient être décédés en plus grand nombre en raison de la forte prévalence et/ou sévérité de cette pathologie. En effet, les pathologies dentaires peuvent être responsables d'un décès prématuré en provoquant soit une dégradation plus rapide de l'état de santé général par leur accumulation, soit un décès directement associé aux pathologies dentaires par la propagation de l'infection au reste de l'organisme (septicémie). Ainsi, parmi les survivants entre 36 et 50 ans, les individus témoignent d'une meilleure santé dentaire. Par la suite, cette dernière continue de se dégrader avec l'âge (individus de 51 ans et plus),

expliquant la forte fréquence de dents perdues *ante-mortem* chez les personnes âgées de la population de Saint-Matthew.

Les caries apparaissent très tôt dans la vie des enfants de la population de Saint-Matthew. Déjà pour la catégorie d'âge de 0 à 4 ans, environ une dent sur dix est cariée. Le test de chi-carré entre les groupes de taux individuels de caries (25% chacun) et les catégories d'âge n'est pas significatif, même si la valeur de p se rapproche du seuil de signification (0,05) :  $\chi^2=23,135$  et  $p=0,081$ . Par contre, il est significatif lorsque l'on confronte les groupes de taux individuels de dents cariées et perdues *ante-mortem* aux catégories d'âge :  $\chi^2=26,723$  et  $p=0,031$  (tableau XX). Les différences entre les catégories d'âge sont surtout mises en évidence par le chi-carré pour les enfants de 0 à 4 ans aux groupes de taux de 0% à 24% et 50% à 74%, puis pour les 5 à 17 ans et les 51 ans et plus aux groupes respectifs de 0% à 24% et 75% à 100%.



**Figure 27.** Fréquences de dents atteintes par les caries et la perte *ante-mortem* par rapport au nombre total de dents observables et perdues *ante-mortem*, selon les catégories d'âge de la population de Saint-Matthew.

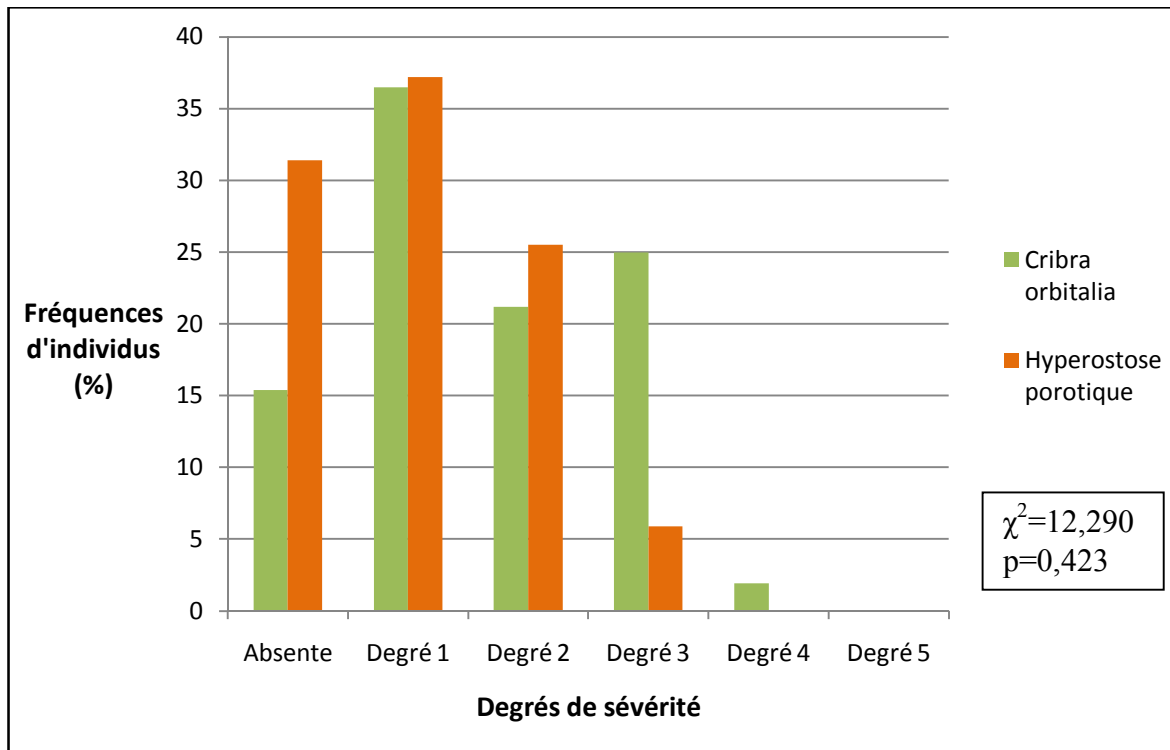
Groupes de taux individuels	n	0-4 ans	5-17 ans	18-22 ans	23-35 ans	36-50 ans	51 ans +	Total n
0%-24%	observé	11	3	1	1	6	2	24
	théorique	6	1,8	1,8	2,8	7,4	4,2	
25%-49%	observé	2	1	1	2	6	2	14
	théorique	3,5	1,1	1,1	1,6	4,3	2,4	
50%-74%	observé	0	0	2	3	2	2	9
	théorique	2,3	0,7	0,7	1	2,8	1,6	
75%-100%	observé	0	0	0	0	2	3	5
	théorique	1,3	0,4	0,4	0,6	1,5	0,9	
Total n	observé	13	4	4	6	16	9	52
	théorique							

**Tableau XX.** Nombre de cas observés et attendus pour le test de chi-carré entre les groupes de taux individuels de dents cariées et perdues *ante-mortem* et les catégories d'âge.

## 2.2. Pathologies métaboliques

### 2.2.1. Les types non spécifiques

La *cribra orbitalia* et l'hyperostose porotique sont très fréquentes dans la population de Saint-Matthew, avec seulement 15,4% et 31,4% respectivement d'individus non atteints (figure 28). Cependant, lorsqu'elles sont observables, elles ne dépassent pas les degrés faibles et modérés (1 à 3), sauf dans un cas pour la *cribra orbitalia* (degré 4). La prévalence et l'état d'avancement (sévérité) de la *cribra orbitalia*, semblent supérieurs à ceux de l'hyperostose porotique, ce qui paraît suivre le schéma de développement de ces pathologies possiblement liées (partie II.2 du chapitre 1). Cependant, le test de chi-carré qui les confronte n'est pas significatif (figure 28), il ne met donc pas en évidence de différence entre ces deux lésions.

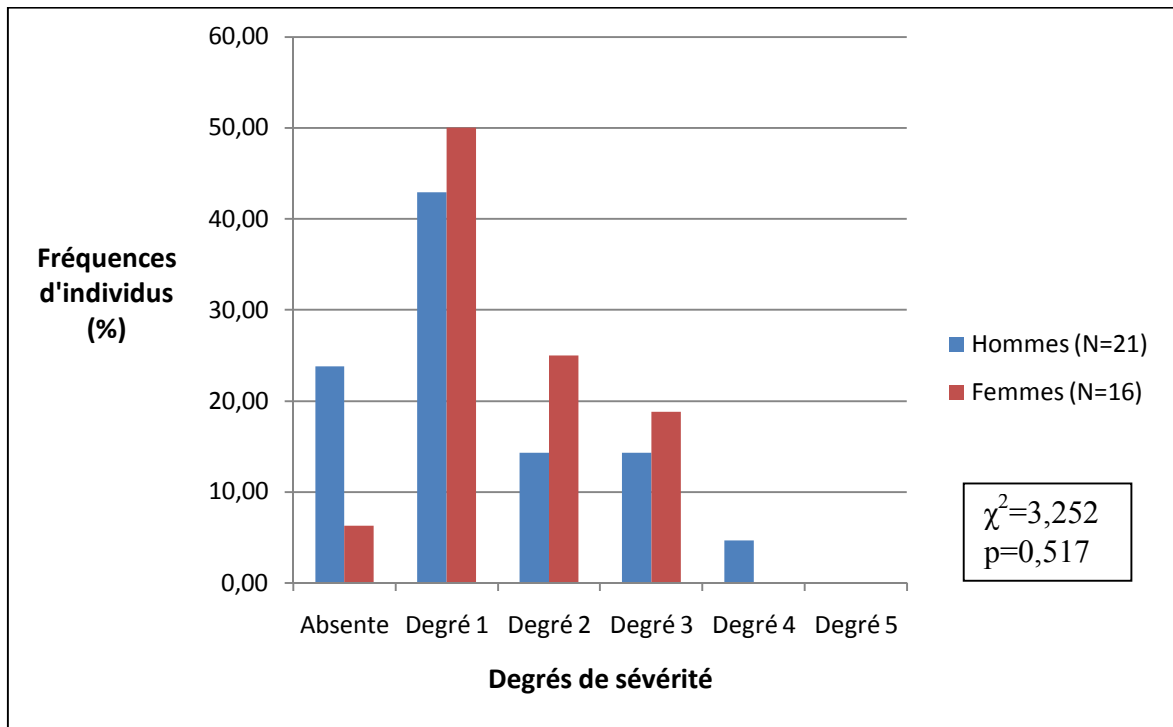


**Figure 28.** Fréquences d'individus par degrés de sévérité de *cribra orbitalia* et d'hyperostose porotique dans la population de Saint-Matthew.

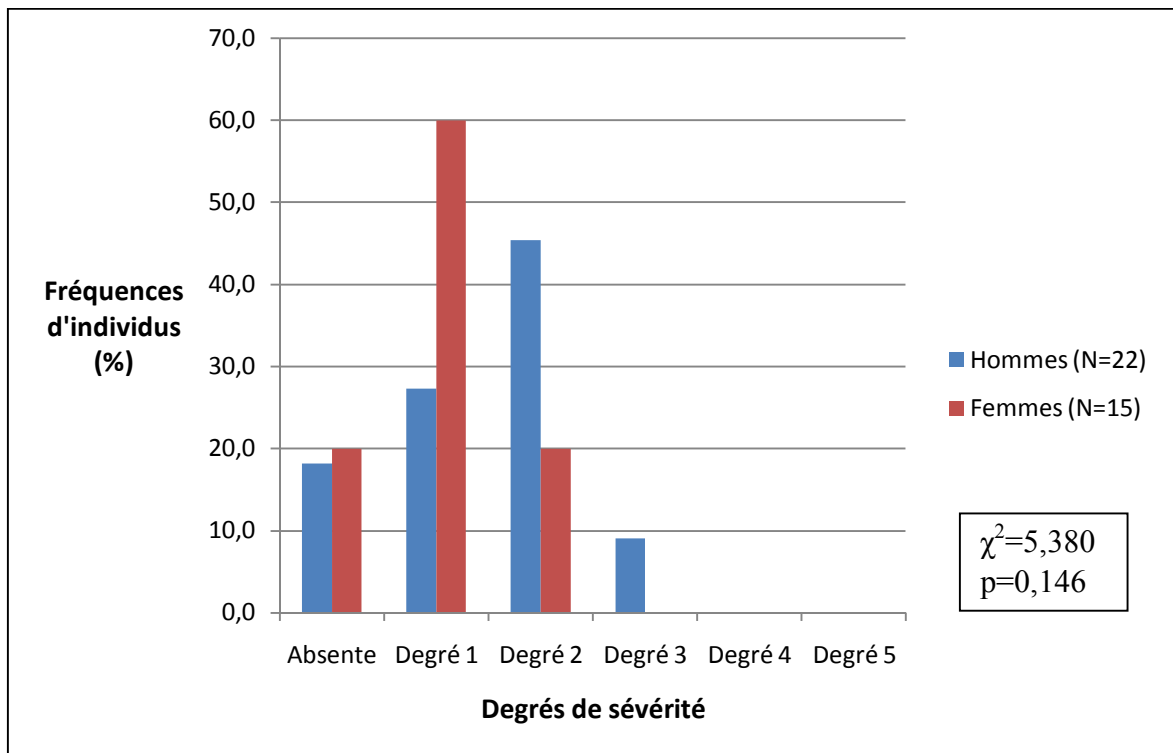
Les femmes semblent plus atteintes que les hommes par la *cribra orbitalia* (figure 29). En effet, seules 6,3% d'entre elles n'en sont pas atteintes, contre 23,8% des hommes, et cette différence se reflète pour les degrés de sévérité 1 à 3. Par contre, c'est un homme qui montre le degré le plus sévère de cette lésion (degré 4). Le résultat du test du chi-carré n'appuie cependant pas cette variation inter-genres puisqu'il n'est pas significatif (figure 29).

Pour l'hyperostose porotique, un schéma inverse apparaît (figure 30) : les hommes semblent plus atteints que les femmes. Bien qu'une proportion égale des deux sexes soit épargnée par la pathologie, les femmes sont majoritaires au degré 1 (60% d'entre elles), alors que le pic est observé au degré 2 chez les hommes (45,4%). De plus, le degré le plus élevé de cette lésion est observé chez un homme. Comme pour la *cribra orbitalia*, le test du chi-carré ne reflète pas cette différence trop minime (figure 30).





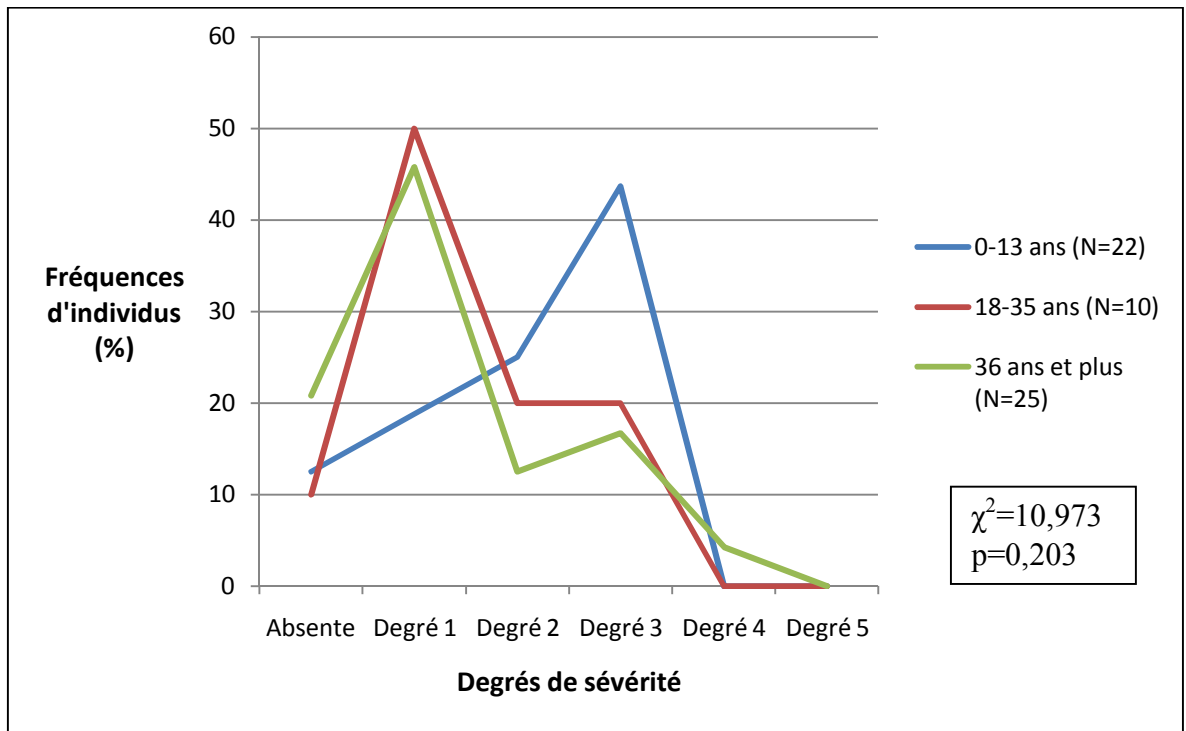
**Figure 29.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de *cribra orbitalia* selon les sexes chez les adultes de la population de Saint-Matthew.



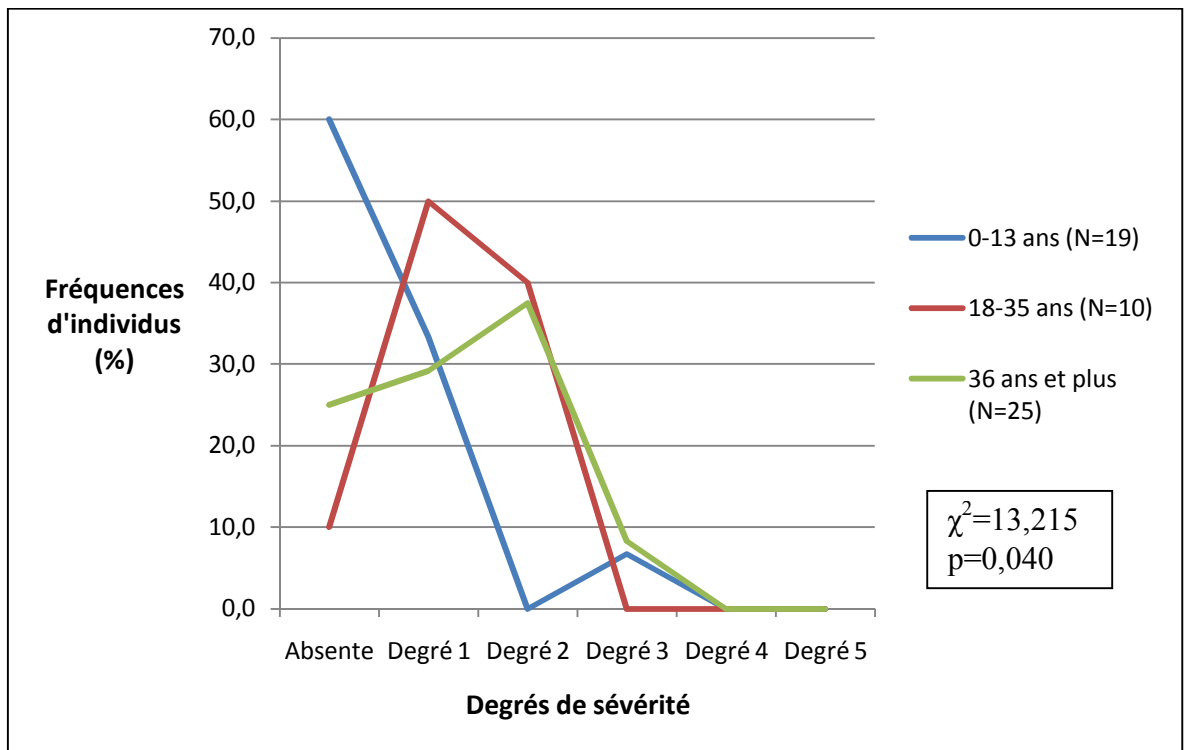
**Figure 30.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés d'hyperostose protique selon les sexes chez les adultes de la population de Saint-Matthew.

En raison du manque d'échantillons dans certaines catégories d'âge utilisées pour l'étude de la population, et dans le but de simplifier les observations, trois catégories d'âges seulement ont été utilisées ici pour illustrer les différences de degrés de sévérité entre les âges : une catégorie représentant les juvéniles (0-13 ans), une autre regroupant les jeunes adultes (18-35 ans), et une dernière représentant les adultes plus âgés (36 ans et plus). Pour la *cribra orbitalia* (figure 31), on remarque une différence marquée entre les immatures et les adultes : les premiers sont caractérisés par des lésions actives avec un pic au degré 3 (43,7% d'entre eux), alors que les individus plus âgés montrent un avancement beaucoup moins important de la pathologie en raison surtout d'une guérison des lésions (traces de remodelage osseux), avec un pic au degré 1. Les deux groupes d'adultes ont un schéma très similaire dans la répartition des degrés de sévérité de la *cribra orbitalia*, indiquant une prévalence relativement constante de la pathologie à partir de 18 ans. Le test de chi-carré appliqué pour ces trois groupes d'âge n'est cependant pas significatif (figure 31).

En ce qui concerne l'hyperostose porotique, on observe de nouveau le schéma inverse : les adultes sont plus atteints par la pathologie que les enfants (figure 32). En effet, 60% des enfants n'ont pas de lésion, contre 10% et 25% seulement pour les groupes d'adultes, et ceux qui en ont ne dépassent généralement pas le degré 1 (sauf un individu avec degré 3). La pathologie est plus généralisée chez les adultes et semble s'amplifier avec l'âge puisque les individus de 18-35 ans montrent un pic au degré 1, alors que ceux de 36 ans et plus sont atteints plus sévèrement avec une majorité d'individus au degré 2. De plus, le groupe d'adultes plus âgés est le seul à comporter des individus atteints du degré 3 d'hyperostose porotique. Le test de chi-carré appliqué à ces trois catégories d'âges est significatif (figure 32), et met surtout en évidence les différences entre le groupe d'individus immatures et celui des adultes pour les degrés 0 et 2 (tableau XXI).



**Figure 31.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de *cribra orbitalia* selon les catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew.



**Figure 32.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés d'hyperostose prototique selon les catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew.

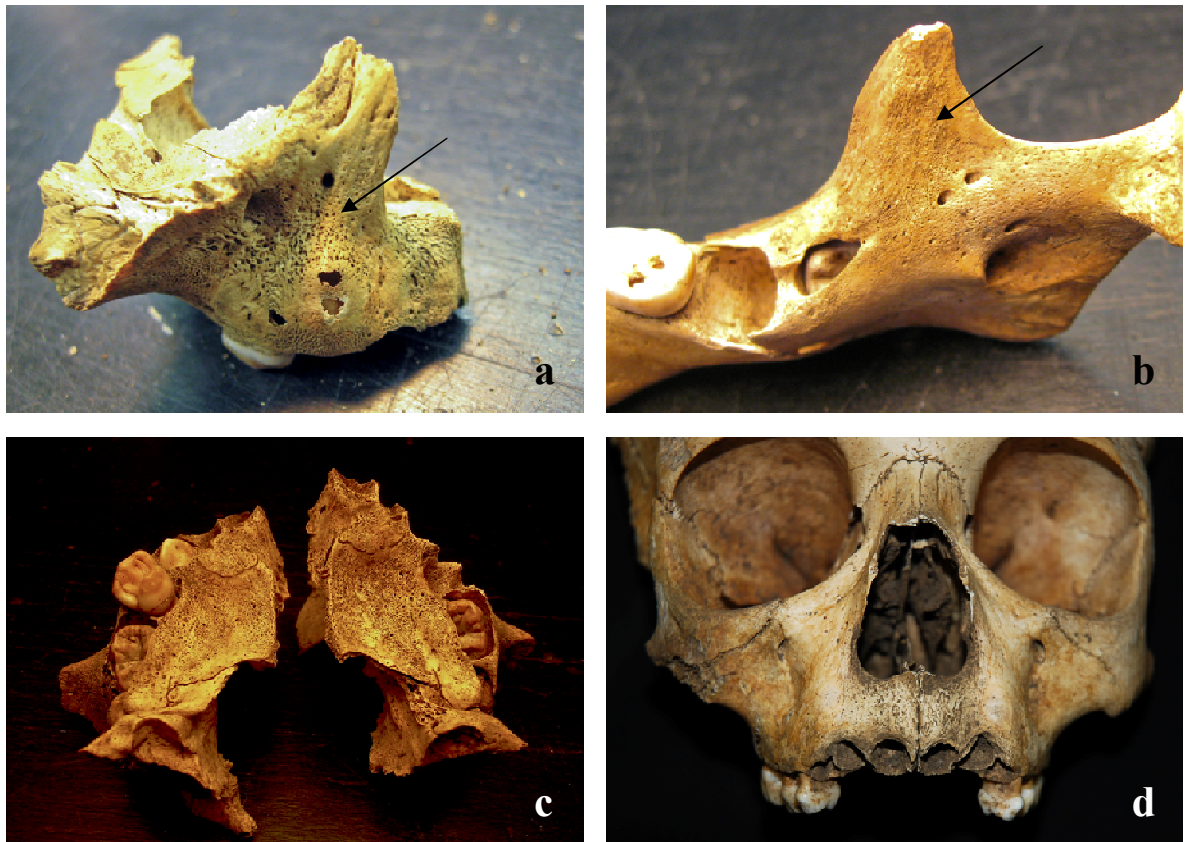
Degrés de sévérité d'hyperostose porotique	n	0-13 ans	18-35 ans	36 ans +	Total n
Absente	observé théorique	10 6,0	1 3,1	6 7,9	17
Degré 1	observé théorique	8 7,4	5 3,9	8 9,7	21
Degré 2	observé théorique	0 4,6	4 2,4	9 6,0	13
Degré 3	observé théorique	1 1,1	0 0,6	2 1,4	3
<b>Total n</b>		19	10	25	54

**Tableau XXI.** Nombre de cas observés et attendus pour le test du chi-carré entre les degrés de sévérité de l'hyperostose porotique et les catégories d'âge.

### 2.2.2. Les types spécifiques

Les critères diagnostiques du scorbut et du rachitisme sont nombreux, et beaucoup d'individus dans la collection de Saint-Matthew en présentent un ou plusieurs. Cependant, pour évoquer la présence de telles pathologies, il est nécessaire d'en constater le plus possible sur le squelette, c'est pourquoi nous ne présenterons ici que les individus pour lesquels un tel diagnostic peut être tenté, en fonction de la quantité d'indices sur les os et la dentition.

Quatre enfants, soit environ 4,2% de la population de Saint-Matthew sont susceptibles d'avoir été atteints par le scorbut. Cette fréquence n'est cependant qu'indicative et est certainement sous-estimée car les squelettes de nombreux individus ne sont pas assez complets pour permettre l'observation des critères diagnostiques. En outre, seuls les cas avancés de la pathologie peuvent être visibles sur les os. Ces individus (numéros 12A2.7, 10A1.8, 8F1.7, et 10A1.5), âgés respectivement de 1,5 ans, 2 ans, 3-4 ans et 8-10 ans, montrent selon les cas plusieurs zones de porosité sur leur squelette qui sont caractéristiques du scorbut (surface exocrânienne, maxillaire, palais, processus coronoïde de la mandibule, zone supra-épineuse de la scapula, sphénoïde), ainsi que de la résorption alvéolaire et divers degrés de *cribra orbitalia* (voir annexe II pour les détails individuels et figure 33 pour illustrations des critères diagnostiques crâniens).



**Figure 33.** Caractéristiques crâniennes du scorbut relevées chez les individus de Saint-Matthew. a. porosité du maxillaire chez l'enfant 12A2.7 ; b. porosité du processus coronoïde de la mandibule chez l'enfant 8F1.7 ; c. porosité du palais chez l'enfant 12A2.7 ; d. résorption alvéolaire au niveau des incisives et porosité de l'os avoisinant chez l'enfant 10A1.5. Photos F. Morland.

La présence du rachitisme est quasiment certaine dans le cas d'un enfant de deux ans (11A2.5). En effet, il montre des déformations de la mandibule et de la diaphyse des os longs, un élargissement des métaphyses (figure 34), un évasement des extrémités sternales des côtes, ainsi que des plaques d'os nouveau réticulaire très épaisses sur tous les os. Ces critères sont associés à un degré très avancé d'hypoplasie de l'émail. De plus, la longueur diaphysaire est inférieure à celle des autres enfants de son âge dans la population, indiquant un retard de croissance substantiel certainement lié à cet état pathologique. Il n'est pas exclu que cet immature soit atteint de plusieurs pathologies coexistantes.

Trois autres individus peuvent aussi avoir été atteints de rachitisme ou d'ostéomalacie. Il s'agit d'un enfant entre trois et quatre ans (12A2.13), d'un homme entre 36 et 50 ans (8F1.12) et d'une femme de 51 ans ou plus (10A1.16C). Tous présentent un os long visiblement courbé (voir annexe II pour les détails individuels), mais aucun autre signe éventuel de cette pathologie. Il n'est donc pas certain que la carence en vitamine D soit la cause de ces morphologies osseuses particulières. Des radiographies de ces os

pathologiques pourraient exclure d'autres hypothèses (traumatismes guéris). Les individus potentiellement atteints de rachitisme constituent 4,2% de la population de Saint-Matthew mais comme pour le diagnostic du scorbut, cette prévalence est certainement sous-estimée.

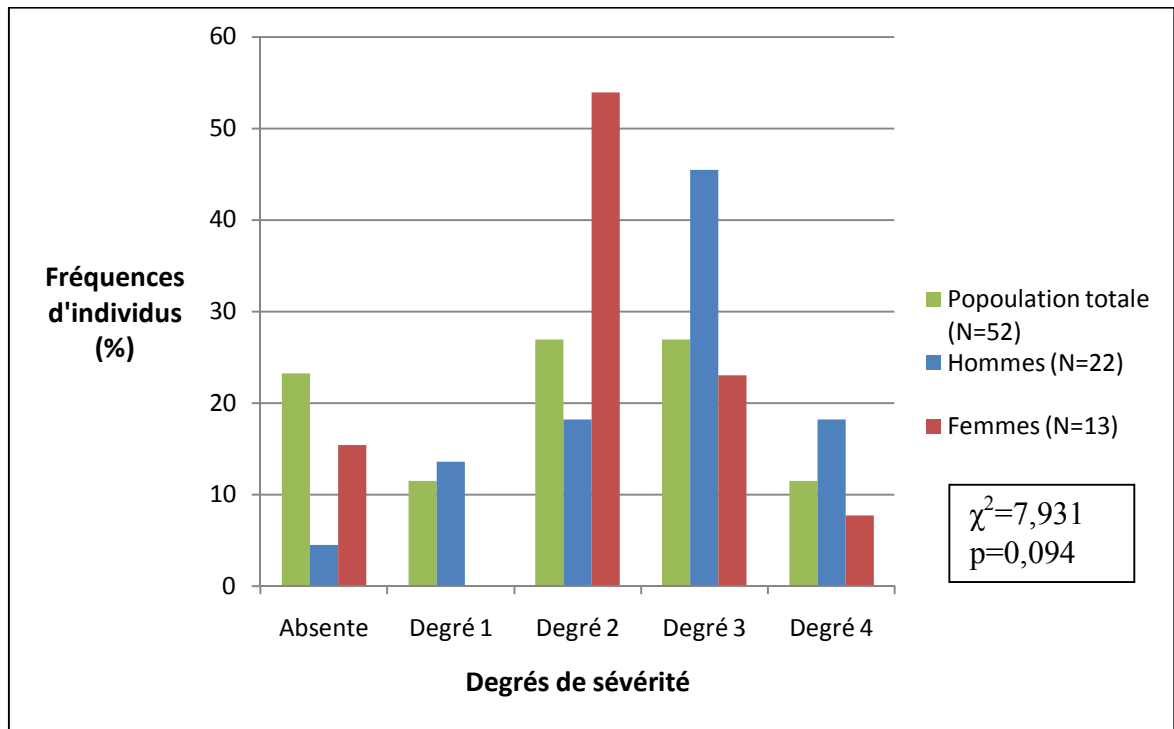


**Figure 34.** Courbure et épaissement des os longs, et évasement des métaphyses chez l'enfant 11A2.5 atteint de rachitisme (à droite), en comparaison avec les os d'un enfant sain du même âge (à gauche) : a. tibias et fibulas, b. radius et ulnas. Photos F. Morland.

### 2.3. Pathologies infectieuses

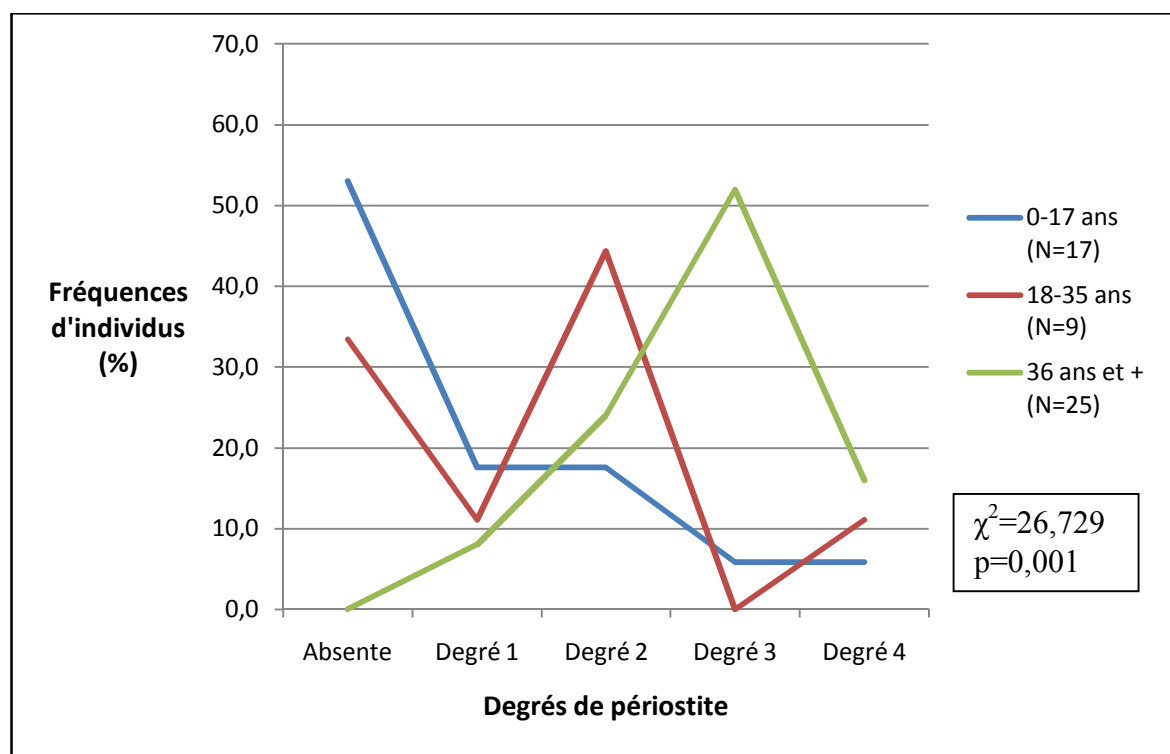
Environ les trois quarts des squelettes ayant pu faire l'objet d'observations de la périostite sont atteints par cette pathologie (figure 35). Tous les degrés de sévérité sont représentés dans la population, avec cependant un pic aux degrés 2 et 3 pour les individus affectés.

Les femmes semblent moins atteintes que les hommes par la périostite (figure 35). En effet, 15,4% d'entre elles n'en montrent pas, contre 4,5% seulement des hommes, et leur pic se situe à un degré plus faible que celui des individus masculins (respectivement aux degrés 2 et 3). Cette différence n'est cependant pas assez marquée pour être mise en évidence par le test du chi-carré (figure 35), même si la valeur de  $p$  s'approche du seuil de signification de 0,05.



**Figure 35.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de périostite pour la population totale, puis selon les sexes chez les adultes de la population de Saint-Matthew.

Pour les raisons évoquées précédemment, des catégories d'âge plus larges sont ici aussi utilisées pour l'étude de la périostite : 0-17 ans, 18-35 ans et 36 ans et plus (figure 36). Plus les individus sont âgés, plus ils sont atteints par la périostite : 53% des jeunes n'en ont pas, contre 33,4% des jeunes adultes et 0% des adultes plus âgés. De plus, les pics de fréquences d'individus atteints sont présents à des degrés de plus en plus élevés avec l'âge : d'une absence majoritaire de lésion chez les immatures, le pic se situe au degré 2 chez les 18-35 ans (44,4% d'entre eux), puis au degré 3 pour les 36 ans et plus (52%). Le test de chi-carré appliqué à ces trois groupes confirme ce rapport avec l'âge (figure 36), permettant surtout d'associer le degré de sévérité 0 (absence de lésion) aux individus immatures et le degré 3 aux adultes âgés (tableau XXII).



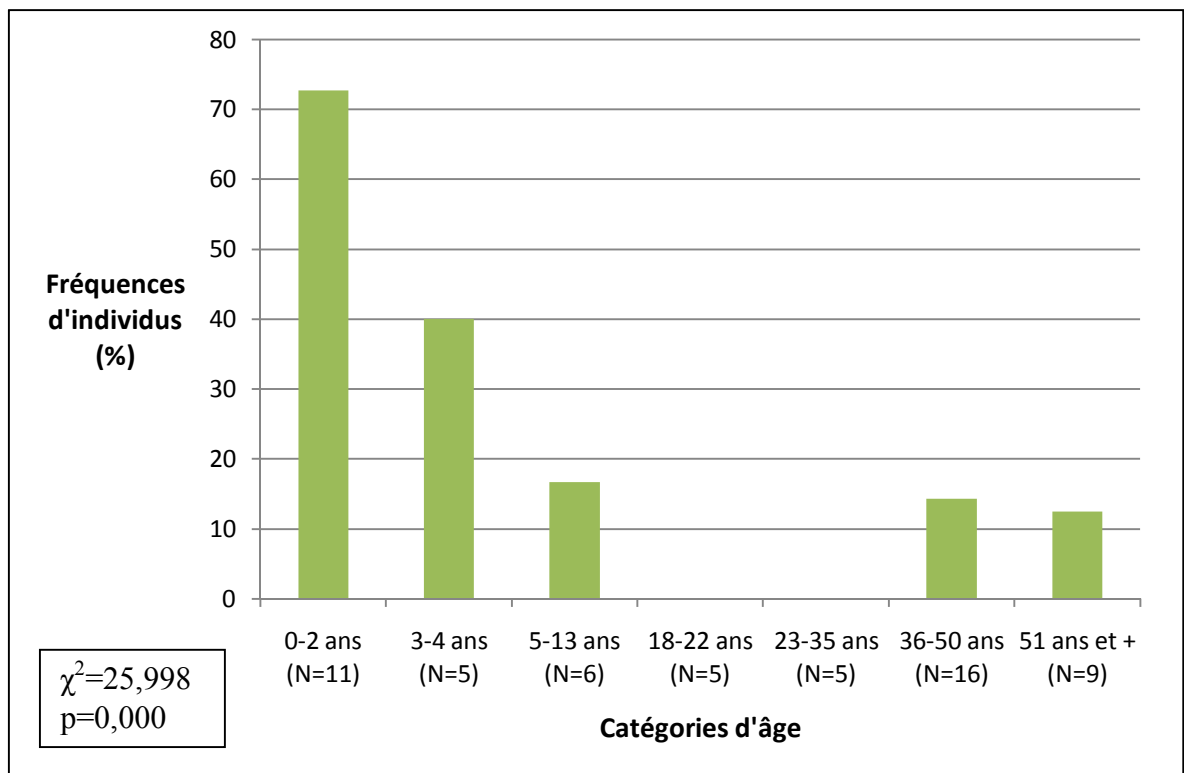
**Figure 36.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés de périostite selon les catégories d'âge dans la population de Saint-Matthew.

Degrés de sévérité d'hyperostose porotique	n	0-17 ans	18-35 ans	36 ans +	Total n
Absente	observé	9	3	0	12
	théorique	4	2,1	5,9	
Degré 1	observé	3	1	2	6
	théorique	2	1,1	2,9	
Degré 2	observé	3	4	6	13
	théorique	4,3	2,3	6,4	
Degré 3	observé	1	0	13	14
	théorique	4,7	2,5	6,9	
Degré 4	observé	1	1	4	6
	théorique	2	1,1	2,9	
<b>Total n</b>		17	9	25	51

**Tableau XXII.** Nombre de cas observés et attendus pour le test du chi-carré entre les degrés de sévérité de la périostite et les catégories d'âge.



Parmi les squelettes observés pour les lésions endocrâniennes, près du quart est atteint par cette pathologie (23,7%). Chez les adultes, seulement trois individus montrent de telles lésions : il s'agit de deux femmes et un homme. Les catégories d'âge utilisées ici tiennent compte de la forte prévalence théorique de cette lésion chez les jeunes enfants (Lewis, 2004) et du nombre restreint des échantillons dans certaines de ces catégories (figure 37). On observe ainsi une forte prévalence chez les enfants de 0-2 ans, avec presque les trois quarts qui sont atteints (72,7%). La fréquence d'individus atteints diminue avec l'âge : 40% entre 3 et 4 ans, 16,7% de 5 à 13 ans, puis aucun cas entre 18 et 35 ans. Les adultes atteints ont plus de 36 ans et sont peu nombreux : ils représentent 8,6% des individus de 18 ans et plus. Le test de chi-carré appliqué à ces catégories d'âge confirme les différences de prévalence entre elles (figure 37). Il met surtout en évidence la situation particulière des très jeunes enfants (0 à 2 ans) pour lesquels les cas sont très nombreux (tableau XXIII).



**Figure 37.** Fréquences d'individus atteints par les lésions endocrâniennes pour chaque catégorie d'âge de la population de Saint-Matthew.

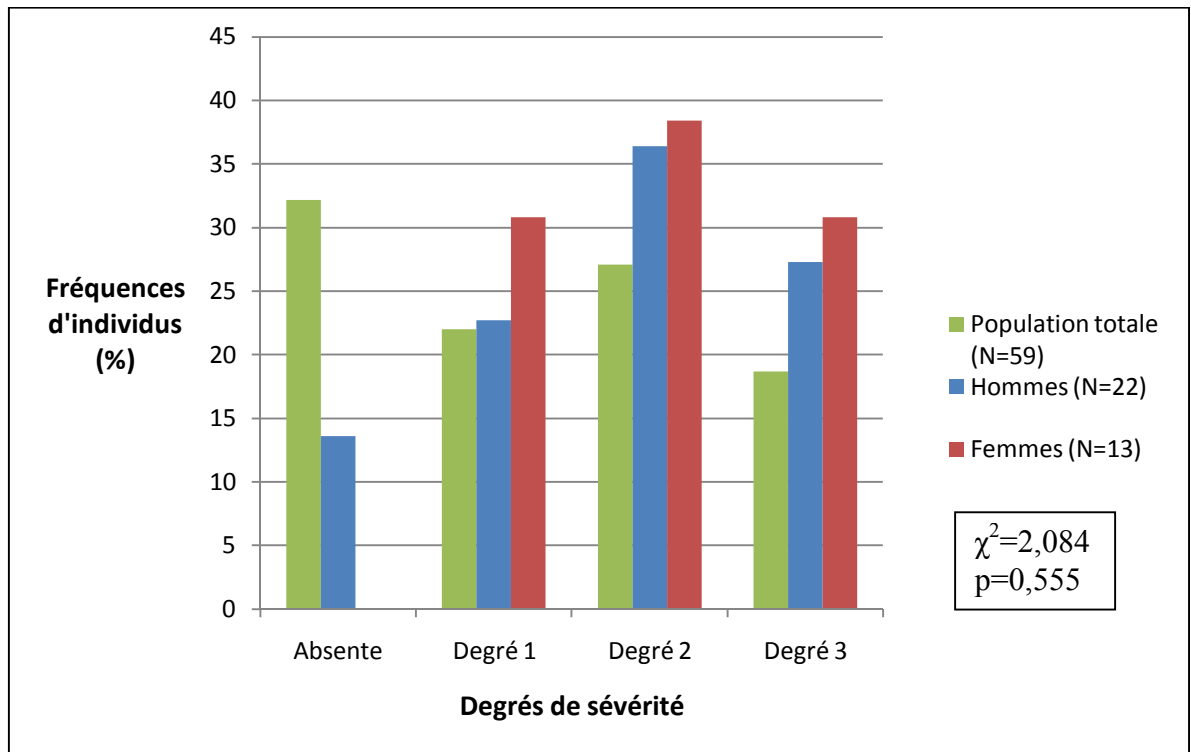
<b>Lésions endocrâniennes</b>	<b>n</b>	<b>0-2 ans</b>	<b>3-4 ans</b>	<b>5-13 ans</b>	<b>18-22 ans</b>	<b>23-36 ans</b>	<b>36-50 ans</b>	<b>51 ans +</b>	<b>Total n</b>
<b>Absentes</b>	observé théorique	3 8,7	3 3,9	5 4,7	5 3,9	5 3,9	15 12,6	9 7,1	45
<b>Présentes</b>	observé théorique	8 2,3	2 1,1	1 1,3	0 1,1	0 1,1	1 3,4	0 1,9	12
<b>Total n</b>		11	5	6	5	5	16	9	57

**Tableau XXIII.** Nombre de cas observés et attendus pour le test du chi-carré entre la présence et l'absence des lésions endocrâniennes et les catégories d'âge.

#### 2.4. Perturbations de la croissance dentaire

Parmi les individus observés, environ un tiers n'est pas atteint par l'hypoplasie de l'émail (32,2%). Tous les degrés de sévérité de cette pathologie sont représentés dans la population de Saint-Matthew, avec un léger pic au degré 2 (figure 38).

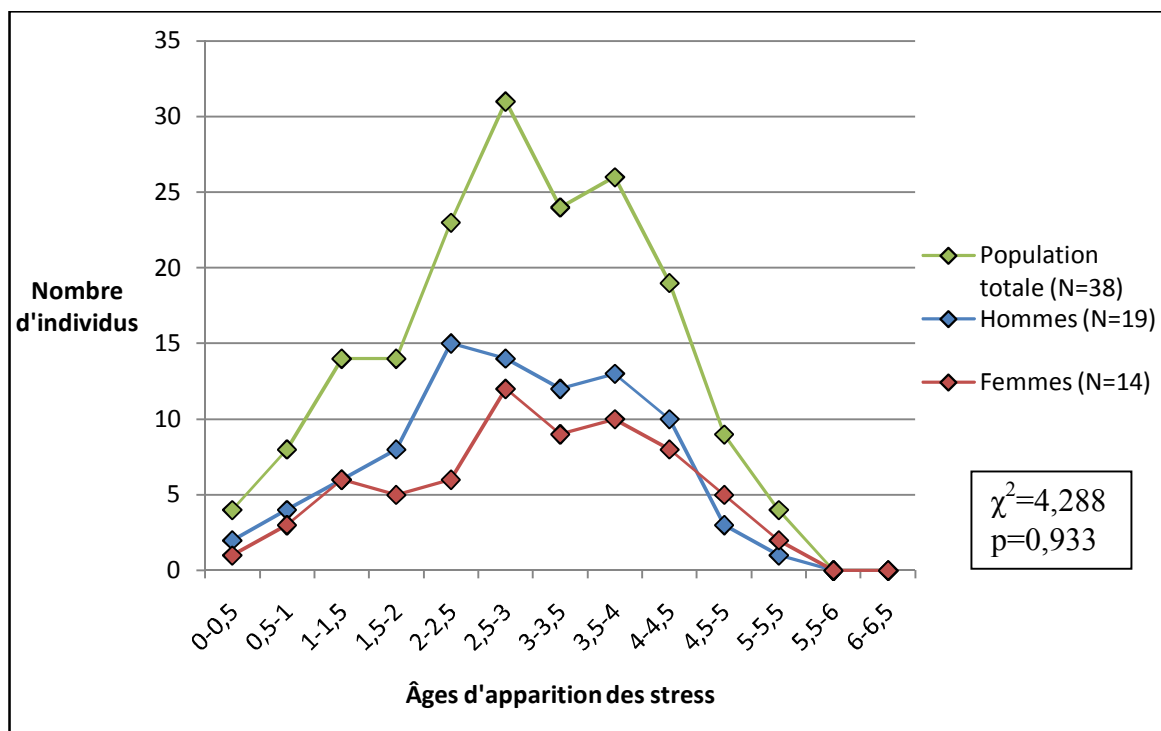
Les femmes semblent légèrement plus affectées que les hommes par ce type de lésions. Cette différence entre les sexes s'observe surtout par le fait qu'elles soient toutes atteintes, contrairement aux hommes pour lesquels 13,6% d'entre eux en sont exempts. Ceci se répercute ensuite pour chaque degré de sévérité où elles sont plus présentes que les hommes. Cependant, le test du chi-carré ne confirme pas cette différence de prévalence entre les sexes (figure 38).



**Figure 38.** Fréquences d'individus atteints par les divers degrés d'hypoplasie de l'émail pour la population totale, puis selon les sexes des adultes de Saint-Matthew.

L'âge d'apparition des stress liés à l'hypoplasie de l'émail a pu être déterminé pour 33 adultes et 5 immatures (incisives et canines permanentes seulement). Le pic de stress se situe globalement entre 2 et 4,5 ans (figure 39), avec plus de la moitié des individus ayant subi des stress à ces âges. Plus précisément, c'est entre 2,5 et 3 ans que les enfants sont le plus atteints puisque 81,6% des individus étudiés montrent des lignes d'hypoplasie liées à cette période.

Au sujet des différences entre les sexes, à première vue, les hommes semblent subir des stress qui débutent plus tôt dans la vie que chez les femmes : plus de la moitié d'entre eux sont atteints entre 2 et 4,5 ans, contre 2,5 et 4,5 ans pour les femmes. Cependant, cette différence ne se reflète pas dans le test de chi-carré appliqué entre les sexes pour chaque catégorie d'âge d'apparition des stress (figure 39). Pour la population entière, les stress diminuent fortement après 4 ans et demi (réduction importante du nombre d'individus atteints). On observe aussi, pour la population totale, une période de stress relativement constante entre 1 et 2 ans pour plus du tiers des individus (36,8%).



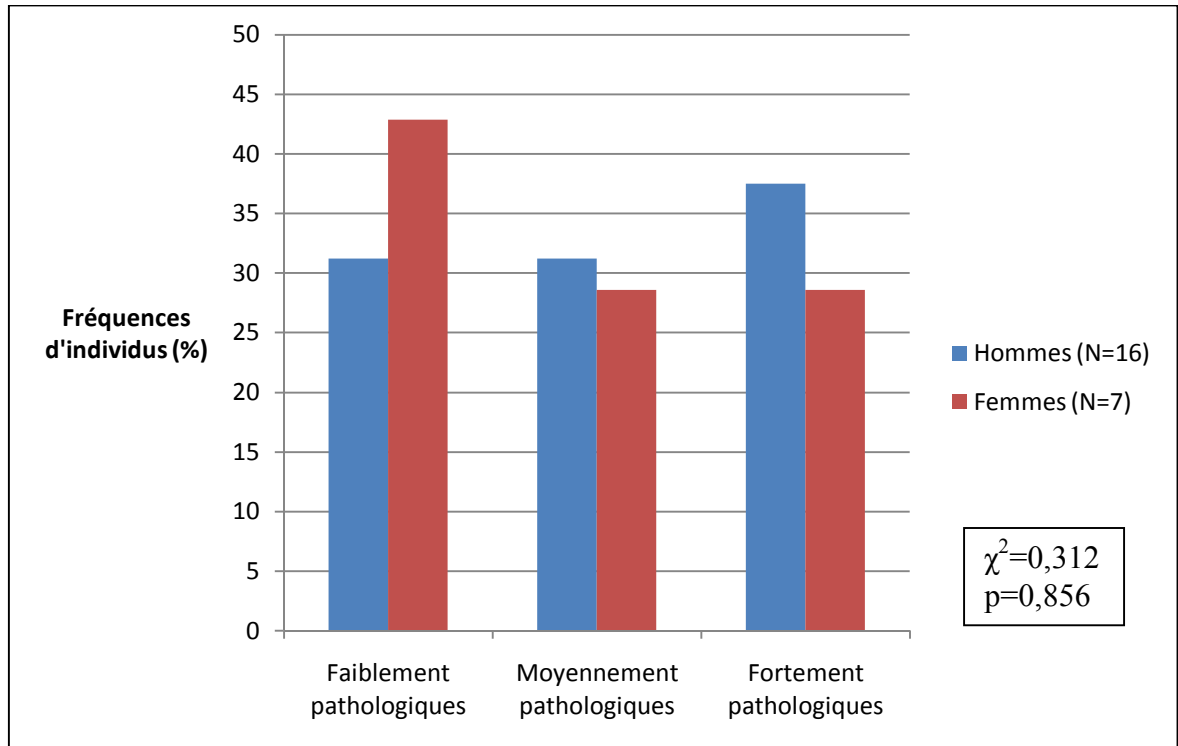
**Figure 39.** Nombre d'individus atteints d'hypoplasie de l'émail pour chaque catégorie d'âge d'apparition des stress entre 0 et 6,5 ans pour la population totale de Saint-Matthew (hommes et femmes plus 5 immatures), puis par sexe pour les adultes.

### 2.5. État de santé général des adultes

L'addition des degrés de sévérité des pathologies pour les adultes nous permet de constater une grande variabilité dans l'accumulation des lésions ostéologiques et dentaires chez les adultes. En effet, les scores individuels parmi les 23 individus ayant pu être quantifiés se répartissent entre 4 et 14. Il est à noter que la totalité de ces individus est atteinte par au moins deux types de lésion. À partir de ces valeurs, trois groupes ont été formés, en tenant compte du nombre réduit d'échantillons par score : le premier regroupe les individus « faiblement pathologiques » avec des scores individuels de 4 à 7, le deuxième concerne les individus « moyennement pathologiques » avec des scores de 8 à 10, et le dernier les individus « fortement pathologiques », avec des scores de 11 à 14.

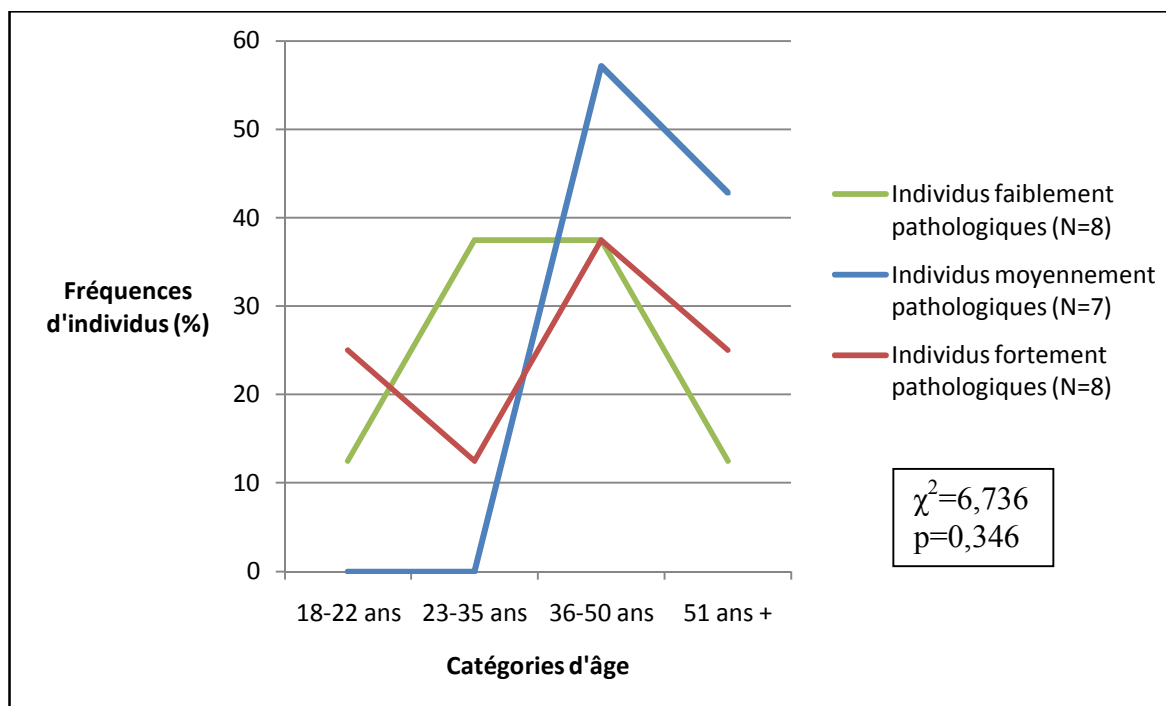
La répartition des individus dans ces groupes d'état pathologique général semble montrer un état de santé moins bon pour les hommes que pour les femmes. En effet, on peut voir dans la figure 40 que le pic de fréquence des femmes se situe pour la catégorie des individus faiblement pathologiques, alors que celui des hommes se trouve dans la catégorie

des individus fortement pathologiques. Cependant, le test de chi-carré ne fournit pas de résultat significatif mettant en évidence cette différence trop minime entre les sexes (figure 40).



**Figure 40.** Fréquences d'individus par sexe pour chaque catégorie pathologique des adultes de la population de Saint-Matthew.

La confrontation des catégories d'âge aux groupes d'état pathologique des adultes de Saint-Matthew ne montre pas de rapport clair. Les résultats de la partie II de ce chapitre ont notamment montré un degré plus avancé des pathologies chez les individus les plus âgés (ex. pathologies dentaires, périostite). On pourrait alors s'attendre ici à constater un état pathologique plus fort chez les individus les plus âgés. Dans la figure 41, on peut voir que les individus les plus faiblement atteints font surtout partie des adultes assez jeunes et d'âge moyen (entre 23 et 50 ans), alors que les pics des groupes d'individus moyennement et fortement pathologiques ont tendance à regrouper des individus d'âge moyen seulement (36-50 ans). Ces différences tendent à appuyer l'hypothèse d'un état pathologique plus avancé chez les individus les plus vieux, mais ce résultat n'est pas très marqué. De plus, le test de chi-carré appliqué à tous ces groupes ne révèle pas de différenciation statistiquement significative (figure 41).



**Figure 41.** Fréquences d'individus par groupe d'âge pour chaque catégorie pathologique des adultes de la population de Saint-Matthew.

### III. CONFRONTATION DES DONNÉES ISOTOPIQUES ET PALÉOPATHOLOGIQUES

---

La confrontation des données isotopiques et paléopathologiques va nous permettre d'aborder la question de recherche numéro 4 concernant les éventuelles corrélations entre état de santé et nutrition chez les individus de Saint-Matthew.

Tous les enfants de moins de deux ans sont retirés de l'analyse dans cette partie en raison de l'augmentation des ratios isotopiques liée à l'allaitement. Ainsi, les mentions « toute la population » et « la population entière » utilisées ici pour alléger le texte concernent en réalité seulement les individus de plus de deux ans de la population de Saint-Matthew (N=66).

L'hypoplasie de l'émail est la seule pathologie étudiée qui n'a pas été confrontée aux résultats des analyses isotopiques. Elle reflète des événements qui sont situés uniquement durant la croissance des individus, contrairement aux ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  qui caractérisent le régime alimentaire sur une période relative à la fin de la vie (environ dix ans avant le décès).

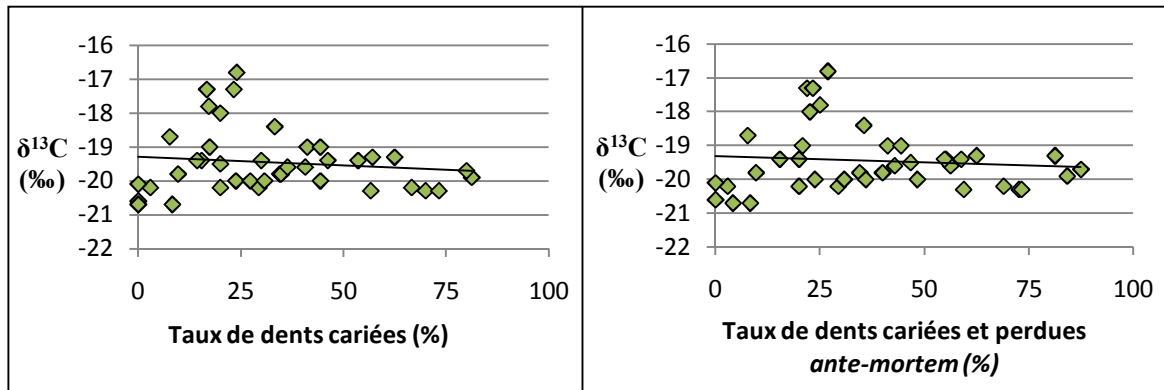
---

#### 1. PATHOLOGIES DENTAIRES

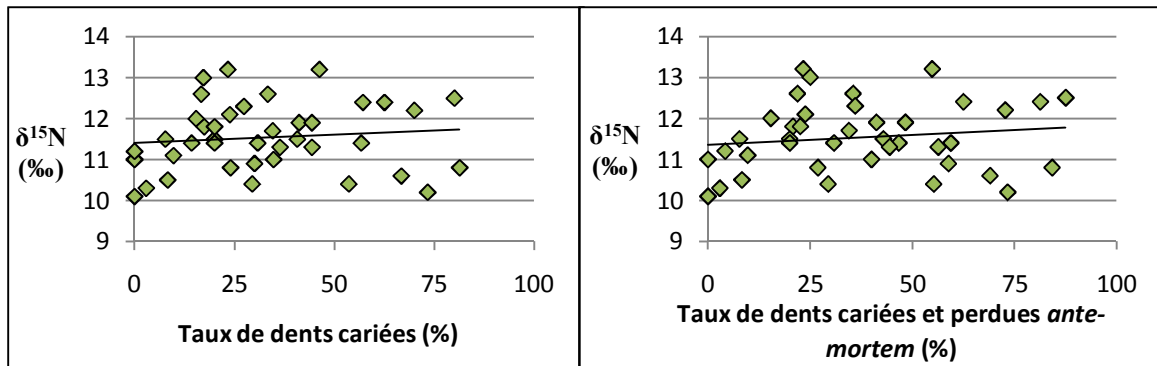
---

Les taux individuels de pathologies dentaires ont été confrontés aux ratios isotopiques du carbone et de l'azote dans le but de déterminer une éventuelle relation. En effet, parmi les ressources susceptibles de faire augmenter les ratios isotopiques du carbone figurent les aliments en C4 consommés par les habitants de Québec aux XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles qui sont très cariogènes puisqu'il s'agit surtout de maïs et de sucre de canne. On pourrait donc éventuellement s'attendre à constater une plus forte prévalence des caries et des dents perdues *ante-mortem* chez les individus qui consomment ces ressources en plus grande quantité que les autres (Saunders *et al.*, 1997). Cependant, cette relation ne se vérifie pas avec les données de l'étude (figures 42 et 43). On constate plutôt que les individus ayant les plus forts ratios  $\delta^{13}\text{C}$  font partie de ceux qui ont le moins de caries (taux individuels entre 15 et 25%), et de caries additionnées aux dents perdues *ante-mortem* (taux entre 20 et 35%). La confrontation avec les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  ne donne pas non plus de résultat clair puisque l'on n'observe aucune relation avec les taux individuels liés à la santé

dentaire. Les tests de corrélation de Pearson confirment ce manque de relation (tableau XXIV).



**Figure 42.** Ratios isotopiques du carbone en fonction des taux individuels de caries (à gauche) et des taux de dents cariées et perdues *ante-mortem* (à droite) dans la population de Saint-Matthew.



**Figure 43.** Ratios isotopiques de l'azote en fonction des taux individuels de caries (à gauche) et des taux de dents cariées et perdues *ante-mortem* (à droite) dans la population de Saint-Matthew.

Taux individuels	n	δ <sup>13</sup> C		δ <sup>15</sup> N	
		r	p	r	p
<b>Caries</b>	41	-0,049	0,761	0,074	0,646
<b>Dents cariées et perdues <i>ante-mortem</i></b>	44	-0,049	0,761	0,109	0,482

**Tableau XXIV.** Résultats des tests de corrélation de Pearson entre les ratios isotopiques et les taux individuels de pathologies dentaires.



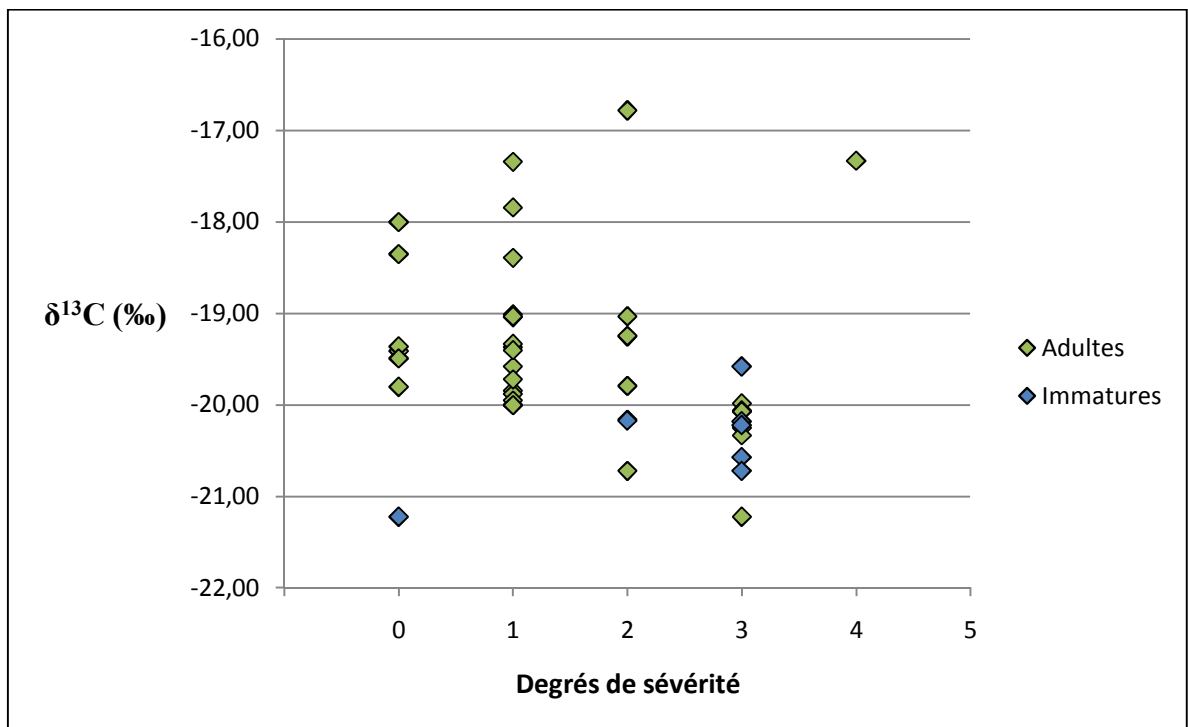
---

 2. PATHOLOGIES MÉTABOLIQUES
 

---

2.1. Les types non spécifiques

Il a été montré précédemment que les enfants de 2 à 7 ans ont des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  moyens légèrement, mais significativement, inférieurs à ceux des adultes, et que cette même part de la population présente des degrés plus élevés de *cribra orbitalia* (parties I.3.2 et II.2.2 de ce chapitre, respectivement). Il est donc nécessaire de s'assurer que la comparaison de ces deux types de données pour toute la population ne va pas en réalité caractériser surtout ces jeunes enfants, notamment en raison de la petite taille des échantillons. Par conséquent, pour la *cribra orbitalia*, les immatures seront différenciés des adultes sur les graphiques, puis dans les tests statistiques qui seront appliqués à deux groupes d'individus : un premier comprenant toute la population (adultes et immatures de deux ans et plus), puis un deuxième avec les adultes seulement. Si les résultats des tests concernant les adultes seulement corroborent ceux du groupe d'adultes et d'immatures, alors les données ne sont pas biaisées par les particularités des enfants de 2 à 7 ans, et la relation possible entre isotopes et *cribra orbitalia* serait valable pour toute la population. La confrontation de ces deux types de données est illustrée sur la figure 44, et les données isotopiques pour chacun de ces groupes sont consignées dans le tableau XXV.



**Figure 44.** Ratios isotopiques du carbone en fonction des degrés de sévérité de la *cribra orbitalia* dans la population de Saint-Matthew.

	$\delta^{13}\text{C}$				$\delta^{15}\text{N}$			
	Population entière		Adultes seulement		Population entière		Adultes seulement	
Degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i>	n	Moyennes et écarts-types (‰)	n	Moyennes et écarts-types (‰)	n	Moyennes et écarts-types (‰)	n	Moyennes et écarts-types (‰)
Absente	7	-19,4 ± 1,0	6	-19,1 ± 0,7	7	11,9 ± 1,0	6	11,7 ± 1,0
Degré 1	16	-19,2 ± 0,8	16	-19,2 ± 0,8	16	12,0 ± 0,7	16	12,0 ± 0,7
Degré 2	8	-19,4 ± 1,2	7	-19,3 ± 1,3	8	11,1 ± 0,7	7	11,0 ± 0,4
Degré 3	12	-20,3 ± 0,4	6	-20,3 ± 0,5	12	10,9 ± 0,6	6	11,0 ± 0,7
Degré 4	1	-17,3	1	-17,3	1	13,2	1	13,2
Degré 5	0	-	0	-	0	-	0	-

**Tableau XXV.** Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  par degrés de sévérité de la *cribra orbitalia*.

Pour les degrés de sévérité 0 à 2 de la *cribra orbitalia*, les valeurs moyennes de  $\delta^{13}\text{C}$  sont relativement constantes (aux alentours de -19,3‰). On observe par contre une diminution des ratios isotopiques moyens du carbone d'environ 1‰ avec le passage au degré de sévérité 3 de la pathologie, à la fois pour la population entière et pour le groupe uniquement constitué des adultes de la collection. L'échantillon pour le degré 4 est réduit à un seul individu pour lequel la valeur de  $\delta^{13}\text{C}$  ne continue pas cette tendance à la diminution des ratios isotopiques avec l'augmentation des degrés de sévérité. Afin de tester statistiquement ces observations, deux groupes d'individus ont été créés à partir des cinq degrés de sévérité : le premier comprend les individus des degrés 0 à 2 (degrés faible à modéré) et le deuxième les individus des degrés 3 à 5 (degrés modéré à fort). Ce regroupement nous permet également d'augmenter le nombre d'échantillons dans chaque catégorie afin d'améliorer la qualité des tests statistiques.

L'application du test de U de Mann-Whitney à ces deux groupes en fonction des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  appuie leurs différences pour la population entière (tableau XXVI). Ceci signifierait donc qu'il existe une différence de régime alimentaire liée à la sévérité de la *cribra orbitalia* : les individus qui consomment le plus de ressources en C4 et/ou marines ont ainsi tendance à être moins atteints par ces lésions que ceux qui en consomment moins.. Si l'on retire les immatures de ces groupes (adultes seulement), le test de U de Mann-Whitney est également significatif (tableau XXVII), indiquant que la différence observée

est possiblement valable pour toute la population et ne serait pas biaisée par les caractéristiques particulières au groupe de juvéniles.

Groupes de degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i>	Population entière ( $\delta^{13}\text{C}$ )			
	n	Moyennes et écarts-types (‰)	U de Mann-Whitney	
			U	p
Degrés 0 à 2	32	-19,3 ± 1,0	111,00	0,001
Degrés 3 et 4	13	-20,0 ± 0,9		

**Tableau XXVI.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  par groupes de degrés de sévérité de la *cribra orbitalia*, pour la population entière.

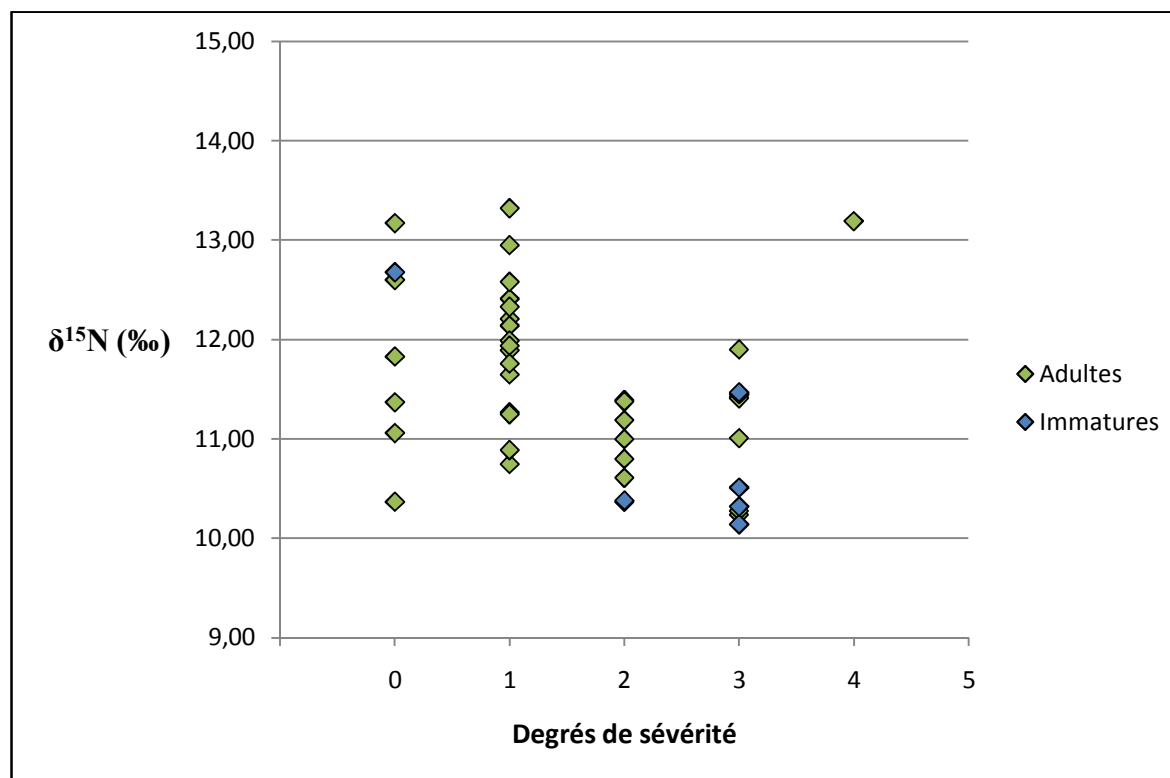
Groupes de degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i>	Adultes seulement ( $\delta^{13}\text{C}$ )			
	n	Moyennes et écarts-types (‰)	U de Mann-Whitney	
			U	p
Degrés 0 à 2	29	-19,2 ± 0,9	38,00	0,011
Degrés 3 et 4	7	-19,9 ± 1,2		

**Tableau XXVII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  par groupes de degrés de sévérité de la *cribra orbitalia*, pour les adultes seulement.

Comme pour les isotopes du carbone, on constate une différence des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  moyens en fonction des degrés de sévérité de la *cribra orbitalia* (figure 45). Cette différence d'une amplitude d'environ 1‰, se situe entre les degrés inexistant et faible de la pathologie (degrés 0 et 1) et les degrés modérés (degrés 2 et 3). Les pathologies sévères sont ici aussi représentées par un seul individu (degré 4), et celui-ci n'entre pas dans ce schéma de diminution des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  en fonction de l'augmentation des degrés de sévérité. Toutes ces observations concernant les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  sont à l'image de celles présentées pour les ratios  $\delta^{13}\text{C}$ .

Afin d'être en mesure d'appliquer à ces observations le test de t de Student, et de constituer des échantillons plus grands, deux groupes sont déterminés : le premier prend en compte les degrés faibles de la *cribra orbitalia*, et le deuxième les degrés modérés et forts. La différence ainsi constatée entre ces deux groupes est confirmée par le test statistique pour la population entière (tableau XXVIII), et pour les adultes seulement (tableau XXIX),

malgré la présence de l'individu de degré 4. Il est donc possible de suggérer ici une différence de comportement alimentaire entre les gens faiblement ou non atteints par la pathologie et ceux qui le sont à un degré plus sévère : les premiers consomment des aliments plus riches en protéines que les seconds.



**Figure 45.** Ratios isotopiques d'azote en fonction des degrés de sévérité de *cribra orbitalia* dans la population de Saint-Matthew.

Groupes de degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i>	Population entière ( $\delta^{15}\text{N}$ )					
	n	Moyennes et écarts-types (%)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	23	11,9 ± 0,8	0,352	0,556	4,050	0,000
Degrés 2 à 4	21	11,0 ± 0,7				

**Tableau XXVIII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  par groupes de degrés de sévérité de la *cribra orbitalia*, pour la population entière.

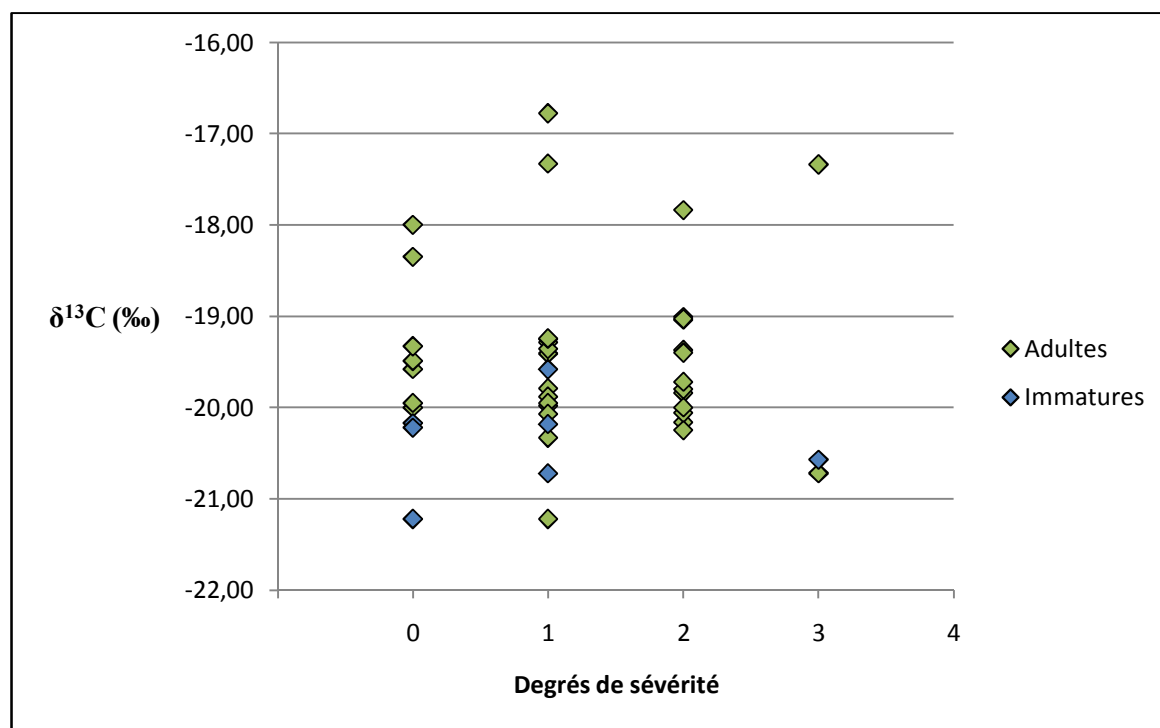
Groupes de degrés de sévérité de <i>cribra orbitalia</i>	Adultes seulement ( $\delta^{15}\text{N}$ )					
	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	22	11,9 ± 0,8	0,008	0,931	2,386	0,023
Degrés 2 à 4	14	11,2 ± 0,8				

**Tableau XXIX.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  par groupes de degrés de sévérité de la *cribra orbitalia*, pour les adultes seulement.

Pour la confrontation des valeurs des ratios isotopiques du carbone aux degrés de sévérité d'hyperostose porotique, les mêmes contraintes que pour la *cribra orbitalia* se posent. En effet, il a été observé que les enfants montrent généralement cette pathologie à un degré inférieur à celui des adultes, et que ces mêmes individus ont tendance à avoir un ratio  $\delta^{13}\text{C}$  inférieur à celui des adultes de la population. Afin d'isoler l'effet statistique des enfants sur toute la population, les études devraient être réalisées à la fois pour toute la population, puis pour les adultes seulement. Cependant, aucune variation n'est observée entre les degrés de sévérité de la pathologie et les ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  moyens, ni de la population totale, ni du groupe d'adultes uniquement : les ratios isotopiques restent relativement constants, avec une variation intergroupe de 0,5‰ au maximum (figures 46 et 47, tableau XXX). Les tests de t de Student, appliqués aux deux groupes d'étude et pour les deux isotopes appuient ce manque de relation car ils ne sont pas significatifs (tableaux XXXI, XXXII, XXXIII et XXXIV). Il ne semble donc pas exister de relation entre les comportements alimentaires et l'état d'avancement de cette pathologie pour la population de Saint-Matthew.

Degrés de sévérité d'hyperostose porotique	Population entière			Adultes seulement		
	n	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts-types (%)	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types (%)	n	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts-types (%)	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types (%)
Absente	10	$-19,6 \pm 0,9$	$11,7 \pm 0,8$	7	$-19,2 \pm 0,8$	$11,9 \pm 0,5$
Degré 1	17	$-19,6 \pm 1,1$	$11,6 \pm 1,0$	14	$-19,4 \pm 1,1$	$11,6 \pm 1,0$
Degré 2	13	$-19,5 \pm 0,7$	$11,6 \pm 0,9$	13	$-19,5 \pm 0,7$	$11,6 \pm 0,9$
Degré 3	3	$-19,5 \pm 1,9$	$11,3 \pm 1,3$	2	$-19,0 \pm 2,4$	$11,9 \pm 1,0$
Degré 4	0	-	-	0	-	-
Degré 5	0	-	-	0	-	-

**Tableau XXX.** Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et de l'azote par degrés de sévérité d'hyperostose porotique.



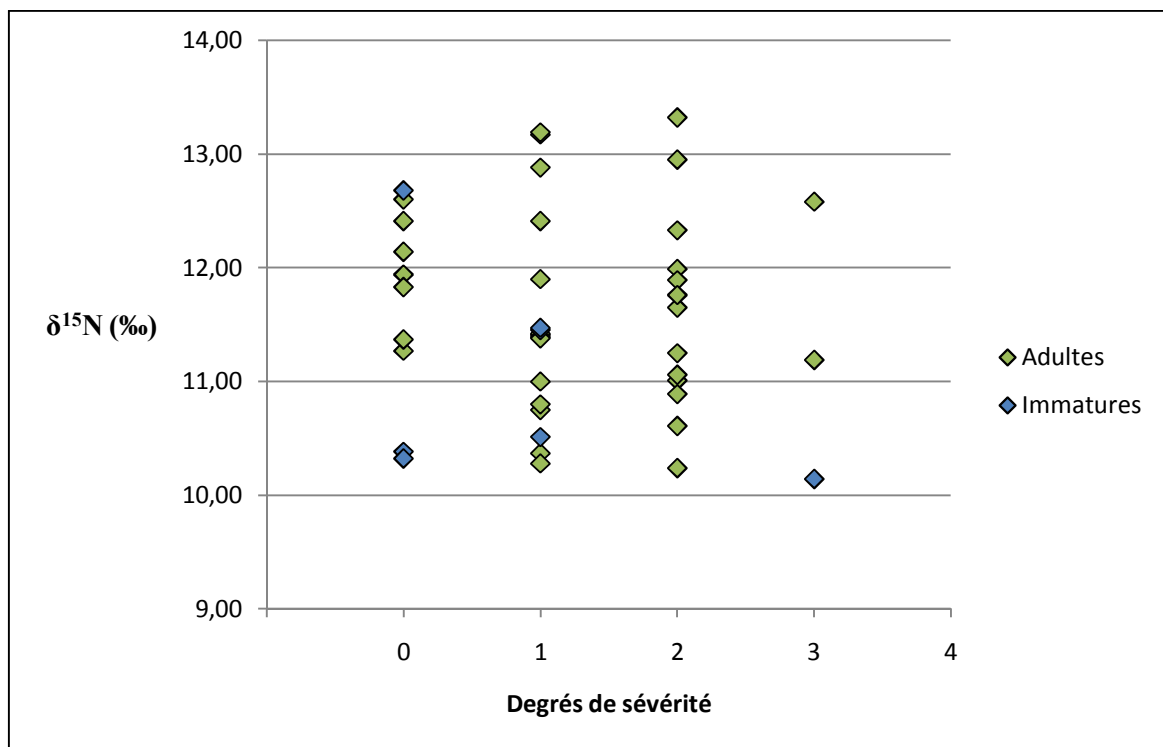
**Figure 46.** Ratios isotopiques du carbone en fonction des degrés de sévérité d'hyperostose porotique dans la population de Saint-Matthew.

Population entière ( $\delta^{13}\text{C}$ )						
Groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	29	-19,7 ± 1,0	0,040	0,843	-0,472	0,639
Degrés 2 et 3	16	-19,5 ± 0,9				

**Tableau XXXI.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour la population entière.

Adultes seulement ( $\delta^{13}\text{C}$ )						
Groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	21	-19,4 ± 1,0	0,075	0,786	0,247	0,806
Degrés 2 et 3	15	-19,4 ± 0,9				

**Tableau XXXII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour les adultes seulement.



**Figure 47.** Ratios isotopiques d'azote en fonction des degrés de sévérité d'hyperostose porotique dans la population de Saint-Matthew.

Population entière ( $\delta^{15}\text{N}$ )						
Groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	29	11,6 ± 0,9	0,014	0,906	0,267	0,791
Degrés 2 et 3	16	11,6 ± 0,9				

**Tableau XXXIII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour la population entière.

Adultes seulement ( $\delta^{15}\text{N}$ )						
Groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	21	11,8 ± 0,9	0,005	0,947	0,399	0,692
Degrés 2 et 3	15	11,6 ± 0,9				

**Tableau XXXIV.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  par groupes de degrés de sévérité d'hyperostose porotique, pour les adultes seulement.

### 2.2. Les types spécifiques

Les ratios isotopiques du carbone et de l'azote des individus de la population de Saint-Matthew potentiellement atteints de scorbut et de rachitisme sont présentés dans la figure 48 et le tableau XXXV. On constate que l'enfant 12A2.7 atteint de scorbut et âgé d'un an et demi a un ratio  $\delta^{15}\text{N}$  élevé, indiquant qu'il n'a pas encore été sevré. Un autre de deux ans (10A1.8) est peut-être déjà sevré ou en cours de sevrage étant donné son ratio  $\delta^{15}\text{N}$  supérieur à la moyenne des adultes (12,3‰). Les enfants entre 3 et 4 ans présentant des caractéristiques du scorbut et du rachitisme (respectivement 8F1.7 et 12A2.13) montrent des ratios isotopiques du carbone proches de la moyenne des juvéniles sevrés entre 2 et 7 ans (-20,5‰). De même, le ratio  $\delta^{15}\text{N}$  de l'individu 8F1.7 se rapproche de la moyenne de la population de plus de deux ans (11,5‰).

Par contre, il est intéressant de remarquer que l'individu 12A2.13 montre un ratio  $\delta^{15}\text{N}$  assez inférieur à celui de la population, pouvant indiquer une consommation de ressources riches en protéines moindre par rapport aux autres individus de Saint-Matthew.

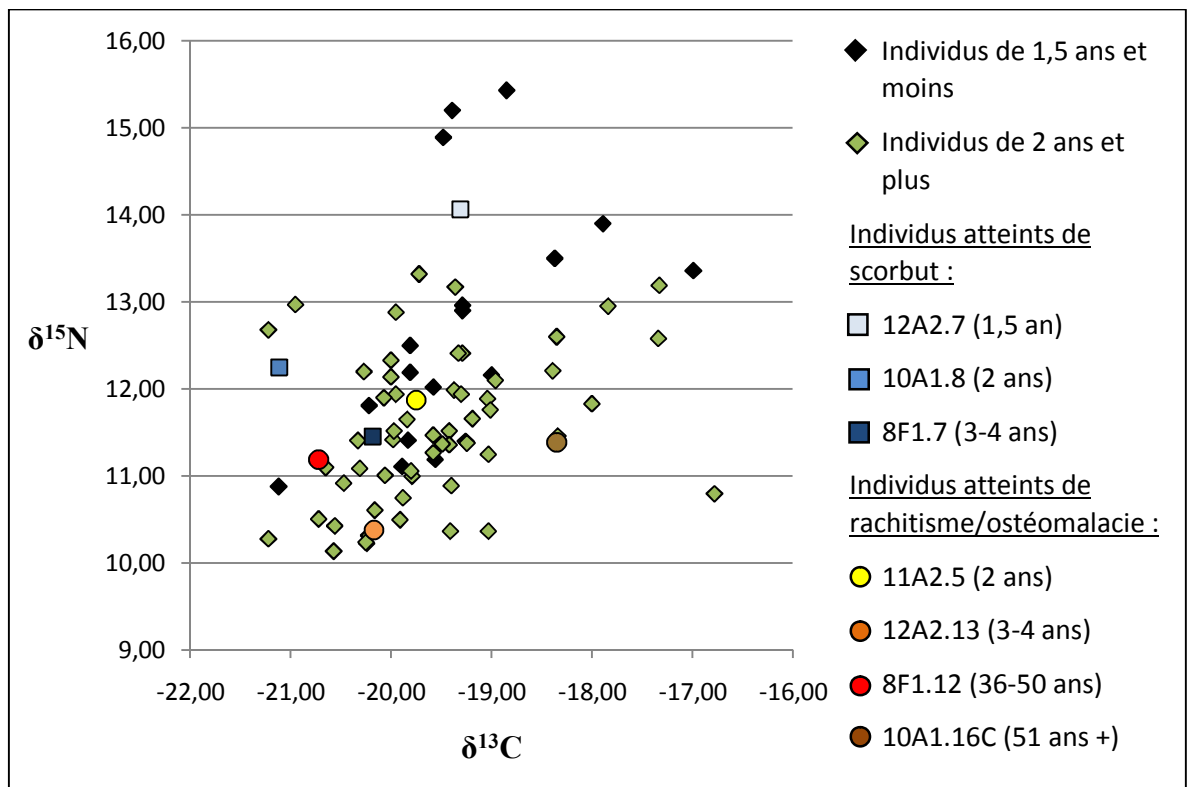


Parmi les deux adultes ayant peut-être fait l'expérience du rachitisme dans l'enfance ou de l'ostéomalacie, on peut constater que l'individu 8F1.12 a un ratio  $\delta^{13}\text{C}$  légèrement inférieur à la moyenne des adultes (-19,4‰), et que celui de 10A1.16C est par contre supérieur à cette moyenne.

Les résultats se limitent ici à des observations individuelles, étant donné la fréquence basse de ces pathologies. Un état pathologique sévère ne peut être corrélé à un état nutritionnel particulier en ce qui concerne le scorbut et le rachitisme.

Scorbut			Rachitisme		
Individu	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	Individu	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
12A2.7 (1,5 an)	-19,3	14,1	11A2.5 (2 ans)	-19,8	11,9
8F1.7 (3-4 ans)	-20,2	11,5	12A2.13 (3-4 ans)	-20,2	10,4
10A1.8 (2 ans)	-21,1	12,3	8F1.12 (36-50 ans)	-20,7	11,2
10A1.5 (8-10 ans)	-	-	10A1.16C (51 ans +)	-18,4	11,4

**Tableau XXXV.** Ratios isotopiques du carbone et de l'azote des individus potentiellement atteints de scorbut et de rachitisme dans la population de Saint-Matthew.



**Figure 48.** Situation des individus potentiellement atteints de scorbut et de rachitisme parmi la variation des ratios isotopiques de la population de Saint-Matthew.

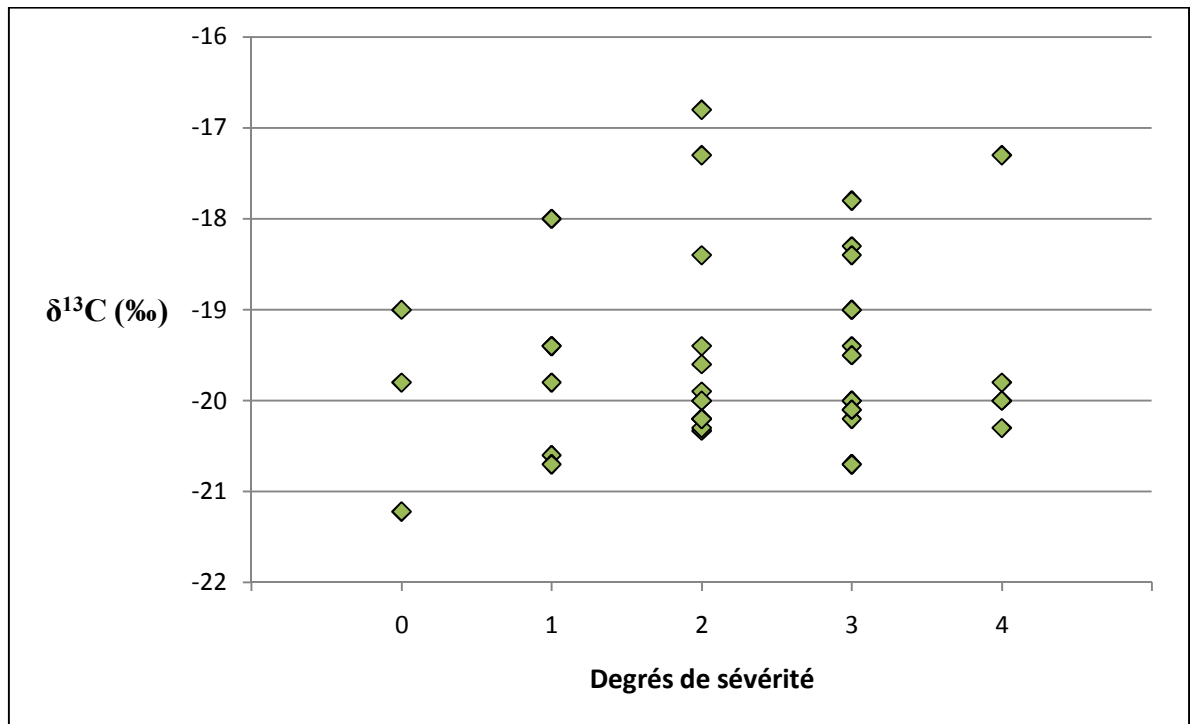
## 3. PATHOLOGIES INFECTIEUSES

Comme nous l'avons démontré précédemment, la répartition des individus de la population de Saint-Matthew par rapport aux degrés de sévérité de périostite est fonction de leur âge : plus ils sont âgés, plus ils sont atteints sévèrement par ce type de lésions. De plus, il existe des différences dans les valeurs moyennes des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  et d'azote entre les immatures de 2 à 7 ans et les adultes. Ainsi, comme pour les deux marqueurs osseux liés à l'anémie, il est nécessaire de différencier les individus jeunes et adultes afin que l'éventuelle variation de la population entière ne soit pas influencée par celle des juvéniles.

Sur la figure 49 et le tableau XXXVI, on remarque une augmentation graduelle et globale des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  moyens entre les degrés de sévérité de la périostite. Afin d'appliquer le test de t de Student à ces variables, deux groupes ont été créés : le premier comporte les individus montrant les degrés faibles de la périostite (0 et 1), et le second avec les degrés modérés et forts (2 à 4). La séparation de ces deux groupes correspond aux plus grands écarts des ratios moyens de carbone et d'azote constatés entre deux degrés de sévérité, en tenant compte de la petite taille de certains échantillons. Aucune différence statistique n'apparaît entre ces groupes, à la fois pour la population entière et les adultes seulement (tableaux XXXVII et XXXVIII).

Degrés de sévérité de périostite	Population entière			Adultes seulement		
	n	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts-types (%)	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types (%)	n	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts-types (%)	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types (%)
Absente	6	-20,2 ± 0,8	11,2 ± 0,8	3	-20,0 ± 1,1	11,1 ± 0,8
Degré 1	6	-19,7 ± 1,0	10,9 ± 0,7	3	-19,1 ± 0,9	11,1 ± 0,7
Degré 2	14	-19,5 ± 1,2	11,5 ± 0,7	11	-19,3 ± 1,2	11,5 ± 0,7
Degré 3	14	-19,5 ± 0,9	11,6 ± 0,7	13	-19,5 ± 0,9	11,7 ± 0,6
Degré 4	5	-19,5 ± 1,2	11,9 ± 1,1	5	-19,5 ± 1,2	11,9 ± 1,1

**Tableau XXXVI.** Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et d'azote par degrés de sévérité de la périostite dans la population de Saint-Matthew.



**Figure 49.** Ratios isotopiques du carbone par degrés de sévérité de la périostite dans la population de Saint-Matthew.

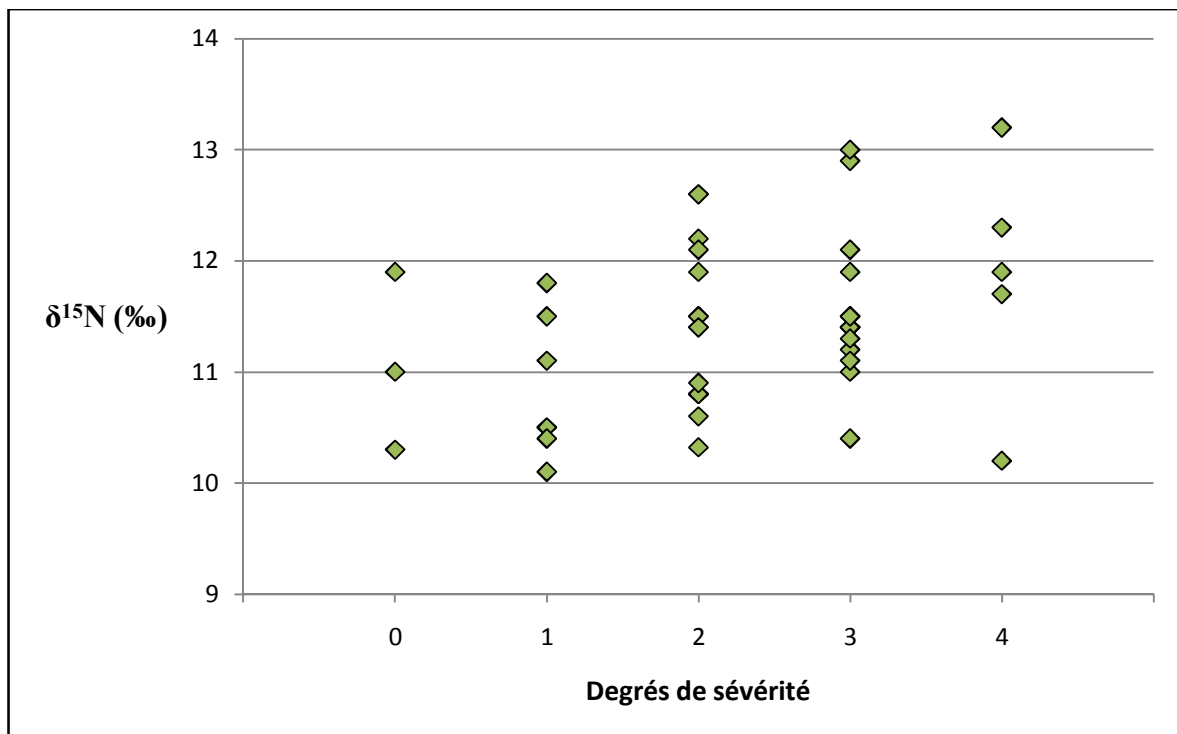
Groupes de degrés de sévérité de la périostite	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Population entière (δ <sup>13</sup> C)			
			Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	12	-19,9 ± 0,9	0,233	0,632	-1,352	0,183
Degrés 2 à 4	33	-19,5 ± 1,0				

**Tableau XXXVII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios δ<sup>13</sup>C par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour la population entière.

Groupes de degrés de sévérité de la périostite	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Adultes seulement (δ <sup>13</sup> C)			
			Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	6	-19,5 ± 1,1	0,209	0,651	-0,276	0,784
Degrés 2 à 4	29	-19,4 ± 1,1				

**Tableau XXXVIII.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios δ<sup>13</sup>C par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour les adultes seulement.

Lorsque l'on observe les ratios isotopiques de l'azote, on remarque également une augmentation des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  par rapport aux degrés de sévérité de la périostite (figure 50, tableau XXXVI).  $\delta^{15}\text{N}$  passe de 10,9‰ pour le degré 1 à 11,9‰ pour le degré 4, soit une augmentation de 1‰ qui s'applique graduellement entre ces deux groupes. Cette différence dans les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  est la plus flagrante entre les degrés faibles (0 et 1) et modéré (degré 2) de la pathologie (0,6‰), pour la population entière, puis pour les adultes seulement. Si l'on construit deux groupes d'individus à partir de ces degrés de sévérité (degrés 0 et 1, puis degrés 2 à 4), il est possible d'appliquer le test de t de Student. Celui-ci est significatif pour la population entière seulement (tableaux XXXIX et XL). Pour le groupe d'adultes, les valeurs de p s'approchent cependant du seuil de signification de 0,05. Ces résultats évoquent ainsi la possibilité que les informations nutritionnelles issues de la confrontation de ces deux variables pour le groupe d'adultes soient marquées par les caractéristiques des juvéniles. Cependant, cette différence entre l'état d'avancement de la périostite et les valeurs des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  suggère que les individus les moins atteints aient également moins consommé d'aliments riches en protéines que les plus atteints par ces lésions.



**Figure 50.** Ratios isotopiques d'azote par degrés de sévérité de la périostite dans la population de Saint-Matthew.

		Population entière ( $\delta^{15}\text{N}$ )				
Groupes de degrés de sévérité de la périostite	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	12	11,0 ± 0,7	0,053	0,819	-2,104	0,041
Degrés 2 et 3	33	11,6 ± 0,8				

**Tableau XXXIX.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour la population entière.

		Adultes seulement ( $\delta^{15}\text{N}$ )				
Groupes de degrés de sévérité de la périostite	n	Moyennes et écarts-types (‰)	Test de Levene		t de Student	
			F	p	t	p
Degrés 0 et 1	6	11,1 ± 0,7	0,192	0,664	-1,784	0,084
Degrés 2 et 3	29	11,7 ± 0,7				

**Tableau XL.** Nombre d'individus, moyennes, écarts-types et tests statistiques des ratios  $\delta^{15}\text{N}$  par groupes de degrés de sévérité de la périostite, pour les adultes seulement.

Comme nous l'avons démontré précédemment, les lésions endocrâniennes atteignent surtout les enfants en bas âge (entre 0 et 4 ans). En raison de la période d'allaitement qui modifie les ratios isotopiques, ainsi que des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  moyens qui sont inférieurs chez les enfants de 2 à 7 ans par rapport aux adultes, trois catégories d'âges ont été utilisées pour la comparaison de cette pathologie avec les isotopes : la première regroupant les enfants de 0 à 2 ans, la deuxième avec tous les autres immatures (2 à 17 ans), et la troisième avec les adultes (tableau XLI). Malgré la petite taille de certains échantillons, on remarque que les individus atteints par les lésions endocrâniennes ont des ratios isotopiques du carbone et de l'azote plus élevés que ceux qui ne le sont pas, à l'exception du ratio moyen d'azote des enfants de moins de deux ans et du ratio de carbone des juvéniles de 2 à 17 ans. Cette différence est égale ou supérieure à 1‰ pour les individus de plus de deux ans. Ceci suggère alors des différences de régime alimentaire entre les individus atteints et non atteints. D'abord, pour les 2 à 17 ans, les individus présentant la pathologie semblent consommer plus de ressources riches en protéines que ceux qui ne la présentent pas ( $\delta^{15}\text{N}$  moyens respectivement de 10,9‰ et 11,9‰). Puis, pour les adultes,

les individus atteints auraient consommé en moyenne plus d'aliments en C4 et/ou marins et riches en protéines que les non atteints (respectivement, ratios moyens  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-19,5\text{‰}$  et  $-18,5\text{‰}$ , et ratios moyens  $\delta^{15}\text{N}$  de  $11,6\text{‰}$  et  $13,0\text{‰}$ ). Ces différences de comportement alimentaire ont été testées statistiquement pour chaque catégorie d'âge à l'aide tests de U de Mann-Whitney malgré de très petits échantillons. Aucun de ces tests n'est significatif (tableau XLII).

	Lésions absentes			Lésions présentes		
	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	n	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
< 2 ans	2	$-19,5\pm 0,1$	$13,6\pm 2,3$	5	$-19,0\pm 1,2$	$13,2\pm 1,7$
2-17 ans	7	$-20,4\pm 0,5$	$10,9\pm 0,9$	2	$-20,7\pm 0,6$	$11,9\pm 0,6$
Adultes	36	$-19,5\pm 0,9$	$11,6\pm 0,8$	3	$-18,5\pm 1,2$	$13,0\pm 0,4$

**Tableau XLI.** Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques de carbone et d'azote en fonction de la présence ou de l'absence des lésions endocrâniennes dans la population de Saint-Matthew, par catégorie d'âges.

	< 2 ans		2-17 ans		Adultes	
	U	p	U	p	U	p
$\delta^{13}\text{C}$	4,000	0,699	6,000	0,770	5,000	0,229
$\delta^{15}\text{N}$	4,000	0,699	3,000	0,242	5,000	0,229

**Tableau XLII.** Résultats des tests de U de Mann-Whitney par catégories d'âges confrontant la présence et l'absence de lésions endocrâniennes avec les ratios isotopiques du carbone et de l'azote.

---

#### 4. ÉTAT DE SANTÉ GÉNÉRAL DES ADULTES

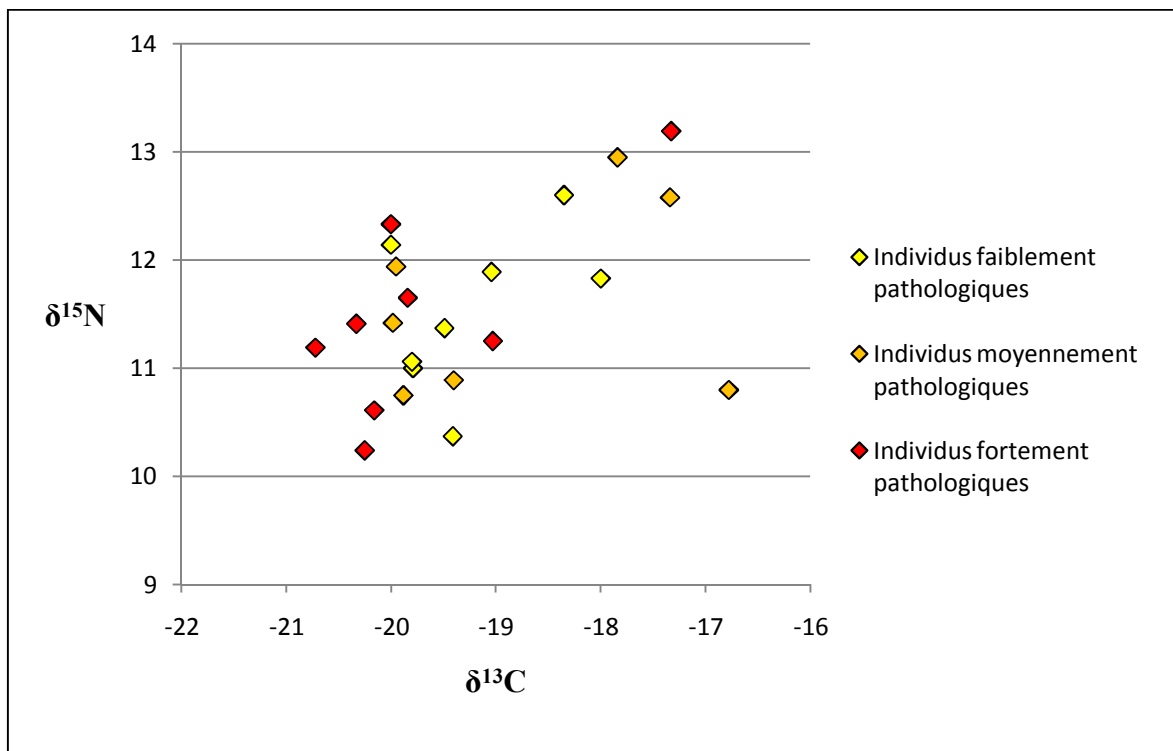
---

On observe une variation assez marquée des ratios isotopiques moyens du carbone entre les trois groupes pathologiques, avec la valeur la plus élevée détenue par les individus moyennement atteints (tableau XLIII). La variation des ratios isotopiques moyens de l'azote, par contre, est plutôt faible (2‰ entre les groupes les plus éloignés). Sur la figure 53, on constate un regroupement des individus les plus fortement atteints parmi les valeurs les plus faibles de  $\delta^{13}\text{C}$ , inférieures ou égales à  $-19,0\text{‰}$ , à l'exception d'un homme âgé qui montre à la fois un fort ratio  $\delta^{13}\text{C}$ , mais également un ratio  $\delta^{15}\text{N}$  élevé. Les individus moyennement et fortement pathologiques se répartissent sans schéma apparent dans la variation des ratios isotopiques.

Les tests de U de Mann-Whitney appliqués à ces variables ne montrent pas de différence au niveau isotopique entre les groupes pathologiques (tableau XLIV). On remarque cependant que le groupe d'individus fortement pathologiques se distingue des autres par des valeurs de p presque significatives pour les ratios isotopiques du carbone (elles se rapprochent du seuil de signification de 0,05).

Groupes d'individus	n	$\delta^{13}\text{C}$ Moyennes et écarts- types	$\delta^{15}\text{N}$ Moyennes et écarts-types
Fortement pathologiques	8	$-19,7 \pm 1,1$	$11,4 \pm 0,9$
Moyennement pathologiques	7	$-18,7 \pm 1,4$	$11,6 \pm 0,9$
Faiblement pathologiques	8	$-19,2 \pm 0,7$	$11,5 \pm 0,7$

**Tableau XLIII.** Nombre d'individus, moyennes et écarts-types des ratios isotopiques du carbone et de l'azote en fonction des groupes pathologiques chez les adultes de la population de Saint-Matthew.



**Figure 51.** Ratios isotopiques du carbone et de l'azote selon le degré pathologique des individus adultes de la population de Saint-Matthew.

<b>Ratios isotopiques de l'azote (<math>\delta^{15}\text{N}</math>)</b>			
<b>Faiblement pathologiques</b>		1,000	0,834
<b>Moyennement pathologiques</b>	0,643		0,728
<b>Fortement pathologiques</b>	0,083	0,083	
	<b>Faiblement pathologiques</b>	<b>Moyennement pathologiques</b>	<b>Fortement pathologiques</b>

**Ratios isotopiques du carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ )**

**Tableau XLIV.** Matrice regroupant les résultats (seuils de signification) des tests de U de Mann-Whitney entre les différents groupes pathologiques des adultes de la population de Saint-Matthew.



## **CHAPITRE 5**

### **DISCUSSION**



## I. ÉTAT DE SANTÉ, RÉGIME ALIMENTAIRE ET DIFFÉRENCES INTERPOPULATIONNELLES

---

Tout au long de cette partie, nous apporterons des éléments de réponse à la question de recherche numéro 1 qui s'intéresse aux caractéristiques générales du régime alimentaire de la population de Saint-Matthew. En effet, par l'étude des variations de l'indice de santé en première partie, nous mettrons en évidence certains aspects de l'état de santé attribuables, entre autres, à des facteurs nutritionnels. Par la suite, l'étude des caractéristiques paléochimiques, puis de leur confrontation avec la paléopathologie, va nous informer plus directement sur les grands traits des comportements alimentaires de cette population. Dans cette partie de ce mémoire, nous aborderons également dans son entièreté la question de recherche numéro 2 concernant la place de Saint-Matthew dans la variation nutritionnelle nord-américaine à l'époque préindustrielle. Afin de réaliser cet objectif, nous nous intéresserons dans une première section à l'étude des résultats issus de la méthode de l'indice de santé de Steckel *et al.* (2002) qui nous permettra de mieux comprendre l'état de santé de la population de Saint-Matthew par rapport à son contexte géographique et historique au sens large. Nous pourrons ensuite aborder, dans une deuxième section, une comparaison paléonutritionnelle plus complète entre les populations d'étude. En effet, celle-ci fera d'abord intervenir l'étude interpopulationnelle des résultats paléochimiques (ratios isotopiques), puis confrontera ces derniers aux données paléopathologiques par la réutilisation des indices de santé d'un point de vue nutritionnel. La présentation en premier lieu des interprétations paléopathologiques, puis des interprétations paléochimiques, constitue une exception dans l'organisation de ce mémoire où l'ordre inverse est généralement privilégié. Dans cette partie sur l'étude interpopulationnelle, la compréhension de l'état de santé est réalisée en parallèle avec le contexte de l'époque, ce qui nous permet de mieux comprendre les conditions de vie de la population de Saint-Matthew. Ainsi, nous serons en mesure d'interpréter plus aisément les données paléochimiques sur l'alimentation, car cette dernière est très liée au contexte historique et aux conditions de vie du groupe humain à l'étude.

---

## 1. DES VARIATIONS DES INDICES DE SANTÉ EN LIEN AVEC LE CONTEXTE SOCIOÉCONOMIQUE ?

---

Par l'observation des résultats de l'étude paléopathologique interpopulationnelle, il semble à première vue que le classement des populations selon leur indice de santé contredit les données sur le contexte socioéconomique propre à chaque site (tableau XVII, page 111). En effet, la population de Rochester, qui est composée d'immigrants et de pauvres, est celle qui a le meilleur indice de santé, celui-ci étant même supérieur à celui de la population de Saint-Thomas qui représente la bourgeoisie de la société locale. L'étude du détail de chaque indice va nous permettre d'approfondir ce point, en abordant cinq grands axes de réflexion : l'impact plus marqué des conditions de vie sur la santé des enfants à Québec ; la relation entre état de santé et contexte épidémiologique ; la variabilité des régimes alimentaires en fonction du contexte économique ; la variabilité des stress « occupationnels » par rapport au contexte socioéconomique ; et la corrélation entre les données paléopathologiques et historiques.

### 1.1. Des conditions de vie dans l'enfance plus difficiles à Québec

L'étude des indices de santé liés à l'enfance suggère des conditions de vie lors de cette période plus rudes à Québec que dans les autres zones étudiées. Bien que l'indice pour la stature soit sujet à peu de variation entre les populations, suggérant des conditions de vie globalement difficiles pour tous les sites par rapport à la population de référence de Maresh (de 1935 à la moitié du XX<sup>e</sup> siècle), la population de Saint-Matthew semble désavantagée par rapport aux autres groupes puisqu'elle présente l'indice le plus bas. De plus, les faibles indices d'hypoplasie de l'émail et d'anémie différencient clairement Saint-Matthew des autres sites. Les stress d'origine nutritionnelle peuvent avoir contribué à baisser ces indices. En effet, la population de Québec a subi plusieurs périodes de disette, ce qui ne semble pas être le cas des autres sites : les habitants de Belleville, même les plus pauvres, ne manquaient jamais de ressources alimentaires (Saunders *et al.*, 2002), les militaires non plus, même si l'alimentation n'était pas toujours équilibrée (Sledzik et Sandberg, 2002), et à Rochester, la nourriture était fournie aux bénéficiaires par l'institution elle-même, apparemment en quantité suffisante (Higgins *et al.*, 2002). La population des militaires de l'est constitue une exception puisque l'indice obtenu pour l'anémie est le plus faible parmi les cinq groupes. Ceci pourrait s'expliquer par les conditions de vie difficiles liées à la guerre qui peuvent être différentes de celles subies par les militaires de l'ouest (lieux et

périodes de temps différents). De plus, les soldats des deux populations n'ont pas la même origine, ce qui peut se traduire par des conditions de vie différentes durant l'enfance, par exemple des environnements différents, mais aussi des groupes très hétérogènes qui comportent à la fois des Amérindiens et des Américains d'origine européenne.

### 1.2. Influence du contexte épidémiologique sur l'état de santé des populations

Les problèmes liés à l'environnement urbain, tels que l'insalubrité (système d'égouts déficient, rues non pavées, proximité avec les animaux, etc.), se rencontrent dans toutes les villes et les camps militaires étudiés (Higgins *et al.*, 2002 ; Saunders *et al.*, 2002 ; Sledzik et Sandberg, 2002) et constituent un vecteur non négligeable de stress qui affectent les individus, contribuant notamment à la propagation des maladies. L'indice obtenu pour les infections (périostite) tend à montrer que les populations de Saint-Matthew et de Rochester étaient plus touchées par ces pathologies que les autres communautés à l'étude.

Si l'on établit un parallèle avec les données relatives au contexte épidémiologique, on constate que les habitants de ces deux sites étaient très touchés par les maladies infectieuses en raison des arrivées fréquentes d'immigrants qui s'inséraient parmi eux et leur transmettaient rapidement toutes sortes d'agents pathogènes. En effet, le port de Québec constituait une porte d'entrée en Amérique du Nord pour les immigrants, et la ville de Rochester était une destination de choix pour ces personnes en raison de la forte activité économique qui s'y développait au XIX<sup>e</sup> siècle, notamment par la présence du canal Érié (Higgins *et al.*, 2002). Malheureusement, ces populations qui arrivaient sur le continent étaient bien souvent dans un piteux état chronique (malnutrition, maladies) et avaient parfois recours aux institutions comme celle de Rochester. Leur séjour au sein de maisons de pauvres était généralement d'une durée de deux semaines ou moins, pour guérir, ou le plus souvent mourir de diverses maladies en raison du manque de soins et de la promiscuité d'autres malades. Il est important de souligner que les indicateurs osseux observés sur les squelettes des individus de Rochester ne sont par conséquent pas représentatifs des conditions de vie de cette institution étant donné le court temps de séjour des immigrants, mais plutôt de celles qu'ils ont subies au préalable (Higgins *et al.*, 2002). Comparée à Saint-Matthew et à Rochester, l'incidence des maladies infectieuses était moindre à Belleville en raison de l'isolement de la ville, mais aussi du nombre réduit d'habitants : 4 659 personnes en 1851 (Saunders *et al.*, 2002), contre 45 940 à Québec la même année

(Hare *et al.*, 1987) et 43 877 habitants à Rochester en 1855 (Higgins *et al.*, 2002). Pour les populations de militaires, des critères de recrutement stricts proscrivaient les jeunes hommes atteints de maladies ou de toute autre apparence d'une santé altérée (Sledzik et Sandberg, 2002), réduisant ainsi la prévalence de ces pathologies. Ceci explique alors aisément les indices assez élevés obtenus au niveau des infections pour les populations de militaires et de Belleville (tableau XVII, page 111).

Toutes les pathologies quantifiées par les indices de santé sont interreliées, c'est-à-dire qu'elles interagissent pour former un état de santé général des individus, et plus largement des populations, en fonction de leurs conditions de vie et des facteurs endogènes (figure 2, page 24 ; Steckel *et al.*, 2002). Ainsi, la forte prévalence des infections dans la population de Saint-Matthew ajoutée à celle de l'anémie, relativement importante par rapport aux autres groupes, rejoint le propos de la section précédente sur les conditions de vie des enfants en influant significativement sur le développement des enfants qui sont alors les plus durement touchés. Ceci entre donc certainement dans l'explication des indices de stature et d'hypoplasie de l'émail qui sont inférieurs à ceux des autres populations.

### 1.3. Une alimentation moins cariogène à Saint-Matthew ?

Les populations à l'étude sont caractérisées par de bons indices de santé dentaire (entre 71,2 et 78,4). Ces indices révèlent tout de même une présence non négligeable des pathologies dentaires (caries, dents perdues *ante-mortem*) qui est assez similaire entre toutes les populations étudiées. Les facteurs qui empêchent ces groupes humains d'atteindre des indices de santé dentaire plus élevés peuvent être divers. La nature cariogène du régime alimentaire est certainement à mettre en cause, notamment en raison de la forte consommation d'aliments raffinés (sucre, farine) accessibles à toutes les classes de la société, en parallèle avec une hygiène dentaire déficiente (Saunders *et al.*, 1997). L'indice de santé dentaire légèrement plus élevé pour la population de Saint-Matthew que pour les autres groupes pourrait impliquer une consommation moindre d'aliments cariogènes par les individus, surtout par rapport aux populations urbaines de Belleville et Rochester. Cependant, il n'est pas exclu que cette meilleure santé dentaire à Saint-Matthew soit le résultat d'un patrimoine génétique différent qui, par exemple, procure aux individus des avantages tels qu'un émail de meilleure qualité ou une salive moins acide.

1.4. Des concordances variables entre le statut socioéconomique et l'intensité des activités physiques

Concernant les stress d'ordre « occupationnel », les indices pour les pathologies dégénératives (92,5%) et les traumatismes (87,2%) à Saint-Matthew concordent bien avec la nature de la population protestante locale : familles de classe moyenne ou plutôt aisées, dont les adultes exerçaient généralement des professions relativement peu exigeantes physiquement. La population de Rochester, avec ses indices élevés, semble également ne pas avoir beaucoup pratiqué d'activités corporellement éprouvantes (indices élevés), il est cependant difficile d'interpréter ces résultats en raison de la nature très hétérogène de cette population. À l'opposé, les populations militaires sont clairement caractérisées par des contraintes physiques exigeantes liées à leur profession : les indices pour les pathologies dégénératives sont plutôt faibles en comparaison à ceux obtenus pour les autres populations, et leurs indices de traumatismes sont très bas. Le statut socioéconomique relativement élevé des anglicans de Belleville semble contredire leur très faible indice obtenu pour les pathologies dégénératives. Ces individus auraient ainsi pratiqué des professions impliquant des activités physiques exigeantes de manière répétée, mais non violentes ou à risque puisque l'indice lié aux traumatismes n'est pas faible comme on l'observe pour les populations militaires.

1.5. L'état de santé global, reflet approximatif des conditions de vie propres à chaque site ?

L'état de santé de la population de Saint-Matthew, à travers l'étude de l'indice de santé, semble bien correspondre au contexte socioéconomique de la ville de Québec à l'époque : des conditions de vie difficiles relativement aux infrastructures sanitaires, à l'alimentation, à la densité de population et au climat (hivers rudes), amplifiées par l'arrivée périodique d'épidémies de maladies infectieuses. Les enfants sont clairement les plus atteints par ces stress permanents comme le montrent les indices de stature, d'hypoplasie de l'émail et d'anémie, mais aussi la forte mortalité infantile qui caractérise la population urbaine de Québec (figure 11, page 72). Par rapport au site de Belleville, Saint-Matthew confirme, avec ses résultats paléopathologiques, les données historiques caractérisées par ses conditions de vie inférieures. Les données sur l'indice de santé des deux populations de militaires confirment également leur contexte socioéconomique par une santé relativement bonne dans l'enfance et une détérioration accélérée de l'état de santé

au stade adulte, correspondant à l'intégration d'un régiment de l'armée (stress physiques notamment) avec sélection des individus les plus en forme. Par contre, la population de Rochester qui est constituée d'immigrés pauvres et souvent malades obtient le meilleur indice de santé globale : les individus subissaient probablement de meilleures conditions de vie dans l'enfance qui se détérioraient par la suite (infections notamment), mais sans toutefois entraîner de diminution importante de l'indice global. Il est possible que, comme le suggèrent Steckel *et al.* (2002), cette population soit une illustration du « paradoxe ostéologique », soit l'hypothèse qui stipule qu'une population exhumée qui montre un état de santé relativement bon au regard de la bioarchéologie pourrait en réalité représenter un groupe plus faible physiquement ou atteint de stress de nature aiguë qui auraient entraîné le décès sans avoir eu le temps de marquer les os (Wood *et al.*, 1992). En effet, une partie importante des personnes qui bénéficiaient des services offerts par cette maison de pauvres était certainement gravement malade et elle est probablement décédée rapidement.

---

## 2. ANALOGIES ET DIFFÉRENCES PALÉONUTRITIONNELLES ENTRE SAINT-MATTHEW ET LES POPULATIONS COMPARATIVES : RELATIONS ENTRE LES DONNÉES CONTEXTUELLES, PALÉOCHIMIQUES ET PALÉOPATHOLOGIQUES

---

Dans cette section de l'étude, nous aborderons en premier lieu les implications des résultats paléochimiques de la population de Saint-Matthew pour la caractérisation de ses comportements alimentaires. Par la suite, la comparaison de ces données entre les populations à l'étude va nous permettre de mieux comprendre la relation entre les conditions de vie des protestants de Québec et leur alimentation. Pour cela, quatre comparaisons seront effectuées, représentatives des différentes catégories des populations à l'étude : les groupes amérindiens, les groupes urbains d'origine européenne, les groupes ruraux d'origine européenne, puis le groupe de militaires. Finalement, la confrontation des données paléochimiques et paléopathologiques nous permettra d'essayer de comprendre dans leur globalité les comportements alimentaires de la population de Saint-Matthew.

### 2.1. Un régime alimentaire typique d'une population d'origine européenne

Les informations sur le régime alimentaire de la population de Saint-Matthew obtenues à l'aide des analyses isotopiques correspondent bien à ce que l'on s'attendait à ce



sujet pour les populations nord-américaines d'origine européenne (figure 21, page 100). En effet, une consommation majoritaire de ressources en C3 (céréales, légumes, viande, fruits, etc.) est caractéristique notamment des populations de la Grande-Bretagne. Dans cette région du monde, une petite part de ressources en C4 est présente dans l'alimentation des XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles sous la forme de sucre de canne et ses dérivés (alcools, confiseries, etc. ; Saunders *et al.*, 1997), ainsi que, parfois, des ressources marines (ex. population côtière de York, XVI<sup>ème</sup> siècle, Müldner et Richards, 2007). En Amérique du Nord, le maïs s'ajoute au régime alimentaire, augmentant la part des ressources en C4 chez les populations d'origine européenne. En effet, bien que ces individus aient tendance à conserver leurs traditions culinaires d'origine (Angleterre, Écosse, etc.), ils s'adaptent aux ressources locales : le maïs est alors consommé surtout sous la forme de pain, et le sirop d'érable (ressource en C3) est souvent utilisé comme édulcorant à la place du sucre de canne (mélasse) en raison de son prix moins élevé (Benoit, 1970 ; Gotlieb, 1972 ; Saunders *et al.*, 1997). Les aliments riches en protéines étaient consommés en quantité non négligeable par les protestants de Québec (ratios isotopiques de l'azote, figure 21, page 100 et tableau X, page 101), et étaient de diverses natures : des viandes comme le bœuf, le poulet et le porc surtout, mais aussi des poissons d'eau douce et de mer (morue notamment), et des produits laitiers (fromage, lait, beurre) (Gotlieb, 1972 ; Paquet et Wallot, 2007).

### 2.2. Situation de la population de Saint-Matthew par rapport aux groupes autochtones d'Amérique du Nord

La diversité des comportements alimentaires de l'Amérique du Nord est considérable, à la fois à un niveau spatial, temporel et ethnique. Les populations choisies pour cette étude permettent d'apprécier une partie de cette variation dans cette grande aire géographique (figure 21, page 100 et tableau X, page 101). Les populations amérindiennes présentées ici sont caractérisées par deux périodes chronologiques différentes. La plus ancienne, représentée par les sites de l'Archaique récent d'Indian Knoll et de Carlston Annis, se caractérise par des groupes de chasseurs-cueilleurs qui commencent à expérimenter l'horticulture sur des espèces végétales sauvages (Schurr et Powell, 2005). Les ratios isotopiques de ces groupes humains reflètent bien ces comportements alimentaires en soulignant une exploitation très importante de ressources en C3. Ces dernières sont constituées essentiellement de produits végétaux, étant donné les ratios

isotopiques d'azote relativement faibles qui traduisent une consommation très modérée de produits issus de la chasse et de la pêche. L'adoption de l'agriculture du maïs se caractérise chez les groupes amérindiens par un régime alimentaire complètement modifié. Les ratios isotopiques du carbone dénotent une forte augmentation, comme pour les sites récents de Tinsley Hill et MacPherson. Chez ces deux groupes humains, la consommation de viande et de poisson est plus importante que pour les sites les plus anciens, comme en dénotent leurs ratios isotopiques de l'azote. Pour les Inuits d'Alaska, les ressources riches en protéines provenant de la mer constituent la base de l'alimentation, et ceci se manifeste par des ratios isotopiques de l'azote extrêmement élevés, ainsi que par une augmentation des ratios du carbone. L'étude des ratios isotopiques du carbone et de l'azote de ces cinq populations autochtones permet d'apprécier la variation possible dans les valeurs qu'ils peuvent prendre en Amérique du Nord, puisqu'ils se situent relativement proche des extrêmes possibles de comportements alimentaires. La population de Saint-Matthew présente des caractéristiques de chacune de ses populations puisqu'elle se situe à l'intérieur de leur variation. Ainsi, on confirme que sa consommation moyenne de ressources en C3 est majoritaire, mais qu'elle n'atteint pas les valeurs extrêmes possibles représentées par les groupes d'Indian Knoll et de Tinsley Hill, en raison d'une part de ressources en C4 et/ou marines. La consommation de ressources riches en protéines à Saint-Matthew est très proche en moyenne de celle des Iroquoiens de MacPherson, elle est donc relativement importante puisqu'elle est élevée par rapport aux groupes d'Indian Knoll et de Carlston Annis qui se nourrissaient essentiellement de végétaux. À l'exception de la population inuite, l'ampleur de la variation dans la consommation des ressources riches en protéines observée parmi les sites étudiés (ratios isotopiques de l'azote, figure 21, page 100 et tableau X, page 101) correspond globalement à ce que l'on observe pour des populations d'agriculteurs, consommatrices d'une majorité de ressources d'origine végétale (entre 5,7‰ et 11,5‰, Schoeninger *et al.*, 1983). Elle peut cependant être beaucoup plus vaste lorsque les groupes pratiquent un mode de subsistance basé sur la chasse et la pêche, comme c'est le cas pour les Inuits d'Alaska ( $\delta^{15}\text{N}$  moyen de 18,8‰, Schoeninger *et al.*, 1983). Ceci nous indique que bien que la consommation de ressources d'origine animale riches en protéines par les individus de la population de Saint-Matthew soit parmi les plus élevées de la variation des populations d'origine européenne et amérindiennes présentée, elle n'est pas majoritaire, et les ressources végétales restent très importantes dans le régime alimentaire.

2.3. Les variations nutritionnelles entre les populations urbaines reflètent-elles leurs contextes socioéconomiques respectifs ?

Les populations urbaines contemporaines de protestants d'origine européenne, soit Saint-Matthew, Saint-Thomas et Prospect Hill, ont tendance à se rapprocher entre elles, montrant certaines similarités de comportement alimentaire. Elles sont remarquablement similaires pour leurs ratios isotopiques moyens du carbone, indiquant des pratiques culinaires très proches en ce qui concerne les proportions de ressources en C3 et en C4 et/ou marines (figure 21, page 100, tableau X, page 101 et tableau XI, page 103). On peut donc déduire que malgré la distance qui sépare Saint-Matthew des deux sites ontariens (environ 600 km entre Belleville et Québec, et 800 km entre Newmarket et Québec), et leurs différences dans l'approvisionnement en ressources alimentaires (cultures locales, importations) liées à cet éloignement, la part du maïs, du sucre de canne sous la forme surtout de mélasse et de rhum, et possiblement des ressources marines, était très comparable entre ces groupes. Il semble ainsi que l'adaptation au nouvel environnement nord-américain de ces populations d'origine britannique se soit réalisée de la même manière à Québec que dans ces deux villes ontariennes (Belleville et Newmarket) en ce qui concerne ces types de ressources (C3 et C4 et/ou marines).

Les valeurs des ratios isotopiques d'azote moyens entre les trois groupes urbains contemporains sont beaucoup plus variables (figure 21, page 100 et tableau X, page 101). La différence entre chacune de ces populations n'est pas aussi marquée qu'entre les groupes amérindiens, mais elle n'est cependant pas négligeable (environ 1‰), et implique une différence notable dans la consommation des ressources animales (viande, poisson) et de leurs dérivés (produits laitiers). La viande constitue une ressource alimentaire relativement couteuse pour les habitants des villes des XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles, et elle est peu consommée dans les périodes de raréfaction de la nourriture à Québec (Ouellet, 1971). Malgré les périodes de disette vécues dans la capitale entre la conquête britannique et 1860, il est intéressant de constater que les individus de Saint-Matthew consommaient plus de ressources animales que ceux de Saint-Thomas qui sont issus d'un contexte nutritionnel stable et abondant (Saunders *et al.*, 2002). Il est possible cependant que la différence entre ces deux populations, qui tend à première vue à contredire les données liées au contexte de chacune, se situe dans la consommation de produits laitiers, beaucoup plus abordables que la viande, et que les individus les plus désavantagés pouvaient tout de même s'offrir

(Ouellet, 1971). Ainsi, la population de Saint-Matthew, par une consommation de produits laitiers plus abondante lors des périodes de disette, et possiblement en tout temps, peut avoir fait augmenter son ratio isotopique moyen de l'azote. De son côté, la population aisée de Saint-Thomas peut avoir consommé plus de viande que celle de Saint-Matthew, mais pas en quantité suffisante pour en égaliser le ratio moyen  $\delta^{15}\text{N}$ . Ceci reste cependant une hypothèse qu'il est impossible de vérifier à l'aide d'analyses isotopiques, étant donné qu'elles ne font pas la différence entre les diverses ressources aux ratios isotopiques élevés. La relativement plus faible consommation des ressources riches en protéines des protestants de Belleville se trouve encore plus mise en évidence par le fort ratio moyen d'azote de la population contemporaine et relativement proche (150 km) de Newmarket. Les méthodistes inhumés au cimetière de Prospect Hill constituaient la part aisée de la population de la ville de Newmarket et occupaient surtout des professions telles que médecin, dentiste, professeur, cordonnier, aubergiste, etc. (Katzenberg et Pfeiffer, 1995). Il n'est donc pas surprenant, contrairement aux individus de Saint-Thomas, qu'ils aient eu un accès important à des ressources relativement coûteuses comme la viande.

#### 2.4. Contrastes alimentaires entre les populations rurales et urbaines : des adaptations variables face à des conditions de vie difficiles

Les populations rurales des cimetières familiaux Harvie et Cross démontrent des comportements alimentaires à la fois propres à leur environnement qui est différent des contextes urbains des trois populations précédentes, et variables entre elles selon leur emplacement et leur mode de vie. Le ratio isotopique moyen du carbone de la famille Harvie montre une consommation plus importante de ressources en C4 et/ou marines que parmi les populations urbaines (différence d'environ 1‰). Cette différence se caractérise probablement par une consommation légèrement plus importante de maïs qui était cultivé dans les régions rurales ontariennes. La famille Cross est plus fortement marquée par ce phénomène étant donné que leur ratio isotopique moyen du carbone a tendance à se rapprocher de celui de la population iroquoise cultivatrice de maïs de MacPherson. Ce ratio élevé pourrait s'expliquer par les conditions nutritionnelles difficiles subies par cette famille de pionniers, notamment l'hiver où les ressources se faisaient plus rares (Larsen *et al.*, 1995) : la famille consommait alors directement le maïs qu'elle produisait.

Pour ces deux populations rurales, la consommation de ressources riches en protéines est relativement importante et se situe presque au niveau des méthodistes de

Prospect Hill, qui occupent la place la plus haute de la variation des ratios isotopiques d'azote (à l'exception du groupe d'Inuits). Il est également possible d'expliquer ce type de comportement alimentaire par la consommation directe des ressources de la ferme, par exemple par l'élevage de quelques animaux pour usage domestique, et/ou par la pratique fréquente de la pêche, plus accessible que dans les environnements urbains. On constate alors que ce schéma alimentaire est différent de celui des populations urbaines préindustrielles étudiées précédemment. En effet, la relation avec le contexte socioéconomique se trouve inversée par rapport à la consommation de ressources riches en protéines, puisque ce sont ici des groupes d'individus plus pauvres qui ont accès à une proportion égale ou supérieure de ces ressources animales plus coûteuses par rapport aux populations plus riches de Prospect Hill et de Saint-Thomas surtout, mais aussi de Saint-Matthew.

*2.5. Hétérogénéité nutritionnelle des militaires de Snake Hill : implications relatives à la composition de la population de Saint-Matthew*

La population de militaires de Snake Hill constitue un intermédiaire entre les populations d'origine européenne et amérindienne puisqu'elle est formée d'individus issus de ces deux groupes ethniques (Katzenberg, 1991b). Cette hétérogénéité culturelle parmi ces soldats est caractérisée par une grande variabilité des valeurs des ratios isotopiques, qui est le résultat des pratiques nutritionnelles diverses liées à différentes régions des États-Unis. Ainsi, la consommation de maïs et/ou de ressources marines était très variable entre ces individus, suivant les variations observées entre les populations rurales et amérindiennes. Le ratio isotopique moyen d'azote, indicatif de la consommation de ressources animales, rejoint celui de la population urbaine des protestants de Belleville, montrant une consommation de produits animaux significative mais relativement pas très élevée. Ceci pourrait s'expliquer en partie par le fait que parmi les individus d'origine européenne, les jeunes hommes étaient surtout issus de milieux ruraux relativement pauvres (Katzenberg, 1991b ; Raynor et Kennett, 2008) où la consommation de viande et/ou de produits de la pêche n'était pas forcément assurée dans les mêmes proportions que pour les familles Harvie et Cross.

La population de Snake Hill se différencie clairement de toutes les autres populations à travers les écarts-types observés pour les isotopes du carbone : alors qu'ils ne

dépassent pas 1,1‰ pour  $\delta^{13}\text{C}$  dans les groupes d'origine européenne et amérindiens, celui des militaires de Snake Hill atteint 1,8‰ (tableau X, page 101). Il est donc possible de considérer que les populations à l'étude montrant des écarts-types inférieurs ou égaux à 1,1‰, ce qui est le cas de la population de Saint-Matthew, peuvent représenter un groupe relativement homogène à l'égard de leurs comportements alimentaires, par opposition à des groupes plus hétérogènes comme celui de Snake Hill. Ainsi, la potentielle diversité ethnique des inhumés de Saint-Matthew ne se reflète pas, ou très peu, dans leur régime alimentaire, c'est-à-dire que les individus qui la composent, nés en Amérique du Nord ou immigrés récemment, avaient des comportements alimentaires proches, au moins pour les ressources de type C3 et C4 et/ou marines.

Un fort écart-type parmi les valeurs des ratios isotopiques est également constaté pour la population inuite d'Alaska impliquant une certaine diversité alimentaire parmi les membres du groupe. Malheureusement, comme évoqué précédemment, les auteurs (Schoeninger *et al.*, 1983) ne donnent aucun détail sur la composition de cette population ni sur ses pratiques culturelles, aucune interprétation de cette variation n'a donc été tentée dans ce mémoire.

### 2.6. Une contradiction entre les données paléopathologiques et isotopiques pour la population de Saint-Matthew ?

Par l'observation de ces différences entre les populations présentes dans l'est de l'Amérique du Nord, on constate que les protestants de Québec avaient un régime alimentaire en proportion de ressources C3, C4 et d'origine animale (terrestre et marine) relativement proche de ceux des autres groupes urbains. Concernant la quantité de ressources riches en protéines dans l'alimentation, ces individus se situent parmi les populations d'origine européenne et amérindienne pour lesquelles ce type d'aliment était le plus disponible. Cependant, les observations réalisées avec l'étude de l'indice de santé et de la prévalence de certaines pathologies ont tendance à mitiger ce semblant de « bonne » alimentation, c'est-à-dire variée et riche en protéines animales, en classant la population de Saint-Matthew parmi les plus durement touchées par les pathologies, notamment par rapport à la population de Saint-Thomas. En effet, des lésions comme la *cribra orbitalia* et l'hyperostose porotique sont très présentes parmi les individus de Saint-Matthew, et tendent à dénoter des problèmes alimentaires récurrents, caractérisés par des carences en fer et/ou de certaines vitamines selon les individus. Cette interprétation est cependant à nuancer en

raison du caractère non spécifique de ces pathologies qui peuvent résulter en partie de la présence de parasites dans l'organisme (Larsen, 1997), accentuée par la mauvaise hygiène, ou d'une perte de sang liée au caractère reproductif chez les femmes (menstruations, accouchement) ou aux activités professionnelles à risque surtout chez les hommes (blessures liées par exemple aux conditions de travail dangereuses sur les chantiers navals du port, Ouellet, 1971). Cependant, la mise en parallèle de l'indice élevé d'anémie de la population de Saint-Thomas par rapport à celui de Saint-Matthew, et des sources historiques qui décrivent un meilleur contexte nutritionnel pour Belleville (nourriture abondante, Saunders *et al.*, 2002) que pour Québec (disettes, Hare *et al.*, 1987) suggère une part nutritionnelle non négligeable dans la présence et la sévérité de la *cribra orbitalia* et de l'hyperostose porotique. L'étude des cas de scorbut et de rachitisme dans la population de Saint-Matthew montre qu'au moins 4% des individus, surtout des enfants, sont touchés par chacune de ces maladies (pages 122 à 124). La présence de telles pathologies du métabolisme parmi les protestants de Québec a tendance à confirmer ces difficultés nutritionnelles, surtout l'hiver. Lors de cette période de l'année, la quantité de ressources végétales fraîches disponibles est limitée, voire inexistante, et la latitude élevée de la ville de Québec entraîne un manque de vitamine D qui n'est pas entièrement comblé par la consommation de poissons ou d'huiles de poisson. Les périodes de disettes récurrentes, conjointement à des conditions économiques difficiles, peuvent avoir constitué les causes les plus importantes de ces difficultés alimentaires qui sont moins intenses et fréquentes dans les autres populations étudiées (Ouellet, 1971). Les contextes urbain (insalubrité) et épidémiologique relativement agressifs subis par les habitants de Québec viennent s'ajouter aux stress nutritionnels déjà présents pour diminuer sensiblement l'état de santé des individus. On le constate notamment à l'aide des forts indices de périostite et d'hypoplasie de l'émail (tableau XVII, page 111).

Notre connaissance de la nature du régime alimentaire des protestants de Québec révélé par ces pathologies (carences en vitamines et éléments chimiques comme le fer) est complétée par la présence d'un fort taux de dents cariées et perdues *ante-mortem*. Malgré un indice de santé dentaire légèrement supérieur à ceux des autres populations étudiées (tableau XVII, page 111), le caractère cariogène de l'alimentation de la population de Saint-Matthew est clairement mis en évidence (44,5% des dents des adultes atteintes par ces pathologies). La consommation récurrente d'aliments raffinés comme les farines et le

sucres, mais aussi la mélasse, certains alcools, le sirop d'érable et les pommes de terre, vient s'ajouter à une hygiène buccale inadéquate pour constituer dans la population à l'étude une forte prévalence des pathologies dentaires.

L'étude paléopathologique nous montre que les individus de Saint-Matthew ont dû faire face à des difficultés alimentaires relativement importantes. Si elles ne semblent pas se refléter dans les ratios isotopiques du carbone et de l'azote, elles sont bien présentes et peuvent se caractériser par des comportements alimentaires non détectables au niveau isotopique, comme les carences en vitamines ou en certains oligo-éléments (manganèse, zinc, cuivre, etc.). De plus, la relation observée entre les valeurs des ratios isotopiques du carbone et de l'azote dans la population de Saint-Matthew (corrélation faible mais significative, figure 20, page 99) suggère une variabilité des comportements alimentaires de manière non aléatoire, suivant un schéma d'augmentation simultanée de la consommation des ressources en C4 et/ou marines et riches en protéines. L'étude couplée des données paléopathologiques et paléochimiques sur les individus de la population devrait nous permettre de mieux comprendre cette spécificité des conditions de vie à Québec.



## II. VARIATIONS PALÉONUTRITIONNELLES AU SEIN DE LA POPULATION DE SAINT-MATTHEW

---

Dans cette partie de la discussion, nous aborderons la question de recherche numéro 3 en lien avec les variations du régime alimentaire en fonction des données paléodémographiques, et la question numéro 4 qui cherche à vérifier la présence d'éventuelles corrélations entre l'état de santé des individus et les comportements nutritionnels. Afin de réaliser ces objectifs, les deux premières sections de cette partie traiteront respectivement des variations paléonutritionnelles en fonction des sexes puis des catégories d'âge au sein de la population de Saint-Matthew. Les relations entre nutrition et état de santé seront abordées dans une troisième section. Finalement, nous résumerons les problèmes relatifs à l'étude des relations possibles entre état de santé et nutrition au niveau ostéologique.

---

### 1. VARIATIONS DES COMPORTEMENTS ALIMENTAIRES EN FONCTION DU SEXE CHEZ LES ADULTES

---

Cette section discutera des différences paléonutritionnelles entre les sexes parmi les adultes de la population de Saint-Matthew. Les informations issues de la paléochimie seront traitées en premier lieu afin de fournir un premier portrait des variations possibles, puis les données paléopathologiques seront utilisées pour compléter cette étude en abordant les problèmes nutritionnels rencontrés par les individus.

#### 1.1. De faibles différences nutritionnelles mises en évidence par la paléochimie

L'étude paléochimique entre les sexes ne révèle pas de différence majeure dans les comportements alimentaires. En effet, la proportion d'aliments riches en protéines, soit la viande, le poisson et les produits laitiers, semble équivalente entre les hommes et les femmes, laissant deviner un accès égal à ce type d'aliments, donc une absence de clivage social entre les genres à ce sujet (tableau XIII, page 105). Les proportions de ressources en C3 et en C4 et/ou marines sont également très similaires entre les sexes, ce qui appuie cette hypothèse d'égalité face à l'alimentation (tableau XII, page 105), malgré des activités quotidiennes différentes. Les femmes, qui étaient souvent femmes au foyer, et qui,

lorsqu'elles travaillaient, occupaient surtout des places de domestique et parfois de couturières, de modistes ou de tailleuses (Hare *et al.*, 1987), côtoyaient plus que les hommes l'environnement familial et préparaient elles-mêmes les repas. Elles avaient ainsi un accès plus facile à l'alimentation que les hommes qui travaillaient surtout en dehors de ce contexte, sur les chantiers, dans les ateliers et les offices, et auraient pu par conséquent montrer une variation de leurs ratios isotopiques relative à ce type de comportements.

Malgré une différence statistiquement non significative des ratios isotopiques du carbone entre les sexes, il a été noté que les cinq individus ayant les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  les plus élevées sont des hommes de 36 ans et plus (page 104). De plus, la fourchette de valeurs des ratios  $\delta^{13}\text{C}$  des hommes est plus élevée et plus large que celle des femmes, indiquant une plus grande variabilité dans leur comportement alimentaire. Ces différences minimales entre les sexes peuvent faire l'objet de trois hypothèses d'interprétation. Elles peuvent tout d'abord renvoyer à une consommation d'alcools issus de la canne à sucre un peu plus importante chez les hommes que chez les femmes, notamment le rhum, très présent à l'époque (Ouellet, 1971). Il n'est cependant pas exclu que les ratios isotopiques du carbone élevés chez ces cinq hommes résultent d'une consommation plus importante de maïs. Cette particularité alimentaire pourrait être en lien avec une origine différente : comme nous l'avons constaté précédemment, les populations rurales des États-Unis (familles Harvie et Cross) montrent une consommation de ressources en C4 plus importante que les populations urbaines, attribuée à une plus grande proportion de maïs dans leur alimentation. Nous pouvons alors proposer l'hypothèse d'une origine rurale de ces cinq individus qui auraient migré à Québec pendant les quelques années précédant leur décès, étant donné que leur régime alimentaire de départ se reflète encore dans leurs ratios isotopiques du carbone. Une troisième hypothèse pourrait se traduire par une consommation plus élevée de ressources marines chez ces cinq hommes, suggérant des activités différentes, peut-être liées aux activités maritimes (marins, pêcheurs) car une grande partie des victuailles disponibles à bord des bateaux était constituée de poissons salés comme la morue, en raison de leur bonne conservation (Stirland, 2005).

### 1.2. Les données paléopathologiques appuient-elles l'hypothèse des comportements alimentaires similaires entre les genres ?

Tous les tests statistiques confrontant les hommes aux femmes pour les indicateurs osseux et dentaires de pathologies se sont révélés non significatifs (chapitre 4.II.2). Malgré

tout, quelques différences de faible amplitude ont pu être observées dans la prévalence de certaines pathologies. C'est le cas pour les dents cariées et perdues *ante-mortem*, qui sont plus fréquentes chez les femmes que chez les hommes (respectivement 48,2% et 40,7% de dents atteintes). Cette différence pourrait s'expliquer par une variation de comportement alimentaire : les femmes auraient consommé plus d'aliments cariogènes que les hommes. Un lien peut être établi, comme évoqué précédemment, aux différentes activités quotidiennes pratiquées par ces deux groupes de la société. Selon Larsen (1997), la prévalence des caries plus importante chez les femmes que chez les hommes peut être en partie indicatrice de différences d'origine physiologique. En effet, la santé dentaire des femmes est moins bonne lors de certaines périodes de leur vie, telles que la gestation et la lactation, et se manifeste surtout par une recrudescence de l'inflammation des gencives et de l'apparition de caries. Ce facteur endogène aux femmes ne constitue toutefois pas une grande part de la variation entre les sexes, la raison majeure étant attribuée aux comportements alimentaires différentiels (Larsen, 1997).

L'étude des indicateurs de pathologies métaboliques ne révèle que peu de différences entre les sexes. Une prévalence et une sévérité des lésions de la *cribra orbitalia* légèrement plus fortes chez les femmes que chez les hommes peut s'expliquer par la prédisposition des femmes à développer de l'anémie, en lien avec les menstruations et l'accouchement. Par contre, le schéma inverse pour l'hyperostose porotique semble impliquer une hypothèse différente, mettant de l'avant un état pathologique plus important chez les hommes que chez les femmes. Étant donné que ces différences entre les sexes restent minimales et de plus, statistiquement non significatives (figure 29 et 30, page 119), il semble que globalement, les problèmes métaboliques rencontrés par la population de Saint-Matthew étaient d'intensité comparable entre les genres.

Cette homogénéité de l'état de santé entre les sexes parmi les adultes de Saint-Matthew est également constatée dans l'étude de la périostite pour laquelle le test de chi-carré est non significatif (figure 35, page 125). Cependant, la prévalence et la sévérité de la périostite sont légèrement plus importantes chez les hommes que chez les femmes. Cette différence peut être liée aux activités respectives des deux sexes : les hommes sont plus sujets aux accidents et blessures que les femmes de par leurs occupations quotidiennes, et

peuvent également être en contact avec plus de personnes porteuses de maladies infectieuses, par exemple lors du travail dans le port. Il est à noter également que les hommes de plus de 40 ans peuvent être un peu plus sensibles aux infections que les femmes (Stinson, 1985), ce qui peut en faire augmenter légèrement la prévalence pour cette partie de la population. Notons toutefois que certains auteurs n'appuient pas cette affirmation et prônent plutôt une similarité des prévalences entre les sexes (Roberts *et al.*, 1998).

Concernant les stress subis dans l'enfance, il ne semble pas exister non plus de différence majeure entre les hommes et les femmes, comme le montre l'étude de l'hypoplasie de l'émail. Les femmes sont légèrement plus touchées par ce genre de lésions que les hommes, mais la différence est très minime et statistiquement non significative (figure 38, page 129). Par contre, les hommes montrent un pic de stress plus précoce de six mois par rapport aux femmes, bien que cette différence entre les sexes ne soit également pas confirmée statistiquement (figure 39, page 130). Cette petite variation dans l'âge d'apparition des stress entre les sexes peut s'expliquer par le fait que les très jeunes garçons sont plus susceptibles aux infections que les filles (Stinson, 1985 ; Larsen, 1997).

Les échantillons d'individus adultes des deux sexes atteints de rachitisme (ou d'ostéomalacie), de scorbut et de lésions endocrâniennes sont trop restreints ou inexistantes, voire incertains pour les deux premiers, pour appuyer d'éventuelles hypothèses sur des différences entre hommes et femmes.

Enfin, les observations des lésions paléopathologiques ne mettent pas en évidence de différence marquée entre les sexes. Si une différence nutritionnelle majeure, non détectée par les isotopes, existait entre les sexes, et qu'elle constituait un vecteur de problèmes nutritionnels comme des carences alimentaires, on pourrait s'attendre à ce qu'elle se reflète dans l'état de santé des individus. Elle pourrait alors se manifester, par exemple, par une plus forte prévalence de la périostite traduisant une diminution du système immunitaire, ou de la *cribra orbitalia*. Par contre, des facteurs autres que la nutrition, potentiellement variables entre les sexes, entrent en jeu dans la prévalence et la sévérité des pathologies caractérisées par les indicateurs osseux et dentaires non spécifiques, et peuvent atténuer les changements pathologiques associés à ces problèmes

nutritionnels. Concernant les données sur les lésions paléopathologiques, on constate de très petites variations entre les sexes qui ne sont pas statistiquement significatives, telles que la présence de plus de caries chez les femmes et de plus de périostite chez les hommes. Lorsque l'on étudie l'état pathologique général des individus, on ne constate également aucune différence statistiquement significative entre les sexes (figure 49, page 145). Tous ces résultats tendent donc à corroborer l'hypothèse d'un régime alimentaire peu variable entre les sexes concernant les proportions de ressources alimentaires (données paléochimiques), les problèmes nutritionnels et de santé au sens large (paléopathologies). Cependant, les sources de biais possibles sont importantes car d'autres facteurs entrent en compte (étiologies multiples des lésions) et incitent à une considération prudente de cette hypothèse.

---

## 2. VARIATIONS DES COMPORTEMENTS ALIMENTAIRES EN FONCTION DES PÉRIODES DE LA VIE

---

L'étude paléochimique des individus de Saint-Matthew montre des différences significatives de régime alimentaire entre les catégories d'âge, à la fois au sein du groupe d'immaturs et entre ces derniers et les adultes. Nous discuterons d'abord de ces variations parmi les immatures de cette population, et nous essaierons de les confronter aux données paléopathologiques. Nous nous intéresserons par la suite aux variations des comportements alimentaires chez les adultes en suivant le même schéma d'étude : les données isotopiques établiront la base des informations paléonutritionnelles, et les données paléopathologiques y seront comparées.

### 2.1. Une variabilité dans l'alimentation des bébés mise en évidence par l'étude paléochimique

Les ratios isotopiques de l'azote suggèrent que le sevrage des bébés a lieu entre un et deux ans, âge auquel il est complètement terminé (tableau XVI, page 110). Cet âge d'un an est indicatif seulement et il est sujet à la variation interindividuelle. De plus, si l'on tient compte du délai imposé par le taux de remodelage de l'os des bébés et l'atteinte d'un ratio  $\delta^{15}\text{N}$  caractéristique d'un enfant sevré, on peut supposer que le processus de sevrage se soit terminé un peu plus tôt, mais il est difficile d'évaluer cet intervalle temporel (Richards *et al.*, 2002 ; Prowse *et al.*, 2008). Dans tous les cas, le début du processus de sevrage devrait commencer vers six mois chez tous les enfants car à partir de cet âge, les propriétés

nutritionnelles du lait maternel ne sont plus suffisantes pour le bon développement du bébé (Lewis, 2007).

La grande variabilité observée parmi les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  des enfants de moins de deux ans peut s'expliquer par des pratiques légèrement différentes entre les familles, ainsi que par les activités des parents. Par exemple, si la mère exerce une activité professionnelle, il est possible que le sevrage se soit réalisé plus tôt (Katzenberg et Pfeiffer, 1995). Cette variation importante peut également refléter d'autres causes, comme le fait que certains bébés acceptent mieux l'ajout d'aliments solides que d'autres ou que le lait maternel ait une composition isotopique différente selon le régime alimentaire de la mère. Il existe également une possibilité que certains nourrissons ne soient pas alimentés au lait maternel mais au lait de vache en cas de décès de la mère ou de difficultés liées à l'allaitement, ce qui leur donne un ratio  $\delta^{15}\text{N}$  proche de celui de la population sevrée, le lait de vache étant d'un niveau trophique inférieur à celui du lait humain en raison de son régime exclusivement herbivore.

2.2. Les différences du régime alimentaire entre les enfants de 2 à 7 ans et les 11 ans et plus reflètent-elles une disparité des statuts sociaux en fonction de l'âge ?

Chez les enfants de deux ans jusqu'à l'âge de sept ans (les échantillons sont trop restreints pour les enfants plus âgés pour affirmer la continuité de cette tendance), la consommation d'aliments en C4 et/ou marins et riches en protéines est légèrement inférieure à celle des adolescents et des adultes et se distingue clairement du régime alimentaire des enfants non sevrés (tableaux XV, page 108 et XVI, page 110). Ainsi, cette part de la population peut avoir eu un accès plus restreint aux aliments contenant du sucre de canne et/ou du maïs et/ou des poissons marins (isotopes du carbone), ainsi qu'aux ressources d'origine animale (isotopes de l'azote). Il en découle diverses hypothèses. Pour les faibles ratios isotopiques du carbone, il est possible que cette différence soit attribuable également à une consommation faible, voire inexistante, d'alcools à base de canne à sucre (rhum surtout) par les jeunes enfants. D'un point de vue économique, le sucre de canne constitue un édulcorant plus cher que le sirop d'érable à l'époque (Gotlieb, 1972), et il n'est pas exclu que ce dernier ait été plus utilisé pour l'alimentation des enfants que pour celle des adultes. De même, la viande est relativement chère par rapport aux légumes et au pain (Ouellet, 1971) qui peuvent alors avoir été privilégiés pour la nourriture des enfants. Cette

différence alimentaire entre les âges peut aussi provenir des aliments utilisés pour le sevrage des enfants à l'époque, qui sont surtout constitués de céréales : soit du gruau, soit du pain avec du lait ou de l'eau (Saunders *et al.*, 1997). Ces aliments en C3 et en majorité relativement pauvres en protéines (céréales) peuvent avoir été donnés aux enfants en fortes proportions longtemps après le sevrage, ayant ainsi constitué une part importante de leur alimentation. Cette part peut être réduite chez les adultes qui mangent alors potentiellement plus varié (incluant plus d'aliments en C4 et de ressources animales). Le fait de nourrir les enfants avec des aliments moins chers que ceux destinés aux adultes peut signifier une différenciation du statut des individus entre les âges. Les adultes seraient alors potentiellement privilégiés par rapport aux plus jeunes en ce qui a trait à l'accès aux ressources alimentaires. Ceci reste cependant une hypothèse car il peut exister d'autres facteurs qui entrent en compte, tels que le développement progressif du sens gustatif de l'enfant, qui pourrait l'inciter à consommer des ressources plus diversifiées en grandissant, telles que les poissons marins.

### 2.3. L'état de santé des immatures peut-il refléter les caractéristiques alimentaires mises en évidence par l'étude paléochimique ?

Malgré les ratios isotopiques plus faibles chez les enfants sevrés par rapport aux adultes, indiquant potentiellement une part moins importante des aliments en C4 très cariogènes et en parallèle avec les ressources marines, leur alimentation, était tout de même très cariogène, comme en atteste la présence de caries dès un très jeune âge (une dent cariée sur dix en moyenne pour les 0 à 4 ans). La prévalence de cette pathologie est croissante avec l'âge chez les immatures (page 116), suggérant une continuité dans le régime alimentaire pour la consommation des ressources cariogènes, qui peuvent alors être en C3 et en C4. Parmi les ressources très cariogènes potentiellement consommées par les enfants se trouvent les sucreries à base de mélasse (C4) et de sirop d'érable (C3) (Gotlieb, 1972).

Bien que le test du chi-carré se soit pas significatif (figure 31, page 121), les fortes prévalence et sévérité de la *cribra orbitalia* chez les immatures (0 à 13 ans) par rapport à celles des adultes suggèrent des problèmes métaboliques plus récurrents et intenses pour cette partie de la population. Cette idée est appuyée par le fait que seuls les enfants font partie des individus qui montrent des traces osseuses liées au scorbut (4,2% de la population), et il s'agit surtout de jeunes de moins de quatre ans. De plus, le cas de

rachitisme le plus marqué (enfant 11A2.5) ainsi que le cas probable (enfant 12A2.13) viennent appuyer la présence des problèmes métaboliques durant l'enfance. Pour l'hyperostose porotique, il paraît normal qu'elle soit moins présente chez les enfants que chez les adultes puisqu'elle représente potentiellement un état avancé de la *cribra orbitalia* que les jeunes n'ont pas encore eu le temps d'atteindre.

Concernant les infections, il semble logique que les enfants soient plus touchés que les adultes et ce pour plusieurs raisons qui caractérisent un système immunitaire moins puissant : un régime alimentaire potentiellement moins varié que celui des individus plus âgés, et un jeune âge qui implique un système immunitaire moins habitué aux agents pathogènes de leur environnement. Cette hypothèse ne se vérifie pas avec la prévalence de la périostite qui est surtout présente chez les adultes et est corrélée à l'âge (figure 36, page 126). Malgré tout, la périostite est présente chez 47% des individus de moins de 18 ans, et il se peut qu'en raison d'une moindre efficacité du système immunitaire chez les enfants, nombre de problèmes infectieux n'aient pas eu le temps de marquer leurs os avant le décès en comparaison aux adultes. Par contre, les lésions endocrâniennes sont très présentes dans la population immature, surtout chez les très jeunes enfants (0 à 4 ans). Selon Lewis (2004), l'inflammation des méninges peut durer jusqu'à un an chez les jeunes enfants avant de provoquer le décès, ce qui laisse le temps à la maladie de marquer les os.

L'étude des paléopathologies nous permet donc d'affirmer que les enfants, et plus spécialement les plus jeunes (0 à 4 ans environ), constituaient une part très touchée de la population de Saint-Matthew par les problèmes de santé. Cette observation tend à se corréler avec les données issues de l'étude paléochimique. En effet, le sevrage à l'aide d'un ensemble d'aliments peu variés comme le gruau, le pain et le lait, qui manque notamment de vitamines et de protéines par rapport à d'autres ressources, et qui peuvent être consommés pendant plusieurs années après ce changement alimentaire (voir partie II.2.3 de ce chapitre), a certainement contribué à diminuer l'efficacité de leur système immunitaire, entraînant l'apparition de nombreuses pathologies d'origines diverses, particulièrement des maladies infectieuses. Ainsi, la forte prévalence de la *cribra orbitalia* et du scorbut parmi les plus jeunes peut être une conséquence de cette alimentation inadaptée. La détermination des pics de stress dans la population à partir des lignes d'hypoplasie de l'émail a tendance à confirmer la présence d'une période de vie difficile entre deux ans et quatre ans et demi. Ce



fait confirme les données historiques sur la forte mortalité des enfants de moins de cinq ans à Québec. La présence de stress (hypoplasie de l'émail) entre un et deux ans pour un tiers de la population peut correspondre aux stress subis lors de la période de sevrage (alimentation non équilibrée et arrêt de la protection immunitaire procurée par le lait maternel) ou lors de l'allaitement lorsque le sevrage se fait plus tardivement et que le lait maternel n'est plus suffisant pour subvenir aux besoins nutritionnels de l'enfant.

#### 2.4. Des comportements alimentaires peu variables selon l'âge chez les adultes

Les données issues des analyses isotopiques montrent une certaine constance des comportements alimentaires des individus matures entre les âges, excepté peut-être pour les jeunes adultes de 18 à 22 ans. En effet, ces derniers présentent des ratios isotopiques légèrement inférieurs par rapport au reste des sujets matures, ce qui pourrait éventuellement impliquer un régime alimentaire contenant moins de ressources en C4 et d'origine animale (animaux terrestres et marins). Malheureusement, la taille de l'échantillon pour cette catégorie d'âge est restreinte (N=5) et peut influencer sur les résultats. Cependant, cette différence de faible ampleur par rapport au reste des adultes peut éventuellement s'expliquer par une période socioéconomique plus difficile pour les plus jeunes d'entre eux (implication croissante dans une activité professionnelle, premier enfant, etc.) qui aurait tendance à diminuer leur part en ressources économiques. La viande et le sucre de canne notamment, constituaient des denrées relativement chères et pourraient pour cette raison avoir été laissés de côté au profit d'autres ressources moins coûteuses telles que les légumes et les céréales (C3).

#### 2.5. La dégradation de l'état de santé à l'âge adulte est-elle en accord avec le caractère constant des comportements alimentaires mis en évidence par la paléochimie ?

Malgré un manque de variation avec l'âge dans l'état de santé général des adultes (figure 41, page 132), l'étude individuelle des lésions paléopathologiques montre généralement des variations de leur prévalence et de leur sévérité entre les jeunes et les plus âgés.

L'augmentation des taux de caries surtout entre 18 et 35 ans, puis des dents perdues *ante-mortem* à partir de 36 ans indique que le caractère cariogène de l'alimentation des

adultes de Saint-Matthew se maintient au cours de la vie. On observe en effet un avancement continu du processus de caries dentaires avec l'âge : la dent est affectée pendant une longue période de temps et finit par être retirée ou par tomber naturellement (Larsen, 1997 ; Hillson, 2008).

Concernant les pathologies métaboliques, les adultes sont clairement moins touchés que les enfants, comme le montrent leurs plus faibles prévalence et sévérité de la *cribra orbitalia*. En effet, les lésions qui se manifestent sous la forme de *cribra orbitalia* chez les immatures ont tendance à être remplacées par l'hyperostose porotique chez les adultes. Si les étiologies de ces deux pathologies sont effectivement liées, c'est-à-dire que l'hyperostose porotique démontre un état d'avancement des lésions plus sévère que la *cribra orbitalia*, alors cette observation indique le caractère chronique des facteurs qui entraînent leur présence. L'hyperostose porotique se manifeste à des degrés relativement faibles, mais sa sévérité augmente avec l'âge : le groupe de jeunes adultes de 18 à 35 ans montre un avancement moindre de la pathologie que celui des adultes de 36 ans et plus (figure 32, page 121).

Contrairement aux enfants, aucun adulte de la population de Saint-Matthew ne montre de signes évidents de scorbut au niveau ostéologique (page 122), confirmant la présence de problèmes alimentaires plus sévères et influents chez les immatures que chez les adultes. Pourtant, les adultes à Québec n'avaient probablement pas beaucoup plus accès que les enfants à des ressources végétales fraîches l'hiver, et étaient certainement sujets à des carences en vitamine C. La différence entre ces deux groupes de la population peut s'expliquer par le fait que le scorbut a tendance à se développer beaucoup plus vite chez les jeunes enfants en raison de leur besoin accru en vitamine C, à la fois pour la croissance et le renouvellement des tissus déjà formés. Les adultes, quant à eux, n'ont besoin de cette vitamine que pour renouveler leurs tissus, ce qui leur permet de vivre plus longtemps sans développer les symptômes du scorbut (Brickley et Ives, 2006). Il est possible d'évoquer ici la présence du scorbut chez les adultes de manière indirecte : si l'enfant non sevré (numéro 12A2.7) est réellement atteint par cette maladie, cela pourrait signifier que sa mère ou la femme qui l'allaitait était également sujette à la carence en vitamine C (Brickley et Ives, 2008).

Chez les adultes, les deux cas potentiels de rachitisme, ou d'ostéomalacie si la pathologie est apparue une fois la croissance terminée, chez des adultes peuvent indiquer, comme pour les juvéniles, une consommation insuffisante de ressources marines (poissons et huiles de poisson) pour pallier le manque d'accès à la luminosité du soleil dans un environnement urbain pendant l'hiver.

Les individus matures de la population de Saint-Matthew sont très touchés par la périostite, laquelle augmente avec l'âge en termes de sa prévalence et de sa sévérité entre les deux groupes de jeunes adultes (18 à 35 ans) et d'adultes plus âgés (figure 36, page 126). Le contexte particulier de la ville de Québec, notamment la récurrence de nombreuses maladies infectieuses, une hygiène urbaine et personnelle déficiente, et la pratique de certaines activités comportant des risques physiques (ex. métiers de la construction, ou liés au travail dans le port), pourrait avoir eu une influence importante dans l'apparition de telles lésions.

Les adultes sont peu touchés par les lésions endocrâniennes par rapport aux juvéniles de la population. Ceci n'est cependant probablement pas indicatif d'une meilleure nutrition, mais plutôt de l'apparition d'une certaine immunité par rapport à cette pathologie. En effet, Lewis (2004) constate que ce type de lésions est surtout lié à la petite enfance, et que sa prévalence diminue fortement avec l'âge.

L'augmentation de la prévalence et de la sévérité de la majorité de ces pathologies avec l'âge chez les adultes de Saint-Matthew traduit le caractère chronique des problèmes de santé auxquels ils faisaient face. Certaines pathologies ont une implication alimentaire relativement claire, c'est le cas des pathologies dentaires (caries et dents perdues *ante-mortem*) et du scorbut. Par contre, les indicateurs osseux tels que la *cribra orbitalia*, l'hyperostose parotique, le rachitisme (ou ostéomalacie), la périostite et les lésions endocrâniennes ne permettent pas d'interpréter leur prévalence uniquement par la nutrition. L'augmentation des pathologies métaboliques de type non spécifiques avec l'âge peut traduire des carences alimentaires chroniques, mais aussi une exposition plus permanente ou plus fréquente à des parasites par exemple, en lien avec une hygiène inadéquate, comme nous l'avons évoqué précédemment (partie I.2.6 de ce chapitre). De même, l'augmentation de la prévalence de la périostite avec l'âge traduit une exposition de longue durée à certains

agents pathogènes. Ainsi, l'aggravation des pathologies avec le vieillissement des adultes traduit probablement un état pathologique chronique qui peut être dissocié d'une dégradation de la qualité du régime alimentaire (plus carencé) sujet à peu de variations entre les âges comme le montrent les analyses isotopiques. Cette hypothèse n'est cependant pas incompatible avec l'idée d'une influence de l'alimentation sur l'état de santé des adultes de Saint-Matthew : son caractère constant, avec les problèmes qui lui sont liés, contribue certainement au caractère chronique des lésions, en parallèle avec d'autres facteurs comme l'hygiène insuffisante et le contexte épidémiologique relativement agressif.

---

### 3. VARIATIONS CONJOINTES DU RÉGIME ALIMENTAIRE ET DE L'ÉTAT DE SANTÉ

---

Une corrélation faible, mais significative, entre les ratios isotopiques individuels de carbone et d'azote dans la population de Saint-Matthew a été mise en évidence précédemment (figure 20, page 99), et implique qu'une partie des personnes ayant consommé le plus de ressources en C4 et/ou marines soit également celle qui consommait le plus de ressources riches en protéines (produits animaux). Ceci suggère d'éventuelles différences entre les individus qui n'ont pas été constatées en fonction des données paléodémographiques (âges, sexes) dans ce chapitre. L'étude conjointe des deux grands types de données bioarchéologiques obtenues dans cette étude va donc nous permettre de tester cette observation en fonction des données paléopathologiques, et éventuellement d'établir des liens entre leur état de santé et leurs comportements alimentaires. Si l'on suppose que l'état de santé des individus puisse refléter leur statut social (Larsen, 1997 ; Strauss et Thomas, 1998), nous pourrions développer quelques hypothèses mettant de l'avant des aspects socioéconomiques de la vie des protestants de Québec. Nous aborderons donc chaque grand type de pathologie étudiée, soit les pathologies dentaires, métaboliques et infectieuses, puis l'état de santé global des adultes de Saint-Matthew en relation avec les données paléochimiques dans chacune des quatre sous-parties de cette section.

#### 3.1. Une alimentation globalement cariogène

L'étude des pathologies dentaires en fonction des ratios isotopiques du carbone et de l'azote ne permet pas d'établir de relation entre ces deux types de données (figures 42 et 43, page 134). Il est donc approprié de rejeter l'idée qu'une consommation possiblement

plus grande de ressources en C4 (ratios de carbone élevés) chez les individus puisse entraîner une prévalence plus importante de dents cariées et perdues *ante-mortem*. Ceci confirme ainsi l'observation réalisée précédemment concernant le caractère fortement cariogène des ressources en C3, au même titre que les aliments en C4. De plus, parmi les aliments qui font augmenter le ratio isotopique du carbone figurent les poissons marins qui sont relativement peu cariogènes et qui s'associent dans des proportions inconnues aux ressources en C4, diminuant potentiellement la part de ces dernières.

### 3.2. Un régime alimentaire en lien avec l'état de santé et le contexte socioéconomique ?

Parmi les indicateurs de pathologies métaboliques, il est intéressant de constater que la sévérité de la *cribra orbitalia* fournit une relation statistiquement significative avec les deux isotopes utilisés pour cette étude (figure 44, page 135, tableaux XXVI et XXVII, page 137, figure 45, page 138 et tableaux XXVIII et XXIX, pages 138 et 139). L'étude de cette pathologie en relation avec les ratios isotopiques du carbone montre que les individus les plus atteints (degrés 3 et 4) sont également ceux qui consomment le moins de ressources en C4 et/ou marines. De plus, ces mêmes individus sont caractérisés par une consommation moindre de ressources riches en protéines d'après les ratios isotopiques d'azote.

Afin d'interpréter ces résultats, il est possible de poser l'hypothèse suivante. Parmi les aliments riches en protéines, la viande constitue une ressource relativement coûteuse à l'époque, surtout lors des périodes d'inflation et de disette (Ouellet, 1971). Il est possible que les personnes les plus fortunées de la société protestante de l'époque aient été plus facilement en mesure de s'offrir ce type de ressources par rapport aux individus les moins nantis. Ceci impliquerait une consommation de viande en plus grande quantité, et plus fréquente chez les personnes aisées que parmi les plus pauvres. Une part importante de viande dans l'alimentation constitue une source de fer abondante pour l'organisme, facilement assimilable, et qui réduit les effets de l'anémie, donc potentiellement la présence de *cribra orbitalia*. Lorsque cette pathologie résulte d'une carence en vitamines (C, B), il se peut que le même phénomène se produise avec les ressources marines (poissons et huiles de poisson), riches en ces composés nutritifs (Brickley et Ives, 2006). Le caractère relativement coûteux du sucre de canne par rapport à d'autres édulcorants comme le sirop d'érable peut également appuyer cette hypothèse. Ainsi, les individus les plus riches, donc

les plus enclins à consommer de la viande et éventuellement du poisson, auraient pu de la même manière obtenir cette ressource non essentielle en plus grande quantité.

L'étude de l'hyperostose porotique ne montre pas ce genre de relation avec les ratios isotopiques : on constate plutôt des comportements alimentaires relatifs aux ressources C3, C4 et/ou marines et riches en protéines constants parmi les individus atteints (pages 139 à 141). La différence observée précédemment ne s'appliquerait donc qu'aux premières manifestations des pathologies métaboliques non spécifiques et non aux plus avancées que représente l'hyperostose porotique, si l'on assume que ces deux pathologies sont liées. Il est possible de suggérer que, parmi les individus atteints par cette lésion, les causes nutritionnelles peuvent constituer une part moins importante dans l'étiologie par rapport à la *cribra orbitalia*. En effet, d'autres facteurs chroniques plus indépendants du statut socioéconomique peuvent influencer, et ils peuvent être physiologiques (menstruations, accouchement) ou pathologiques (parasites, hémorragies).

Aucun schéma faisant ressortir des comportements nutritionnels particuliers et constants entre les individus atteints de scorbut et de rachitisme n'a pu être mis en évidence. Les échantillons d'individus atteints sont très restreints (quatre individus pour chaque pathologie), et contribuent pour cette raison à masquer un lien éventuel entre les données paléochimiques et paléopathologiques. Malgré tout, l'indétectabilité de ce genre de lien avec les isotopes paraît logique étant donné que les fruits et légumes frais, dans le cas du scorbut, font partie du type majeur de ressources consommées par la population (C3, ratios isotopiques du carbone). De plus, les poissons et les huiles de poisson contenant la vitamine D font partie d'un groupe comprenant également la viande et les produits laitiers (ratios isotopiques de l'azote) et ne se manifestent que peu par les isotopes du carbone en le faisant augmenter (proportions impossibles à déterminer par rapport aux ressources en C4 dans cette étude). Une quantité insuffisante de ces ressources ne peut donc pas être repérée à l'aide des analyses isotopiques car elles se confondent parmi d'autres aliments qui partagent les mêmes propriétés isotopiques (C3 et aliments riches en protéines) et qui sont consommés en plus grandes quantités (par exemple les céréales pour la catégorie C3, et les produits laitiers pour les aliments riches en protéines).

3.3. Les relations entre comportements alimentaires et état de santé se contredisent-elles du point de vue du contexte socioéconomique des individus ?

Les deux indicateurs d'infection font ressortir des schémas isotopiques qui montrent une tendance analogue par rapport à leur sévérité (périostite) ou leur présence ou absence (lésions endocrâniennes). En effet, les individus atteints des degrés modérés et forts de la périostite semblent également être ceux qui consomment le plus d'aliments riches en protéines (figure 50, page 146, tableaux XXXIX et XL, page 147), et les individus de plus de deux ans qui présentent des lésions endocrâniennes semblent avoir une part plus importante de leur alimentation réservée aux ressources en C4 et/ou marines et riches en protéines que ceux qui ne sont pas atteints (tableau XLII page 148). Cependant, cette relation pour la périostite est surtout valable pour le groupe d'immatures, puisque le test de t de Student appliqué aux adultes uniquement n'est pas significatif, malgré un rapprochement du résultat du seuil de signification (tableau XXXVIII, page 145). Ces résultats semblent à première vue contredire l'hypothèse proposée pour la *cribra orbitalia* selon laquelle les individus les plus riches sont ceux qui sont en meilleure santé en raison d'une consommation plus importante de viande, voire de poisson (voir partie II.3.2 de ce chapitre). Cependant, l'étiologie de la périostite pouvant être multiple (maladies infectieuses, blessures), il est difficile d'interpréter cette relation.

Le paradoxe ostéologique, exprimé par Wood *et al.* (1992), pourrait fournir des éléments de réponse au dilemme posé par les résultats de la confrontation des ratios isotopiques à la sévérité de la périostite. Selon ces auteurs, une population en bonne santé ayant subi peu ou aucun stress, et une population fortement agressée (stress aigus) peuvent avoir le même profil ostéologique, caractérisé par une absence de lésions paléopathologiques. Ainsi, les individus fortement atteints par certaines pathologies, comme ici pour la périostite, peuvent représenter en réalité une partie de la population qui était plus résistante aux agressions de l'environnement, par contraste aux individus les moins résistants qui seraient décédés avant même que leurs os ne reflètent leur état pathologique. La tranche de la population de Saint-Matthew la plus résistante face aux agents de stress peut alors être constituée des individus les plus riches, en raison notamment d'un meilleur accès aux ressources alimentaires (viande, poisson, et aliments plus variés en général) et qui aurait facilité le développement d'un meilleur système immunitaire. Une meilleure hygiène de l'environnement, c'est-à-dire une moindre promiscuité avec les autres

individus et les animaux réduite, un meilleur accès aux soins de santé, ainsi que la possibilité de quitter la ville lors des périodes d'épidémies violentes comme le choléra de 1832 (Ruddel, 1987), peuvent également en partie être responsables d'un meilleur état de santé parmi les gens les plus aisés.

#### 3.4. Un état de santé général des adultes en lien avec les caractéristiques nutritionnelles issues de l'étude paléochimique ?

Contrairement à ce que l'on peut observer par l'étude intrapopulationnelle de certains marqueurs osseux (*cribra orbitalia*, infections), l'addition de toutes les pathologies étudiées pour les adultes en fonction des ratios isotopiques ne fournit pas de schéma statistiquement significatif entre les comportements alimentaires et l'état de santé général. Cependant, les individus les plus fortement pathologiques ont tendance à montrer des ratios isotopiques du carbone parmi les valeurs les plus basses de la variation, et les résultats des tests de U de Mann-Whitney qui différencient ce groupe des deux autres (faiblement et moyennement pathologiques) sont presque significatifs (tableau XLIV, page 150). Ce résultat pourrait corroborer les observations réalisées pour la *cribra orbitalia* en lien avec le régime alimentaire : les individus les plus atteints correspondraient aux plus pauvres de la population, et seraient également ceux qui consomment le moins de ressources en C4 et/ou marines. Des échantillons plus grands pour chaque groupe pathologique seraient nécessaires pour mieux comprendre ces variations.

---

#### 4. LES DIFFICULTÉS DANS L'IDENTIFICATION DES RELATIONS POSSIBLES ENTRE ÉTAT DE SANTÉ ET NUTRITION À PARTIR DES DONNÉES BIOARCHÉOLOGIQUES

---

Certains indicateurs osseux et dentaires reflètent relativement clairement des variations dans les comportements alimentaires, comme le scorbut (lien direct avec la carence en vitamine C), le rachitisme (manque de ressources alimentaires contenant de la vitamine D, surtout l'hiver), et les caries dentaires (haute corrélation avec une alimentation cariogène). Par contre, la majorité des indicateurs osseux et dentaires utilisés dans cette étude sont non spécifiques et il existe des raisons autres que la nutrition pour expliquer leurs prévalences et leurs variations. C'est le cas de la *cribra orbitalia*, de l'hyperostose porotique, de la périostite, des lésions endocrâniennes et de l'hypoplasie de l'émail dentaire. Pour la population préindustrielle de Saint-Matthew, beaucoup de facteurs



environnementaux ont pu influencer sur leur prévalence : une hygiène personnelle et environnementale insuffisante, un contexte épidémiologique agressif avec l'arrivée périodique de maladies infectieuses par l'intermédiaire des immigrés dans le port, des disettes récurrentes, des activités quotidiennes risquées (accidents), etc. Une composante génétique différentielle entre les individus constitue aussi un facteur important pouvant influencer sur les fréquences pathologiques.

Les facteurs nutritionnels jouent clairement un rôle dans la prévalence et la sévérité des pathologies observées sur les squelettes des individus de Saint-Matthew comme le démontrent d'autres études (figure 2, page 24 et partie III.1 du chapitre 1) et possiblement la relation observée entre certaines lésions et les données paléochimiques (*cribra orbitalia* et périostite, parties II.3.2 et II.3.3 de ce chapitre). Il est cependant difficile, voire impossible, de connaître l'impact exact de la nutrition sur l'origine de ces pathologies et de le différencier des autres influences possibles.



## CONCLUSION

---

Ce mémoire a exploré plusieurs aspects de la paléonutrition concernant 95 individus exhumés du cimetière protestant Saint-Matthew à Québec. L'objectif était l'étude de la relation entre les comportements alimentaires et l'état de santé de cette population historique, à la fois à un niveau inter- et intrapopulationnel. Pour cela, une méthodologie de recherche « multicritère » a été adoptée, grâce à une approche double de la bioarchéologie : la paléochimie, qui permet d'obtenir des informations directes sur le régime alimentaire, et la paléopathologie qui nous renseigne indirectement à ce sujet par l'évaluation de l'état de santé. Deux méthodes de recherche encore inusitées au Québec ont ainsi été appliquées aux individus de Saint-Matthew, soit des analyses d'isotopes stables du carbone et de l'azote du collagène des os, et une quantification de l'état de santé à l'aide de la méthode de l'indice de santé développée par Steckel *et al.* (2002). Une méthode plus traditionnelle de quantification de l'état de santé, mais d'autant plus nuancée, a également été utilisée afin de procéder à une étude plus approfondie de cet aspect au sein de la population de Saint-Matthew.

Dans cette étude, nous avons été en mesure de confronter le régime alimentaire des individus à leur état de santé : d'abord au niveau interpopulationnel par la comparaison avec d'autres groupes humains, puis au niveau intrapopulationnel en fonction des caractéristiques paléodémographiques de la population de Saint-Matthew, et enfin par la comparaison directe des données paléochimiques et paléopathologiques. Les connaissances historiques sur le contexte socioéconomique des protestants de Québec constituent une source d'informations primordiale et constituent la base de cette recherche.

Nous avons ainsi pu fournir de nombreux éléments de réponse aux quatre questions de recherche initiales, que nous résumons ici :

1. Le portrait global du régime alimentaire des individus de Saint-Matthew tel que fourni par les données paléochimiques correspond bien à ce que l'on s'attendait de trouver. Il est caractéristique d'une population préindustrielle d'origine européenne : une part majoritaire de ressources en C3 (céréales, légumes, viande) et plutôt restreinte de ressources en C4 et/ou marines (sucre de canne et ses dérivés, maïs,

poissons de mer), ainsi qu'une consommation de ressources riches en protéines (viande, poisson au sens large, produits laitiers) significative mais non majoritaire par rapport aux ressources végétales. L'étude paléopathologique met en évidence des problèmes de santé importants pour la population en général (tous les adultes montrent au moins deux pathologies distinctes parmi celles étudiées). Les problèmes nutritionnels entrent certainement en compte dans cet état de santé mauvais, mais il est difficile d'en estimer la proportion par rapport à d'autres facteurs (activités quotidiennes, présence de nombreux agents pathogènes dans l'environnement, etc.).

2. Par rapport à la variation des comportements alimentaires des groupes étudiés, Saint-Matthew se rapproche clairement de deux populations contemporaines (Saint-Thomas et Prospect Hill), traduisant une adaptation nutritionnelle similaire au contexte urbain pour ces communautés protestantes d'origine européenne. Cependant, l'état de santé des individus de Saint-Matthew, et surtout celui des enfants, est inférieur à celui de toutes les autres populations comme le démontrent les indices de santé, et semble refléter le contexte socioéconomique, épidémiologique et nutritionnel particulier de Québec (insalubrité, famines, épidémies récurrentes, etc.). Ainsi, malgré leur statut socioéconomique plus élevé que celui des autres habitants de la capitale, surtout les Canadiens-français et les Irlandais, les protestants de Québec étaient dans un mauvais état de santé chronique, phénomène qui a déjà été constaté pour les protestants de Trois-Rivières (Larocque, 2007).
  
3. Des variations du régime alimentaire en fonction des données paléodémographiques ont pu être constatées parmi les individus de Saint-Matthew. Elles se sont avérées très minimales chez les adultes à la fois entre les sexes et les âges au niveau paléochimique, indiquant une certaine constance des comportements alimentaires pour cette tranche de la population. La dégradation de l'état de santé avec l'âge pour ces individus indique la présence de stress chronique en lien avec plusieurs facteurs (indicateurs osseux et dentaires non spécifiques), dont probablement les problèmes nutritionnels. Par contre, chez les enfants, nous avons pu constater une variation dans le processus de sevrage selon les individus, ainsi qu'une consommation

proportionnellement moindre de ressources en C4 (maïs, sucre de canne) et animales (viande, poissons de mer et de rivières, produits laitiers) chez les enfants de 2 à 7 ans par rapport aux individus plus âgés. Ces résultats pourraient traduire des pratiques sociales différentes envers ce groupe de la population ou des variations comportementales entre les différentes catégories d'âges chez les enfants. La mise en évidence d'un état de santé relativement mauvais pour les enfants, surtout entre 0 et 4 ans, est probablement liée à un contexte nutritionnel difficile (sevrage, alimentation peu équilibrée et plus pauvre en protéines que celle des adultes), mais aussi à d'autres facteurs tels que la mauvaise hygiène, la présence de nombreux pathogènes dans l'environnement, etc.

4. La confrontation directe des données paléonutritionnelles et paléochimiques des individus de la population de Saint-Matthew a notamment mis en évidence des différences de comportements alimentaires en lien avec la sévérité de la *cribra orbitalia*. En effet, les individus les plus atteints sont également ceux qui consomment le moins de ressources en C4 (sucre de canne, maïs) et animales (viande, poissons de mer et de rivières, produits laitiers). Un lien avec le statut socioéconomique des individus a pu être avancé en raison du coût plus élevé de ce type de ressources qui peuvent n'avoir été accessibles qu'aux plus riches, périodiquement ou en tout temps. Par contre, la relation inverse a été observée pour la périostite, impliquant que les individus les moins atteints soient ceux qui consomment le plus de protéines. Sur ce point, les problèmes interprétatifs liés au paradoxe ostéologique (Wood *et al.*, 1992) et à l'étiologie des lésions sont à soulever.

Telles que présentées tout au long de cette étude, de nombreuses limites viennent mitiger ces résultats. Tout d'abord, des limites générales liées au degré de représentativité de l'échantillon ostéologique par rapport à la population vivante d'origine constituent la trame de fond de toute étude bioarchéologique. Nous avons pu les constater dans notre étude surtout au sujet de la conservation différentielle des individus dans le sol (squelettes des femmes et enfants moins complets que ceux des hommes), de la fouille (sous-

représentation des très jeunes enfants en partie liée aux conditions archéologiques), et des méthodes paléodémographiques qui fournissent des résultats plus ou moins fiables.

Dans l'étude paléopathologique, il est parfois difficile de différencier un bon d'un mauvais état de santé lors de l'observation des lésions. La question est de savoir si les pathologies quantifiées influencent peu ou fortement l'état de santé des individus, selon leur sévérité, mais aussi en fonction des autres lésions observées et de leurs étiologies très diverses. Nous avons tenté de pallier ce problème par l'addition des lésions au niveau populationnel (indice de santé) et individuel (état de santé général des adultes). Ceci permet de comparer les populations et les individus selon le caractère bon ou mauvais de leur état de santé. Cependant, ces quantifications sont toujours relatives les unes aux autres, et il est difficile de savoir dans quelles proportions la qualité de vie des populations et des individus est affectée par ces pathologies.

Nous avons constaté également que le « paradoxe ostéologique » peut influencer sur les interprétations paléonutritionnelles de cette étude. De plus, parmi les méthodes utilisées, celle de l'indice de santé de Steckel *et al.* (2002) implique une perte de précision des données considérables par rapport à des méthodes de quantifications plus détaillées telles qu'appliquées pour l'étude intrapopulationnelle. Elle permet cependant des études à grande échelle : les comparaisons interpopulationnelles sont réalisables par la standardisation des observations.

L'application des analyses isotopiques sur le collagène des os peut également constituer une limite à cette étude : les isotopes du carbone reflètent surtout les caractéristiques nutritionnelles des protéines de l'alimentation, diminuant la précision de la reconstruction des proportions de ressources en C3 et C4 et/ou marines, et les ratios isotopiques de l'azote peuvent varier dans des cas de malnutrition importante (Katzenberg, 2008). Les isotopes permettent de caractériser certains aspects de la nutrition tels que nous avons vu dans cette étude, mais il est difficile de mettre en évidence la malnutrition à travers ces données. La seule information éventuellement caractéristique de problèmes alimentaires à l'aide des ratios isotopiques serait la proportion de ressources riches en protéines du régime alimentaire : si les ratios  $\delta^{15}\text{N}$  sont trop bas, ils pourraient refléter un manque de ressources animales dans l'alimentation, pouvant entraîner certaines carences. Cependant, il est difficile de savoir à quel point un faible ratio d'azote indique la malnutrition par une consommation insuffisante de protéines animales. De plus, les ratios

$\delta^{15}\text{N}$  peuvent être augmentés dans des cas de malnutrition et déshydratation importante (Katzenberg, 2008). Ainsi, la malnutrition n'est connue que de manière indirecte par l'étude des pathologies qui elles mêmes ont des étiologies très diverses.

La composition ethnique potentiellement variable de la population de Saint-Matthew constitue également une limite à cette étude. En effet, des individus de passage à Québec, d'origines géographiques variables, peuvent y avoir été enterrés et ainsi faire partie de l'échantillon utilisé pour cette recherche. Ainsi, notre échantillon serait caractérisé par un groupe beaucoup plus hétérogène que celui des protestants résidents de Québec.

Enfin, la petite taille de l'échantillon utilisé (N=95, mais beaucoup de squelettes incomplets) dicte des limites aux résultats de cette recherche. Des échantillons très petits sont parfois confrontés entre eux (moins de dix individus). Si les échantillons avaient été plus grands, il aurait été possible d'aborder la problématique de cette recherche plus en profondeur, en réalisant par exemple des comparaisons plus poussées entre les différentes classes d'âges de juvéniles et d'adultes aux niveaux paléopathologiques et paléochimiques. Il serait intéressant à l'avenir de poursuivre cette recherche avec les squelettes exhumés récemment du cimetière de Saint-Matthew (N±80) afin d'augmenter la taille des échantillons.

D'autres méthodes de recherche paléonutritionnelle pourraient être appliquées dans le futur à la population de Saint-Matthew. Certaines d'entre elles peuvent également diminuer l'impact des limites liées aux méthodes utilisées dans ce mémoire. Par exemple, la réalisation d'analyses isotopiques du carbone et de l'azote sur la partie minérale des os permettrait d'obtenir des résultats plus précis mettant en évidence des changements minimes dans le régime alimentaire non détectables lorsqu'elles sont pratiquées sur le collagène des os, notamment au sujet des ressources marines (Harrison et Katzenberg, 2003). En effet, la part des ressources marines (poissons de haute mer) et des ressources en C4 est indissociable dans notre contexte d'étude. De plus, lorsque les ressources marines sont consommées dans une proportion inférieure à 20% de la quantité totale de protéines du régime alimentaire, il est difficile de constater leur présence à l'aide des ratios isotopiques du carbone sur le collagène des os (Hedges, 2004 ; Müldner et Richards, 2007). L'application conjointe des analyses isotopiques sur les phases minérales et organiques des

os à des fins de comparaisons est de plus en plus utilisée et fournit un portrait plus complet que les analyses du collagène uniquement (ex. Prowse *et al.*, 2005 ; Turner *et al.*, 2007). Il est également possible d'obtenir des informations paléonutritionnelles plus complètes sur les individus d'une population en réalisant des prélèvements d'os à divers endroits du squelette selon leur taux de remodelage. C'est le cas de l'étude de Jørkov *et al.* (2009) qui s'intéresse à la reconstitution de l'alimentation des individus lors de leurs premières années de vie en réalisant des analyses isotopiques du carbone et de l'azote du collagène de l'os pétreux, lequel ne se remodèle plus après l'âge de deux ans. Ce type de problématique peut également être traité par l'analyse des dents (à plusieurs stades de formation) en comparant les ratios isotopiques de plusieurs dents de périodes de formation différentes, voire même d'endroits différents sur une même dent, qui traduisent les ratios isotopiques à différents moments de la croissance (réalisé sur des bisons par Julien, 2009).

L'hétérogénéité de la composition de la population de Saint-Matthew qui constitue une limite à cette étude pourrait être abordée d'un point de vue paléonutritionnel à l'aide d'analyses des isotopes stables d'oxygène de l'émail dentaire. Cette méthode est basée sur le fait que la composition isotopique de l'eau de consommation des groupes humains varie selon les régions géographiques, et se reflète dans la composition des tissus de l'organisme (Katzenberg, 2008). Par exemple, l'étude de Schroeder *et al.* (2009) s'intéresse de cette manière à la mobilité des populations et à l'origine géographique (esclaves africains des XVII<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècles à Barbade). D'autres auteurs, comme Prowse *et al.* (2007), vont encore plus loin dans la précision de leurs résultats en essayant de déterminer l'âge auquel les individus ont migré par des analyses de diverses dents aux périodes de formation différentes (ex. dents permanentes et déciduales, M1 et M3, etc.). Les données isotopiques peuvent également être mises en relation avec les données morphologiques afin de mieux déterminer les proportions des diverses ethnies qui composent une population, comme le réalisent Leach *et al.* (2009) sur une population romaine d'Angleterre. En appliquant de telles méthodes aux individus de Saint-Matthew, il serait éventuellement possible de constater la composition ethnique de la population inhumée, et par la suite de comparer ces variations aux informations nutritionnelles obtenues dans la présente étude.



Ces pistes de recherche permettraient un approfondissement des connaissances actuelles sur la population de Saint-Matthew, et par extension, des conditions de vie des protestants de Québec.

D'un point de vue plus large sur la bioarchéologie au Québec, il serait intéressant, dans un futur proche, d'appliquer des méthodes paléochimiques à d'autres populations québécoises issues des sites archéologiques. Ceci permettrait la mise en place à long terme d'une base de données paléonutritionnelles à l'échelle de la province. Il serait alors possible de réaliser des comparaisons spatiales, temporelles et ethniques entre les populations du Québec, puis par rapport à des groupes humains extérieurs à la province.



## **BIBLIOGRAPHIE**



- Alt, Kurt W., Jens C. Türp et Rüdiger Wächter, « Periapical lesions – Clinical and anthropological aspects », dans Kurt W. Alt, Friedrich W. Rösing et Maria Teschler-Nicola (dir.), *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects*, Springer Wien New York, p.247-276, 1998.
- Ambrose, Stanley H. et Michael J. DeNiro, « Reconstruction of African human diet using bone collagen carbon and nitrogen isotope ratios », *Nature*, 319:321-324, 1986.
- Ambrose, Stanley H., « Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis », *Journal of Archaeological Science*, 17:431-451, 1990.
- Ambrose, Stanley H., « Effects of diet, climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs », *Journal of Archaeological Science*, 18:293-317, 1991.
- Ambrose, Stanley H., « Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretive considerations », dans Mary K. Sandford (dir.), *Investigations of Ancient Human Tissue – Chemical Analyses in Anthropology - Food and Nutrition in History and Anthropology*, vol.10, Gordon and Breach, p.59-130, 1993.
- Ambrose, Stanley H. et Lynette Norr, « Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate », dans J. B. Lambert et G. Grupe (dir.), *Prehistoric Human Bone: Archaeology at the Molecular Level*, Springer-Verlag, p.1-38, 1993.
- Arpin, Caroline, *Sépultures du cimetière St. Matthew. Étude sur les critères paléodémographiques et la représentativité d'une collection d'ossements témoignant de la présence protestante à Québec entre 1771 et 1860*, mémoire de maîtrise, Archéologie, Université Laval, 2006.
- Baker, Brenda J. Tosha L. Dupras et Matthew W. Tocheri, *The Osteology of Infants and Children*, Texas A & M University Press, 2005.
- Baker, Joseph, *Église St. Matthew, 755 rue Saint-Jean, Québec : histoire, relevé et analyse*, Ministère des Affaires Culturelles, Direction Générale du Patrimoine, Service de l'Inventaire et des Biens Culturels, Québec, 1977.
- Bass, William M., *Human Osteology. A laboratory and field manual. 5<sup>th</sup> edition*, Missouri Archaeological Society, 2005.
- Beardsworth, L. J., D. R. Eyre, I. R. Dickson, « Changes with age in the urinary excretion of lysyl- and hydroxylysypyridinoline, two new markers of bone collagen turnover », *Journal of Bone Mineral Research*, 5:671-676, 1990.
- Bédard, Marc-André, *Les protestants en Nouvelle-France*, La Société Historique de Québec, 1978.
- Bello, Silvia, Aminte Thomann, Michel Signoli, Emma Rabino-Massa et Olivier Dutour, « La conservation différentielle des os humains et le profil théorique de survie osseuse », *Anthropologica et Praehistorica*, 113:105-120, 2002a.
- Bello, Silvia, Michel Signoli, Emma Rabino Massa, et Olivier Dutour, « Les processus de conservation différentielle des individus immatures. Implications sur les

- reconstitutions paléodémographiques », *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 14(3-4), 2002b.
- Bello, Silvia M., Aminte Thomann, Michel Signoli, Olivier Dutour, et Peter Andrews, « Age and sex bias in the reconstruction of past population structures », *American Journal of Physical Anthropology*, 129:24-38, 2006.
- Bender, Margaret M., David A. Baerreis et Raymond L. Steventon, « Further light on carbon isotopes and Hopewell agriculture », *American Antiquity*, 46(2):346-353, 1981.
- Bennike, P., M. E. Lewis, H. Schutkowski et F. Valentin, « Comparison of child morbidity in two contrasting medieval cemeteries from Denmark », *American Journal of Physical Anthropology*, 128:734-746, 2005.
- Benoit, Jehane, *The Canadiana Cookbook*, Toronto Pagurian Press Limited, 1970.
- Billard, Michel, « Les lignes de Harris en ostéologie : évolution d'un stigmaté évènementiel au cours de la croissance et du vieillissement squelettique ; implications en paléoépidémiologie », dans Buchet L. (dir.), *La femme pendant le Moyen-Âge et l'époque moderne. Actes des 6<sup>e</sup> Journées Anthropologiques de Valbonne, Dossiers de Documentation Archéologique*, 17:135-155, 1994 .
- Blair, Louisa, *Les Anglos. La face cachée de Québec*, Tome I, 1608-1850, Sylvain Harvey Éditeur, 2005.
- Blom, Deborah E., Jane E. Buikstra, Linda Keng, Paula D. Tomczak, Eleanor Shoreman et Debbie Stevens-Tuttle, « Anemia and childhood mortality: latitudinal patterning along the coast of Pre-Columbian Peru », *American Journal of Physical Anthropology*, 127:152-169, 2005.
- Blondiaux, Guillaume, Joël Blondiaux, Frédéric Secousse, Anne Cotten, Pierre-Marie Danze et René-Marc Flipo, « Rickets and child abuse: the case of a two year old girl from the 4<sup>th</sup> century in Lisieux (Normandy) », *International Journal of Osteoarchaeology*, 12:209-215, 2002.
- Boldsen, Jesper L., « 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, 2007.
- Bourbou, C. et M.P. Richards, « The middle byzantine menu: palaeodietary information from isotopic analysis of humans and fauna from Kastella, Crete », *International Journal of Osteoarchaeology*, 17:63-72, 2007.
- Brickley, Megan et Rachel Ives, « Skeletal manifestations of infantile scurvy », *American Journal of Physical Anthropology*, 129:163-172, 2006.
- Brickley, Megan, Simon Mays et Rachel Ives, « An investigation of skeletal indicators of vitamin D deficiency in adults: effective markers for interpreting past living conditions and pollution levels in 18th and 19th century Birmingham, England », *American Journal of Physical Anthropology*, 132:67-79, 2007.
- Brickley, Megan et Rachel Ives, *The Bioarchaeology of Metabolic Bone Disease*, Academic Press, 2008.

- Brown, Antoinette, « Assessment of paleonutrition from skeletal remains », *Annals of the New York Academy of Sciences*, 376:405-416, 1981.
- Buikstra, Jane E. et George R. Milner, « Isotopic and archaeological interpretations of diet in the Central Mississippi Valley », *Journal of Archaeological Science*, 18:319-329, 1991.
- Buikstra, Jane E. et Douglas H. Ubelaker, *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*, Arkansas Archaeological Survey Report Number 44, 1994.
- Burton, James, « Bone chemistry and trace element analysis », dans M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (dir.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton. Second Edition*, Wiley-Liss, p. 442-460, 2008.
- Byers, Steven N., *Introduction to Forensic Anthropology. Second Edition*, Pearson Education, 2005.
- Caseltz, Peter, « Caries – Ancient plague of humankind », dans Kurt W. Alt, Friedrich W. Rösing et Maria Teschler-Nicola (dir.), *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects*, Springer Wien New York, p.203-226, 1998.
- Castex, Dominique, « Identification and interpretation of historical cemeteries linked to epidemics », dans D. Raoult et M. Drancourt (dir.), *Paleomicrobiology: past human infections*, Springer-Verlag, p.23-48, 2008.
- Chisholm, Brian S., D. Erle Nelson et Henry P. Schwarcz, « Stable-carbon isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets », *Science*, 216:1131-1132, 1982.
- Chisholm, Brian S., D. Erle Nelson et Henry P. Schwarcz, « Marine and terrestrial protein in prehistoric diets on the British Columbia Coast », *Current Anthropology*, 24(3):396-398, 1983.
- Chisholm, Brian S., « Variation in diet reconstructions based on stable carbon isotopic evidence », dans T. Douglas Price (dir.), *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*, Cambridge University Press, 1989.
- Cloutier, Céline, *Tombeaux, cercueils, caveaux et linceuls : les témoins archéologiques au dernier repos. Cimetière St-Matthew*, rapport inédit déposé au Ministère de la Culture et des Communications du Québec, Division design et patrimoine, Centre de développement économique et urbain, Ville de Québec, 2000.
- Comer, James, « North America from 1492 to the Present », dans K. F. Kiple et K. C. Ornelas (dir.), *The Cambridge World History of Food*, Cambridge University Press, p.1304-1323, 2000.
- Cox, G., J. Sealy, C. Schrire et A. Morris, « Stable carbon and nitrogen isotopic analyses of the underclass at the Cape of Good Hope in the eighteenth and nineteenth centuries », *World Archaeology*, 33(1):73-97, 2001.
- Cucina, Andrea et Vera Tiesler, « Dental caries and antemortem tooth loss in the Northern Peten area, Mexico: a biocultural perspective on social status differences among the Classic Maya », *American Journal of Physical Anthropology*, 122:1-10, 2003.

- Debono, L., B. Mafart, G. Guipert et É. Jeusel, « Application pratique de la méthode d'estimation de l'âge au décès de Schmitt et Broqua (2000) », *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 16 :115-120, 2004.
- DeNiro, Michael J. et Samuel Epstein, « Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42:495-506, 1978.
- DeNiro, Michael J. et Samuel Epstein, « Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45:341-351, 1981.
- DeNiro, Michael J., « Postmortem preservation and alteration of *in vivo* bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction », *Nature*, 317:806-809, 1985.
- Dounias, E., et A. Froment, « Lorsque les chasseurs-cueilleurs deviennent sédentaires : les conséquences pour le régime alimentaire et la santé », *Unasylva. Les forêts et la santé humaine*, 57 :26-33, 2006.
- Drucker, D. et H. Bocherens, « Carbon and nitrogen stable isotopes as tracers of change in diet breadth during Middle and Upper Palaeolithic in Europe », *International Journal of Osteoarchaeology*, 14:162-177, 2004.
- Duray, Stephen M., « Dental indicators of stress and reduced age at death in prehistoric native Americans », *American Journal of Physical Anthropology*, 99:275-286, 1996.
- Eshed, Vered, Avi Gopher et Israel Hershkovitz, « Tooth wear and dental pathology at the advent of agriculture: new evidence from the Levant », *American Journal of Physical Anthropology*, 130:145-159, 2006.
- Ezzo, Joseph A., « Putting the "chemistry" back in archaeological bone chemistry analysis: modeling potential paleodietary indicators », *Journal of Anthropological Archaeology*, 13:1-34, 1994.
- France, Robert L., « Differentiation between littoral and pelagic food webs in lakes using stable carbon isotopes », *Limnology and Oceanography*, 40(7):1310-1313, 1995.
- Froment, Alain, « Santé et nutrition des régions forestières », dans S. Bahuchet (dir.), *Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui. 2. Une approche thématique*, APFT, ULB, p. 177-185, 2000.
- Fuller, B.T., T.I. Molleson, D.A. Harris, L.T. Gilmour et R.E.M. Hedges, « Isotopic evidence for breastfeeding and possible adult dietary differences from Late/Sub-Roman Britain », *American Journal of Physical Anthropology*, 129:45-54, 2006.
- Gagné, Gérard, *La réduction de Sillery : étude paléoanthropologique d'un cimetière amérindien du 17<sup>e</sup> siècle*, mémoire de maîtrise, Anthropologie, Université de Montréal, 1982.
- Gagné, Gérard, « Latrines et médecine », *Archéologiques* 9 :16-19, 1995.
- Gagné, Gérard, « L'enfance autochtone et l'alimentation », *Paléo-Québec*, 31:153-164, 2004.
- Gagné, Gérard, *Interventions archéologiques sur le site de la première église Notre-Dame (BjFj-112)*, Vieux-Montréal, Arkéos Inc., 2008.



- Gilbert, Robert I. Jr. et James H. Mielke, *The Analysis of Prehistoric Diets*, Academic Press, 1985.
- Goodman, Alan H., George J. Armelagos et Jerome C. Rose, « Enamel hypoplasias as indicators of stress in three prehistoric populations from Illinois », *Human Biology*, 52(3):515-528, 1980.
- Goodman, Alan H. et George J. Armelagos, « Infant and childhood morbidity and mortality risks in archaeological populations », *World Archaeology*, 21:225-243, 1989.
- Goodman, Alan H. et Debra L. Martin, « Reconstructing health profiles from skeletal remains », dans R. H. Steckel et J. C. Rose (dir.), *The Backbone of History. Health and Nutrition in the Western Hemisphere*, Cambridge University Press, p.11-60, 2002.
- Gotlieb, Sondra, *The Gourmet's Canada*, New Press, Toronto, 1972.
- Goyette, Manon, *Des vestiges d'une arrière-cour à l'histoire de l'hygiène publique à Québec au XIXe siècle : la troisième campagne de fouilles archéologiques à l'Îlot Hunt (1993)*, mémoire de maîtrise, histoire, Université Laval, 1999.
- Grine, Frederik E., Peter S. Ungar, Mark F. Teaford et Sireen El-Zaatari, « Molar microwear in *Praeanthropus afarensis*: evidence for dietary stasis through time and under diverse paleoecological conditions », *Journal of Human Evolution*, 51:297-319, 2006.
- Grupe, Gisela, « Impact of the choice of bone samples on trace element data in excavated human skeleton », *Journal of Archaeological Science*, 15:123-129, 1988.
- Grupe, Gisela, Astrid Balzer et Susanne Turban-Just, « Modeling protein diagenesis in ancient bone: towards a validation of stable isotope data », dans S. H. Ambrose et M. A. Katzenberg (dir.), *Biogeochemical Approaches to Palaeodietary Analysis*, Kluwer Academic, Plenum Publishers, p. 173-187, 2000.
- Hare, John, Marc Lafrance et David-Thierry Ruddel, *Histoire de la Ville de Québec – 1608-1871*, Éditions Boréal/Musée Canadien des Civilisations, 1987.
- Harrison, Roman G. et M. Anne Katzenberg, « Paleodiet studies using stable carbon isotopes from bone apatite and collagen: examples from Southern Ontario and San Nicolas Island, California », *Journal of Anthropological Archaeology*, 22:227-244, 2003.
- Hedges, Robert E. M., « Isotopes and red herrings: comments on Milner *et al.* and Lidén *et al.* », *Antiquity*, 78:34-37, 2004.
- Hedges, Robert E. M., John G. Clement, C. David L. Tomas et Tamsin C. O'Connell, « Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements », *American Journal of Physical Anthropology*, 133:808-816, 2007.
- Higgins, Rosanne L., Michael R. Haines, Lorena Walsh et Joyce E. Sirianni, « The poor in the mid-nineteenth-century northeastern United States. Evidence from the Monroe County almshouse, Rochester, New York », dans R. H. Steckel et J. C. Rose (dir.),

*The backbone of history. Health and nutrition in the western hemisphere*, Cambridge University Press, p.162-184, 2002.

Hillson, Simon, « Dental pathology », dans M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (dir.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton. Second Edition*, John Willey and Sons, p.301-340, 2008.

Humphrey, Louise T. et Tania King, « Childhood stress: a lifetime legacy », *Anthropologie*, 38(1):33-49, 2000.

Hutchinson, Dale L. et Lynette Norr, « Nutrition and health at contact in late prehistoric central gulf coast Florida », *American Journal of Physical Anthropology*, 129:375-386, 2006.

Jankauskas, R. et al., « Contextual dimensions of European health and lifestyle: the archaeological and historical record », *Reconstructing health and disease in Europe: the early Middle Ages through the Industrial Period. Association of Physical Anthropology Meeting*, [http://global.sbs.ohio-state.edu/GHHPSymposium\\_PamphletFINAL.pdf](http://global.sbs.ohio-state.edu/GHHPSymposium_PamphletFINAL.pdf), page consultée le 13 décembre 2009.

Jean, Michèle, et Alyne Lebel, « Pleins feux sur Saint-Jean-Baptiste », *Cap-aux-Diamants*, 3(1):23-26, 1987.

Jørkov, Marie Louise S., Jan Heinemeier et Neils Lynnerup, « The petrous bone – a new sampling site for identifying early dietary patterns in stable isotopic studies », *American Journal of Physical Anthropology*, 138:199-209, 2009.

Julien, Marie-Anne, *Chasseurs de bisons. Apports de l'archéozoologie et de la biogéochimie isotopique à l'étude paléthnographique et paléoéthologique du gisement épigravetien d'Amvrosievka (Ukraine)*, thèse de doctorat, Archéologie, Muséum d'Histoire Naturelle de Paris et Université de Montréal, 2009.

Katzenberg, M. Anne, « Stable isotope analysis of archaeological faunal remains from southern Ontario », *Journal of Archaeological Science*, 16:319-329, 1989.

Katzenberg, M. Anne, « Stable isotope analysis of remains from the Harvie family », dans S. R. Saunders et R. Lazenby (dir.), *The Links that Bind. The Harvie Family Nineteenth Century Burying Ground*, Occasional Papers in Northeastern Archaeology No. 5, Copetown Press, p. 65-69, 1991a.

Katzenberg, M. Anne, « Analysis of stable isotopes of carbon and nitrogen », dans S. Pfeiffer et R. F. Williamson (dir.), *Snake Hill. An Investigation of a Military Cemetery from the War of 1812*, Dundurn Press, 1991b.

Katzenberg, M. Anne, Shelley R. Saunders et William R. Fitzgerald, « Age differences in stable carbon and nitrogen isotope ratios in a population of prehistoric maize horticulturists » *American Journal of Physical Anthropology*, 90:267-281, 1993.

Katzenberg, M. Anne et Susan Pfeiffer, « Nitrogen isotope evidence for weaning age in a nineteenth century Canadian skeletal sample », dans Anne L. Grauer (dir.), *Bodies of Evidence. Reconstructing History through Skeletal Analysis*, Wiley-Liss, p. 221-235, 1995.

- Katzenberg, M. Anne, D. Ann Herring et Shelley R. Saunders, « Weaning and infant mortality: evaluating the skeletal evidence », *Yearbook of Physical Anthropology*, 39:177-199, 1996.
- Katzenberg, M. Anne et Nancy C. Lovell, « Stable isotope variation in pathological bone », *International Journal of Osteoarchaeology*, 9:316-324, 1999.
- Katzenberg, M. Anne, Shelley R. Saunders et Sylvia Abonyi, « Bone chemistry, food and history: a case study from 19th century Upper Canada », dans S. H. Ambrose et M. A. Katzenberg (dir.), *Biogeochemical Approaches to Paleodietary Analysis*, Kluwer Academic - Plenum Publishers, 2000.
- Katzenberg, M. Anne, « Stable isotope analysis: a tool for studying past diet, demography, and life history », dans M. Anne Katzenberg et Shelley R. Saunders (dir.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Second Edition, John Wiley & Sons, 2008.
- Kay, Richard F., « Dental evidence for the diet of Australopithecus », *Annual Review of Anthropology*, 14:315-341, 1985.
- Keenleyside, A., « Dental pathology and diet at Appolina, a Greek colony on the Black Sea », *International Journal of Osteoarchaeology*, 18:262-279, 2008.
- Keita, S. O. Y. et A. J. Boyce, « Variation in porotic hyperostosis in the Royal Cemetery complex at Abydos, Upper Egypt: a social interpretation », *Antiquity*, 80:64-73, 2006.
- Knip, Agatha S., « The frequencies of non-metrical variants in Tellem and Nokara skulls from the Mali Republic », *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, série C, 74:430-445, 1971.
- Koppert, Georgius J. A., Edmond Dounias, Alain Froment et Patrick Pasquet, « Consommation alimentaire dans trois populations forestières de la région côtière du Cameroun : Yassa, Mvae et Bakola », dans C. M. Hladik, A. Hladik, H. Pagezy, O. F. Linares, G. J. A. Koppert (dir.), *L'alimentation en forêt tropicale : interactions bioculturelles et perspectives de développement*, Éditions UNESCO, p.447-496, 1996.
- Larocque, Robert, « Les sépultures amérindiennes du Mont-Royal », *Recherches Amérindiennes au Québec*, 20:31-41, 1990.
- Larocque, Robert, « La paléopathologie des sociétés historiques ou ce que l'histoire ne dit pas », *Recherches Amérindiennes au Québec* 24:103-111, 1994.
- Larocque, Robert, « De la curiosité médicale aux petits maux de tous les jours. Le parcours du simple au complexe de la paléopathologie », *Paléo-Québec*, 29:9-21, 1999.
- Larocque, Robert, *La naissance et la mort à Québec autrefois : les restes humains des cimetières de la basilique Notre-Dame-de-Québec*, Cahiers d'Archéologie du CELAT, 2000.
- Larocque, Robert, « Commençons par le commencement, ou ce qu'il ne faut pas faire avec nos cimetières anciens », *Archéologiques*, 17:20-25, 2004.

- Larocque, Robert, « Riches et malades ? Le cas de la communauté anglophone de Trois-Rivières à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, vu par les restes humains », dans A. Bain, J. Chabot et M. Moussette (dir.), *La mesure du passé : contributions à la recherche en archéométrie*, BAR International Series 1700, p 217-226, 2007.
- Larsen, Clark S., Margaret J. Schoeninger, Nikolaas J. van der Merwe, Katherine M. Moore et Julia A. Lee-Thorp, « Carbon and nitrogen stable isotopic signatures of human dietary change in the Georgia Bight », *American Journal of Physical Anthropology*, 89:197-214, 1992.
- Larsen, Clark S., Joseph Craig, Leslie E. Sering, Margaret J. Schoeninger, Katherine F. Russell, Dale L. Hutchinson et Matthew A. Williamson, « Cross homestead: life and death on the Midwestern Frontier », dans A. L. Grauer (dir.), *Bodies of Evidence. Reconstructing History through Skeletal Analysis*, Wiley-Liss, p.139-159, 1995.
- Larsen, Clark S., *Bioarchaeology. Interpreting Behavior from the Human Skeleton*, Cambridge University Press, 1997.
- Lavigne, Salme E. et Joseph E. Molto, « System of measurement of the severity of periodontal disease in past populations », *International Journal of Osteoarchaeology*, 5:265-273, 1995.
- Lé, Micheline, Yann Ardagna, Silvia Bello, et Olivier Dutour, « 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(3-4):187-196, 2006.
- Leach, Stephany, Mary Lewis, Carolyn Chenery, Gundula Mülner et Hella Eckardt, « Migration and diversity in Roman Britain: a multidisciplinary approach to the identification of immigrants in Roman York, England », *American Journal of Physical Anthropology*, 140:546-561, 2009.
- Lewis, Mary E., « Endocranial lesions in non-adult skeletons: understanding their aetiology », *International Journal of Osteoarchaeology*, 14:82-97, 2004.
- Lewis, Mary E., *The Bioarchaeology of children. Perspectives from biological and forensic anthropology*, Cambridge University Press, 2007.
- Lieverse, Angela R., Andrzej W. Weber, Vladimir I. Bazaliiskiy, Olga I. Goriunova et Nikolai A. Savel'ev, « Osteoarthritis in Siberia's Cis-Baikal: skeletal indicators of hunter-gatherer adaptation and cultural change », *American Journal of Physical Anthropology*, 132:1-16, 2007.
- Lovejoy, C. O., R. S. Meindl., T. R. Pryzbeck et R. P. Mensforth, « Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium : a new method for the determination of adult skeletal age at death », *American Journal of Physical Anthropology*, 68:15-28, 1985.
- Lovell, N. C., B. S. Chisholm, D. E. Nelson et H. P. Schwarcz, « Prehistoric salmon consumption in interior British Columbia », *Canadian Journal of Archaeology*, 10:99-105, 1986.

- Lovell, Nancy C., « Anaemia in the ancient Indus Valley », *International Journal of Osteoarchaeology*, 7:115-123, 1997.
- Maat, G. *et al.*, « Body size and femur length », *Reconstructing health and disease in Europe: the early Middle Ages through the Industrial Period. Association of Physical Anthropology Meeting*, [http://global.sbs.ohiostate.edu/GHHPSSymposium\\_PamphletFINAL.pdf](http://global.sbs.ohiostate.edu/GHHPSSymposium_PamphletFINAL.pdf), page consultée le 13 décembre 2009.
- Malville, Nancy J., « Enamel hypoplasia in ancestral Puebloan populations from Southwestern Colorado: I. Permanent dentition », *American Journal of Physical Anthropology*, 102:351-367, 1997.
- Maresh, Marion M., « Linear growth of long bone extremities from infancy through adolescence », *American Journal of Diseases of Children*, 89:725-742, 1955.
- Maresh, Marion M., « Measurements from roentgenograms », dans R. W. McCammon (dir.), *Human Growth and Development*, Springfield, p. 157-200, 1970.
- Martin, Debra L., Alan H. Goodman et George J. Armelagos, « Skeletal pathologies as indicators of quality and quantity of diet », dans *The Analysis of Prehistoric Diets*, Academic Press, p.227-279, 1985.
- Mathieu, Jacques et André Garon, « Le changement de métropole (1754-1763) », dans J. Hamelin (dir.), *Histoire du Québec*, Privat-Edisem, p.231-248, 1977.
- Mays, Simon, Megan Brickley et Rachel Ives, « Skeletal manifestations of rickets in infants and young children in a historic population from England », *American Journal of Physical Anthropology*, 129:362-374, 2006.
- Mays, S., M. Brickley et R. Ives, « Growth in an English population from the industrial revolution », *American Journal of Physical Anthropology*, 136:85-92, 2008.
- Meindl, R. S. et C. O. Lovejoy, « Ectocranial suture closure : a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures », *American Journal of Physical Anthropology*, 68:57-66, 1985.
- Milner, George R., James W. Wood et Jesper L. Boldsen, « Paleodemography », dans M. A. Katzenberg et S. R. Saunders (dir.), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Wiley-Liss, p.467-497, 2000.
- Moggi-Cecci, Jacopo, Elsa Pacciani et Juan Pinto-Cisternas, « Enamel hypoplasias and age at weaning in 19<sup>th</sup>-century Florence, Italy », *American Journal of Physical Anthropology*, 93:299-306, 1994.
- Müldner, Gundula et Michael P. Richards, « Stable isotope evidence for 1500 years of human diet at the City of York, UK », *American Journal of Physical Anthropology*, 133:682-697, 2007.
- Noppen, Luc, « Un quartier en sursis ? », *Cap-aux-Diamants*, 3(1):5-7, 1987.
- Obertová, Zuzana et Milan Thurzo, « *Cribrra orbitalia* as an indicator of stress in the early medieval Slavic population from Borovce (Slovakia) », *Anthropologie*, 42(2):189-194, 2004.

- Oliver-Lloyd, Vanessa, *Le patrimoine archéologique des cimetières euroquébécois*, étude produite dans le cadre de la participation du Québec au Répertoire Canadien des Lieux Patrimoniaux, volet archéologique, 2008.
- Ortner, Donald J. et Mary Frances Ericksen, « Bone changes in the human skull probably resulting from scurvy in infancy and childhood », *International Journal of Osteoarchaeology*, 7:212-220, 1997.
- Ortner, Donald J. et Simon Mays, « Dry-bone manifestations of rickets in infancy and early childhood », *International Journal of Osteoarchaeology*, 8:45-55, 1998.
- Ortner, Donald J., *Identification of Pathological Conditions in Skeletal Remains*. Second Edition, Academic Press, 2003.
- Ouellet, Fernand, *Histoire économique et sociale du Québec, 1760-1850*, Éditions Fides, 1971.
- Papathanasiou, Anastasia, « Stable isotope analysis in Neolithic Greece and possible implications on human health », *International Journal of Osteoarchaeology*, 13:314-324, 2003.
- Papathanasiou, Anastasia *et al.*, « The history of anemia and related nutritional deficiencies in Europe: evidence from cribra orbitalia and porotic hyperostosis », *Reconstructing health and disease in Europe: the early Middle Ages through the Industrial Period. Association of Physical Anthropology Meeting*, [http://global.sbs.ohio-state.edu/GHHSymposium\\_PamphletFINAL.pdf](http://global.sbs.ohio-state.edu/GHHSymposium_PamphletFINAL.pdf), page consultée le 13 décembre 2009.
- Paquet, Gilles et Jean-Pierre Wallot, *Un Québec moderne, 1760-1840 : essai d'histoire économique et sociale*, Collection Cahiers du Québec, Hurtubise H.M.H., 2007.
- Pechenkina, Ekaterina A., Robert A. Benfer Jr. et Wang Zhijun, « Diet and health changes at the end of the Chinese Neolithic: the Yangshao/Longshan transition in Shaanxi province », *American Journal of Physical Anthropology*, 117:15-36, 2002.
- Perron, Jean-Sébastien, *Les marqueurs osseux d'activités physiques : une étude des restes humains du cimetière St. Matthew à Québec (XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles)*, mémoire de maîtrise, Archéologie, Université Laval, 2006.
- Pinhasi, Ron, et Chryssi Bourbou, « How representative are human skeletal assemblages for population analysis? », dans R. Pinhasi et S. Mays (*dir.*), *Advances in human palaeopathology*, John Wiley & Sons, p.31-44, 2008.
- Polet, Caroline, *Essai de paléonutrition appliqué à trois populations médiévales belges*, Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 1996.
- Polet, Caroline et Rosine Orban, *Les dents et les ossements humains - Que mangeait-on au Moyen-Âge ?*, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Fasc.84, 2001.
- Polet, Caroline et M. Anne Katzenberg, « Comportements alimentaires de trois populations médiévales belges : apports de la biogéochimie isotopique », dans C. Polet, M. Udrescu et R. Noël (*dir.*), *L'alimentation carnée aux époques historiques*, Actes du symposium organisé dans le cadre du XIV<sup>ème</sup> Congrès de l'Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques, Liège, 2-8 septembre 2001, p.1371-1390, 2002.

- Prowse, Tracy L., Henry P. Schwarcz, Shelley R. Saunders, Robert Macchiarelli et Luca Bondioli, « Isotopic evidence for age-related variation in diet from Isola Sacra, Italy », *American Journal of Physical Anthropology*, 128:2-13, 2005.
- Prowse, Tracy L., Henry P. Schwarcz, Peter Garnsey, Martin Knyf, Roberto Macchiarelli et Lucas Bondoli, « Isotopic evidence for age-related immigration to imperial Rome », *American Journal of Physical Anthropology*, 132:510-519, 2007.
- Prowse, Tracy L., Shelley R. Saunders, Henry P. Schwarcz, Peter Garnsey, Roberto Macchiarelli et Lucas Bondioli, « Isotopic and dental evidence for infant and young child feeding practices in an imperial Roman skeletal sample », *American Journal of Physical Anthropology*, 137:294-308, 2008.
- Puech, Pierre-François, Henri Albertini et Claudia Serratrice, « Tooth microwear and dietary patterns in early hominids from Laetoli, Hadar and Olduvai », *Journal of Human Evolution*, 12:721-729, 1983.
- Raynor, Laura A. et Douglas J. Kennett, « Dietary variability among a sample of United States soldiers during the war of 1812 », *Historical Archaeology*, 42(4) : 76-87, 2008.
- Redfield, A., « A new aid to aging immature skeletons: development of the occipital bone », *American Journal of Physical Anthropology*, 33:207-220, 1970.
- Ribot, Isabelle, *The possible influence of various skeletal stress indicators on the growth of subadults from medieval populations*, mémoire de maîtrise (ostéologie humaine, paléopathologie et archéologie funéraire), Université de Sheffield et Université de Bradford, 1992.
- Ribot, Isabelle et Charlotte Roberts, « A study of non-specific stress indicators and skeletal growth in two mediaeval subadult populations », *Journal of Archaeological Science*, 23:67-79, 1996.
- Ribot, Isabelle et Marie-Ève Boisjoli, « A preliminary demographic study on a historical cemetery from rural Canada: children mortality at St. Ignace-du-Lac village (Matawinie, Quebec, early 1990s) », résumé pour l'*American Association of Physical Anthropologists*, 2007.
- Ribot, Isabelle, Fanny Morland, Marie-Ève Boisjoli et Peter Leach, « La bioarchéologie humaine, à la frontière entre le « social » et le « biologique » : démographie, archéologie et état de santé de populations historiques euroquébécoises », *Paléo-Québec*, à paraître, 2009.
- Roberts, Charlotte A., Mary E. Lewis et Philip Boocock, « Infectious disease, sex, and gender: the complexity of it all », dans A. L. Grauer et P. Stuart-Macadam (dir.), *Sex and gender in paleopathological perspective*, Cambridge University Press, p.93-113, 1998.
- Roberts, Charlotte A. et Keith Manchester, *The Archaeology of Disease. Third Edition*, Cornell University Press, Ithaca, New York, p. 63-83, 2005.
- Roberts, Charlotte *et al.*, « Understanding the impact of infectious disease on European populations: contributions from the Global History of Health Project »,

*Reconstructing health and disease in Europe: the early Middle Ages through the Industrial Period. Association of Physical Anthropology Meeting*, [http://global.sbs.ohio-state.edu/GHHPSymposium\\_PamphletFINAL.pdf](http://global.sbs.ohio-state.edu/GHHPSymposium_PamphletFINAL.pdf), page consultée le 13 décembre 2009.

Rose, Jerome C., Keith W. Condon et Alan H. Goodman, « Diet and dentition: developmental disturbances », dans *The Analysis of Prehistoric Diets*, Academic Press, p.281-305, 1985.

Roy, Pierre-Georges, *Les cimetières de Québec*, Lévis, 1941.

Ruddel, David-Thierry, *Québec, 1765-1832 : l'Évolution d'une Ville Coloniale*, Musée Canadien des Civilisations, Hull, 1991.

Saunders, Shelley R., D. Ann Herring et Gerald Boyce, « Can skeletal samples accurately represent the living population they come from? The St. Thomas' cemetery site, Belleville, Ontario », dans A. L. Grauer (dir.), *Bodies of evidence. Reconstructing history through skeletal analysis*, Wiley-Liss, p.69-89, 1995.

Saunders, Shelley R., Carol de Vito et M. Anne Katzenberg, « Dental caries in nineteenth century Upper Canada », *American Journal of Physical Anthropology*, 104:71-87, 1997.

Saunders, Shelley R., Ann Herring, Larry Sawchuck, Gerry Boyce, Rob Hoppa et Susan Klepp, « The health of the middle-class. The St. Thomas' Anglican church cemetery project », dans R. H. Steckel et J. C. Rose (dir.), *The backbone of history. Health and nutrition in the western hemisphere*, Cambridge University Press, p.131-161, 2002.

Scheuer, Louise et Sue Black, « Age estimation from the pars basilaris of the fetal and juvenile occipital bone », *International Journal of Osteoarchaeology*, 4:377-380, 1994.

Scheuer, Louise et Sue Black, « Age changes in the clavicle: from the early neonatal period to skeletal maturity », *International Journal of Osteoarchaeology*, 6:425-434, 1996.

Scheuer, Louise et Sue Black, *The Juvenile Skeleton*, Academic Press, 2004.

Schmitt, Aurore et Cécile Broqua, « Approche probabiliste pour estimer l'âge au décès à partir de la surface auriculaire de l'ilium », *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 12(3-4):279-301, 2000.

Schoeninger, Margaret J., Michael J. DeNiro et Henrik Tauber, « Stable nitrogen isotope ratios of bone collagen reflect marine and terrestrial components of prehistoric human diet », *Science*, 220:1381-1393, 1983.

Schoeninger, Margaret J. et Michael J. DeNiro, « Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48:625-639, 1984.

Schroeder, Hannes, Tamsin C. O'Connell, Jane A. Evans, Kristina A. Shuler et Robert E. M. Hedges, « Trans-atlantic slavery: isotopic evidence for forced migration to Barbados », *American Journal of Physical Anthropology*, 139:547-557, 2009.



- Schurr, Mark R. et Margaret J. Schoeninger, « Associations between agricultural intensification and social complexity: an example from the prehistoric Ohio Valley », *Journal of Anthropological Archaeology*, 14:315-339, 1995.
- Schurr, Mark R. « Stable nitrogen isotopes as evidence for the age of weaning at the Angel site: a comparison of isotopic and demographic measures of weaning age », *Journal of Archaeological Science*, 24:919-927, 1997.
- Schurr, Mark R. et Mary Lucas Powell, « The role of changing childhood diets in the prehistoric evolution of food production: an isotopic assessment », *American Journal of Physical Anthropology*, 126:278-294, 2005.
- Schwarcz, Henry P., Jerry Melbye, M. Anne Katzenberg et Martin Knyf, « Stable isotopes in human skeletons of Southern Ontario: reconstructing palaeodiet », *Journal of Archaeological Science*, 12:187-206, 1985.
- Schwarcz, Henry P. et Margaret J. Schoeninger, « Stable isotope analyses in human nutritional ecology », *Yearbook of Physical Anthropology*, 34:283-321, 1991.
- Scrimshaw, Nevin S., « Infection and nutrition: synergistic interactions », dans K. F. Kiple et K. C. Ornelas (dir.), *The Cambridge World History of Food*, Cambridge University Press, p.1397-1411, 2000.
- Sealy, Judith, *Stable Carbon Isotopes and Prehistoric Diets in the South-Western Cape Province, South Africa*, Cambridge Monographs in African Archaeology 15, BAR International Series 293, 1986.
- Sealy, Judith C. et Nikolaas J. van der Merwe, « Isotope assessment and the seasonal-mobility hypothesis in the southwestern cape of South Africa », *Current Anthropology*, 27(2):135-150, 1986.
- Sealy, Judith C., « Diet, mobility, and settlement pattern among Holocene hunter-gatherers in southernmost Africa », *Current Anthropology*, 47:569-595, 2006.
- Semproli, Samantha et Emanuela Gualdi-Russo, « Childhood malnutrition and growth in rural area of Western Kenya », *American Journal of Physical Anthropology*, 132:463-469, 2007.
- Simoneau, Daniel, *Église et cimetière Saint-Matthew, rapport de surveillance archéologique*, rapport inédit déposé au Ministère de la Culture et des Communications du Québec, Division design et patrimoine, Centre de développement économique et urbain, Ville de Québec, 2003.
- Skinner, M. F. et J. T. W. Hung, « Social and biological correlates of localized enamel hypoplasia of the human deciduous canine tooth », *American Journal of Physical Anthropology*, 79:159-175, 1989.
- Sledzik, Paul S. et Lars G. Sandberg, « The effects of nineteenth-century military service on health », dans R. H. Steckel et J. C. Rose (dir.), *The backbone of history. Health and nutrition in the western hemisphere*, Cambridge University Press, p.185-207, 2002.

- Starling, Anne P. et Jay T. Stock, « Dental indicators of health and stress in early Egyptian and Nubian agriculturalists: a difficult transition and gradual recovery », *American Journal of Physical Anthropology*, 134:520-528, 2007.
- Steckel, Richard H., Paul W. Sciulli et Jerome C. Rose, « A health index from skeletal remains », dans R. H. Steckel et J. C. Rose (dir.), *The Backbone of History. Health and Nutrition in the Western Hemisphere*, Cambridge University Press, p.61-93, 2002.
- Steckel, Richard H., Clark S. Larsen, Paul W. Sciulli et Phillip L. Walker, *The global history of health project. Data collection codebook*, [http://global.sbs.ohio-state.edu/new\\_docs/Codebook-06-28-06.pdf](http://global.sbs.ohio-state.edu/new_docs/Codebook-06-28-06.pdf) (page consultée le 18 novembre 2009).
- Stinson, Sara, « Sex difference in environmental sensitivity during growth and development », *Yearbook of Physical Anthropology*, 28:123-147, 1985.
- Stirland, Ann J., *The men of the Mary Rose. Raising the dead.*, Sutton Publishing, 2005.
- Stodder, Ann L. W. « Taphonomy and the nature of archaeological assemblages », dans M. Anne Katzenberg et Shelley R. Saunders (dir.), *Biological anthropology of the human skeleton. Second edition*, John Wiley & Sons, p.71-114, 2008.
- Stothers, D. M. et J. F. Metress, « A system for the description and analysis of pathological changes in prehistoric skeletons », *Ossa*, 2:3-9, 1975.
- Strauss, John et Duncan Thomas, « Health, nutrition, and economic development », *Journal of Economic Literature*, 36:766-817, 1998.
- Strohm, Thomas F. et Kurt W. Alt, « Periodontal disease – Etiology, classification, and diagnosis », dans Kurt W. Alt, Friedrich W. Rösing et Maria Teschler-Nicola (dir.), *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects*, Springer Wien New York, p.227-246, 1998.
- Stuart-Macadam, Patricia, « Anemia in Roman Britain: Poundbury Camp », dans Helen Bush et Marek Zvelebil (dir.), *Health in Past Societies: Biocultural Interpretations of Human Skeletal Remains in Archaeological Contexts*, BAR, Oxford, p.101-113, 1991.
- Suby, J. A. et R. A. Guichón, « Diet, nutrition and femoral robusticity of hunter-gatherers in Southern Patagonia: experiences and perspectives », *International Journal of Osteoarchaeology*, 19:328-336, 2009.
- Sullivan, Amy, « Prevalence and etiology of acquired anemia in Medieval York, England », *American Journal of Physical Anthropology*, 128:252-272, 2005.
- Susanne, Charles et Caroline Polet, *Dictionnaire d'Anthropobiologie*, De Boeck, 2005.
- Tieszen, Larry L., « Natural variations in the carbon isotope values of plants: implications for archaeology, ecology, and paleoecology », *Journal of Archaeological Science*, 18:227-248, 1991.
- Turner, B. L., J. L. Edwards, E. A. Quinn, J. D. Kingston et D. P. van Gerven, « Age-related variation in isotopic indicators of diet at Medieval Kulubnarti, Sudanese Nubia », *International Journal of Osteoarchaeology*, 17:1-25, 2007.

- Tuross, Noreen, Marilyn L. Fogel et P. E. Hare, « Variability in the preservation of the isotopic composition of collagen from fossil bone », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52:929-935, 1988.
- Tuross, Noreen, et Marilyn L. Fogel, « Stable isotope analysis and subsistence patterns at the Sully site », dans Douglas W. Owsley et Richard L. Jantz (dir.), *Skeletal Biology in the Great Plains. Migration, Warfare, Health and Subsistence*, p.283-289, 1994.
- Ubelaker, Douglas H., *Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation. Third Edition*, Taraxacum, 1999.
- Ungar, Peter S., « Dental topography and diets of *Australopithecus afarensis* and early *Homo* », *Journal of Human Evolution*, 46:605-622, 2004.
- van der Merwe, Nikolaas J. et Ernesto Medina, « The canopy effect, carbon isotope ratios and foodwebs in Amazonia », *Journal of Archaeological Science*, 18:249-259, 1991.
- van Klinken, G. J., « Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements », *Journal of Archaeological Science*, 26:687-695, 1999.
- Vogel, J. C. et N. J. van der Merwe, « Isotopic evidence for early maize cultivation in New York state », *American Antiquity*, 42(2):238-242, 1977.
- Walker, Phillip L. et Michael J. DeNiro, « Stable nitrogen and carbon isotope ratios in bone collagen as indices of prehistoric dietary dependence on marine and terrestrial resources in Southern California », *American Journal of Physical Anthropology*, 71:51-61, 1986.
- Walker, Philip L., Rhonda R. Bathurst, Rebecca Richman, Thor Gjerdrum et Valerie A. Andrushko, « The causes of porotic hyperostosis and cribra orbitalia: a reappraisal of the iron-deficiency-anemia hypothesis », *American Journal of Physical Anthropology*, 139:109-125, 2009.
- Waters-Rist, A. L., et M. A. Katzenberg, « The effect of growth on stable nitrogen isotope ratios in subadult bone collagen », *International Journal of Osteoarchaeology*, à paraître, 2009.
- Weaver, David S., « Application of the likelihood ratio test to age estimation using the infant and child temporal bone », *American Journal of Physical Anthropology*, 50:263-270, 1979.
- Weinstein, Michael, Paul Babyn et Stan Zlotkin, « An orange a day keeps the doctor away: scurvy in the year 2000 », *Pediatrics*, 108(3), 2001.
- White, Christine D. et George J. Armelagos, « Osteopenia and stable isotope ratios in bone collagen of Nubian female mummies », *American Journal of Physical Anthropology*, 103:185-199, 1997.
- White, Tim D., *Human Osteology. Second Edition*, Academic Press, 2000.
- White, Tim D. et Pieter A. Folkens, *The Human Bone Manual*, Academic press, 2005.

- Williams, Jocelyn S., Christine D. White et Fred J. Longstaffe, « Trophic level and macronutrient shift effects associated with the weaning process in the postclassic Maya », *American Journal of Physical Anthropology*, 128:781-790, 2005.
- Wood, James W., George R. Milner, Henry C. Harpending et Kenneth M. Weiss, « The osteological paradox – Problems inferring prehistoric health from skeletal samples », *Current Anthropology*, 33:343-379, 1992.
- Zhou, Liming et Robert S. Corruccini, « Enamel hypoplasias related to famine stress in living Chinese », *American Journal of Human Biology*, 10:723-733, 1998.
- Zohary, Tamar, Jonathan Erez, Moshe Gophen, Ilana Berman-Frank et Mariana Stiller, « Seasonality of stable carbon isotopes within the pelagic food web of Lake Kinneret », *Limnology and Oceanography*, 39(5):1030-1043, 1994.

**Site internet :**

The Ohio State University, *Global History of Health Project – Health Index Calculation*, <http://global.sbs.ohio-state.edu/healthIndex/> (page consultée le 18 novembre 2009).

## **ANNEXES**



Individu	Âge	Sexe	Échantillon	Produit d'extraction (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
10A1.3#2	0	-	côte	22,0	3,2	-21,12	10,88
10A1.1E	0	-	côte	18,8	3,3	-20,22	11,81
8F1.4#2	0	-	coxal	19,9	3,2	-19,83	11,41
12A2.8C	0	-	tibia, dia.+épi.	21,8	3,3	-19,29	12,96
12A2.9#2	0	-	côte	21,2	3,3	-19,29	12,90
10A1.15#1	0	-	clavicule	19,2	3,2	-19,00	12,16
12A2.8B	0	-	fémur, dia.+épi	24,4	3,2	-18,37	13,50
8F1.1#2	0	-	scapula	10,7	3,3	-17,89	13,90
8F1.2#2	0,5	-	fémur, dia.+épi.	16,4	3,2	-19,81	12,19
8E2.4	0,5	-	côte	24,3	3,4	-19,56	11,19
8F1.4#1	1	-	tibia	21,7	3,4	-19,81	12,50
12A2.2E	1	-	clavicule	21,9	3,3	-19,48	14,89
12A2.4E	1	-	côte	24,6	3,3	-18,85	15,43
10A1.6	1,5	-	côte	23,7	3,2	-19,89	11,11
11A2.5	1,5	-	côte	24,2	3,3	-19,75	11,87
8F1.5	1,5	-	côte	14,3	3,3	-19,58	12,02
12A2.9#1	1,5	-	côte	24,2	3,2	-19,39	15,20
12A2.7	1,5	-	côte	24,8	3,2	-19,31	14,06
10A1	1,5	-	côte	23,4	3,2	-16,99	13,36
10A1.8	2	-	côte	24,0	3,2	-21,11	12,25
12A2.11E	2	-	côte	23,2	3,2	-20,95	12,97
8C2.1#3	2	-	côte	21,5	3,2	-20,31	11,09
10A1.14	2	-	côte	11,8	3,3	-19,91	10,50
12A2.10#2	3-4	-	côte	14,1	3,3	-21,22	12,68
8F1.6	3-4	-	côte	15,6	3,3	-20,57	10,14
12A2.5E	3-4	-	côte	8,6	3,4	-20,56	10,43
8F1.7	3-4	-	côte	12,6	3,4	-20,18	11,45
12A2.13	3-4	-	côte	22,9	3,2	-20,17	10,38
12A2.3	5-7	-	côte	9,1	3,4	-20,72	10,51
8F1.4#3	5-7	-	clavicule	19,8	3,5	-20,24	10,23
10A1.13	5-7	-	côte	18,0	3,3	-20,22	10,32
12A2.14B-C	11-13	-	côte	15,5	3,2	-19,58	11,47
14B2	14-17	-	phalange	14,7	3,2	-19,42	11,52
14B10	18-22	F	côte	24,7	3,2	-21,22	10,28
10A1.1A	18-22	F	côte	6,1	3,6	-20,33	11,41
14B6	18-22	PH	côte	13,5	3,2	-19,84	11,65
8E2.2	18-22	H	côte	12,5	3,3	-19,41	10,37
14B4	18-22	H	côte	9,3	3,5	-19,37	11,99
8E2.3	23-35	F	métatarse	16,9	3,4	-20,27	12,20
12A2.12	23-35	H	côte	12,0	3,3	-20,16	10,61
8F1.1	23-35	F	ulna, diaphyse	14,3	3,3	-20,00	12,14
14B9	23-35	F	métatarse	23,0	3,3	-19,79	11,00

**Annexe I.** Résultats des analyses isotopiques du carbone et de l'azote et des tests de validité des échantillons pour chaque individu de la population de Saint-Matthew.

## Annexe I (suite) :

Individu	Âge	Sexe	Échantillon	Produit d'extraction (%)	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
11A2.2	23-35	H	côte	16,4	3,3	-19,29	12,41
14B3	23-35	F	côte	23,3	3,3	-19,19	11,66
14B12	23-35	PH	côte	22,2	3,2	-19,04	11,89
11A2.3	23-35	PF	côte	17,9	3,4	-18,39	12,21
8F1.12	36-50	H	côte	14,9	3,3	-20,72	11,19
12A2.5	36-50	PH	côte	5,4	3,5	-20,65	11,10
10A1.16D	36-50	H	côte	14,3	3,3	-20,06	11,01
12A2.2A	36-50	F	côte	23,4	3,2	-20,00	12,33
8F1.10	36-50	PF	côte	9,8	3,5	-19,98	11,42
12A2.14A	36-50	F	côte	12,4	3,3	-19,95	12,88
8F1.11	36-50	F	côte	15,5	3,3	-19,88	10,75
11A2.6	36-50	F	fémur, diaphyse	21,8	3,2	-19,72	13,32
12A2.4A	36-50	F	côte	21,2	3,2	-19,58	11,27
8C2.1#1	36-50	H	côte	23,6	3,2	-19,49	11,37
14C4	36-50	PH	côte	13,9	3,3	-19,42	11,36
10A1.11	36-50	PH	côte	24,0	3,2	-19,36	13,17
11A2.6B	36-50	PF	métacarpe	18,7	3,3	-19,30	11,94
10A1.7	36-50	H	côte	24,7	3,2	-19,03	11,25
11A2.10	36-50	F	côte	23,9	3,3	-19,01	11,76
8F1.8	36-50	H	côte	9,0	3,4	-18,96	12,10
8C2.1#2	36-50	F	côte	17,7	3,3	-18,35	12,60
10A1.16B	36-50	H	phalange	15,6	3,3	-18,34	11,46
14B5	36-50	H	côte	5,4	3,4	-18,00	11,83
8F1.9	36-50	H	côte	13,4	3,3	-17,34	12,58
11A2.8	36-50	H	côte	13,3	3,4	-16,78	10,80
14B8	51+	F	côte	8,3	3,3	-20,47	10,92
8F1.2	51+	PH	côte	6,6	3,4	-20,25	10,24
8F1.4	51+	H	côte	18,6	3,2	-20,07	11,90
10A1.4	51+	F	côte	23,1	3,2	-19,97	11,52
12A2.11A	51+	H	côte	8,4	3,4	-19,95	11,94
8D2.1	51+	H	côte	12,8	3,3	-19,80	11,06
10A1.12	51+	H	côte	10,8	3,3	-19,40	10,89
11A2.7	51+	PH	côte	23,2	3,3	-19,33	12,41
11A2.6C	51+	F	côte	24,7	3,3	-19,03	10,37
10A1.16C	51+	F	côte	22,3	3,3	-18,35	11,39
10A1.2	51+	H	côte	16,4	3,2	-17,84	12,95
8F1.3	51+	PH	côte	11,5	3,4	-17,33	13,19
10A1.16A	ind.	PF	phalange	24,7	3,2	-20,23	11,88
11A2.6A	ind.	F	métacarpe	14,2	3,4	-19,68	12,46
14B11	ind.	PF	côte	9,2	3,4	-18,73	11,47



Individus	Sexe	Âge	Éch. isot.	Crib. orb.	Hyp. por.	Hyp. ém.	Pér.	Lés. end.	Taux ind. de caries	Taux ind. car.+dpam	Commentaires
10A1.1#2	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
10A1.15	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
10A1.3#2	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
12A2.8B	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
12A2.8C	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
12A2.9#2	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
8F1.1#2	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
8F1.4#2	-	0	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
11A2.10#2	-	0,5		3	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
14B7#1	-	0,5		ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
8E2.4	-	0,5	X	0	ind	ind	0	ind	ind	ind	
8F1.2#2	-	0,5	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
10A1.3#3	-	1		ind	ind	ind	ind	1	ind	ind	Plaques d'os nouveau gris et poreux sur la surface exocrânienne.
12A2.2E	-	1	X	ind	ind	0	ind	ind	ind	ind	
12A2.4E	-	1	X	2	0	0	ind	1	0	0	Plaques d'os nouveau gris et poreux sur la surface exocrânienne.
8F1.4#1	-	1,5	X	ind	ind	ind	0	ind	ind	ind	
10A1	-	1,5	X	1	1	0	ind	1	0	0	Plaques d'os nouveau gris et poreux sur la surface exocrânienne.

**Annexe II.** Données paléopathologiques utilisées pour l'étude intrapopulationnelle de la population de Saint-Matthew. Les individus sont classés par âges croissants. Ech. isot. = échantillon pour analyse isotopique présent quand coché (se référer à l'annexe I) ; crib. orb. = cribra orbitalia (degrés de sévérité) ; hyp. por = hyperostose porotique (degrés de sévérité) ; hyp. ém. = hypoplasie de l'émail dentaire (degrés de sévérité) ; pér. = périostite (degrés de sévérité) ; lés. end. = lésions endocrâniennes (0 = absentes, 1 = présentes) ; taux ind. car.+dpam = taux individuels de caries et de dents perdues *ante-mortem* (fréquences) : ind = indéterminé.



## Annexe II (suite) :

Individus	Sexe	Âge	Éch. isot.	Crib. orb.	Hyp. por.	Hyp. ém.	Pér.	Lés. end.	Taux ind. de caries	Taux ind. car. +dpam	Commentaires
12A2.13	-	3-4	X	2	0	0	3	0	29,4	29,4	Fémur droit légèrement courbe et métaphyse légèrement évaisée, faible résorption alvéolaire du maxillaire et de la mandibule.
12A2.6	-	3-4		2	0	0	ind	1	38,9	38,9	Plaques d'os nouveau gris et poreux sur la surface exocrânienne, porosité au niveau de la glabelle, maxillaire et mandibule poreux ( <i>post-mortem</i> ?).
8F1.6	-	3-4	X	3	3	0	1	0	0,0	0,0	Légère résorption alvéolaire, faible porosité du processus coronoïde de la mandibule
8F1.7	-	3-4	X	3	1	0	2	1	20,0	20,0	Résorption alvéolaire des dents antérieures, porosité du palais, du processus coronoïde de la mandibule, de la scapula (zone supra-épineuse), plaques d'os nouveau sur la surface exocrânienne, légère porosité du sphénoïde
12A1.14	-	5-7		2	1	ind	ind	0	ind	ind	Résorption alvéolaire sur le maxillaire.
10A1.13	-	5-7	X	3	0	2	2	0	2,9	2,9	Légère porosité du sphénoïde, faible résorption alvéolaire avec caries sur la racine des dents.
8F1.4#3	-	5-7	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
12A2.3	-	5-7	X	3	1	2	1	0	8,3	8,3	Résorption alvéolaire marquée, surtout au niveau des dents antérieures du maxillaire.
14B7#2	-	5-7		ind	ind	0	ind	ind	ind	ind	
10A1.5	-	8-10		2	1	0	ind	0	ind	ind	Résorption alvéolaire marquée au niveau des dents antérieures du maxillaire et porosité de l'os avoisinant, porosité du palais et du sphénoïde (légère).
8E2.2#2	-	11-13		ind	ind	2	ind	ind	ind	ind	
12A2.14BC	-	11-13	X	3	1	2	2	0	40,7	42,9	Légère résorption alvéolaire au niveau du maxillaire.
8F1.14	-	11-13		2	ind	1	ind	1	20,0	20,0	Légère porosité du maxillaire.
14B2	-	14-17	X	ind	ind	ind	1	ind	ind	ind	

## Annexe II (suite) :

Individus	Sexe	Âge	Éch. isot.	Crib. orb.	Hyp. por.	Hyp. ém.	Pér.	Lés. end.	Taux ind. de caries	Taux ind. car.+dpam	Commentaires
10A1.1A	F	18-22	X	3	1	2	2	0	56,7	59,4	
8E2.2	H	18-22	X	0	1	3	1	0	53,6	55,2	Porosité du zygomatique droit.
14B10	F	18-22	X	3	1	ind	0	0	ind	ind	
14B4	H	18-22	X	1	2	2	ind	0	15,4	15,4	Extrémité proximale du radius déformée.
14B6	PH	18-22	X	1	2	2	4	0	34,5	34,5	Fracture guérie de la clavicule gauche.
8E2.3	F	23-35	X	ind	ind	3	2	ind	70,0	72,7	
11A2.2	H	23-35	X	ind	1	1	ind	0	62,5	62,5	Arthrose au niveau des vertèbres lombaires.
11A2.3	PF	23-35	X	1	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
8F1.1	F	23-35	X	1	0	2	2	0	23,8	23,8	
12A2.12	H	23-35	X	2	2	2	2	0	66,7	66,7	Arthrose au niveau des vertèbres thoraciques et lombaires.
14B12	PH	23-35	X	1	2	0	0	0	41,2	41,2	Fracture guérie de la diaphyse du fémur droit, mal alignée, avec raccourcissement de l'os.
14B9	F	23-35	X	2	1	1	0	0	34,8	40,0	
14B3	F	23-35	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
10A1.16B	H	36-50	X	ind	ind	ind	3	ind	ind	ind	Malléole de la fibula gauche soudée au tibia au niveau de l'extrémité distale de l'os, processus en cours de réalisation du côté gauche étant donné le fort remodelage osseux, les phalanges des pieds ont également subi du remodelage osseux.
10A1.16D	H	36-50	X	3	2	1	3	0	0,0	0,0	Agénésie des P <sub>2</sub> : les m <sub>2</sub> sont restées en place.
8F1.11	F	36-50	X	1	1	1	2	0	81,3	84,2	

## Annexe II (suite) :

Individus	Sexe	Âge	Éch. isot.	Crib. orb.	Hyp. por.	Hyp. ém.	Pér.	Lés. end.	Taux ind. de caries	Taux ind. car.+dpam	Commentaires
11A2.10	F	36-50	X	1	2	1	ind	0	17,4	20,8	
8F1.12	F	36-50	X	2	3	1	3	0	0,0	4,2	Fibula gauche courbe.
8C2.1#2	F	36-50	X	0	0	2	2	1	33,3	35,5	
11A2.8	H	36-50	X	2	1	3	2	0	24,0	26,9	
14C4	PH	36-50	X	ind	ind	3	3	ind	14,3	20,0	
11A2.6B	PF	36-50	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
12A2.2A	F	36-50	X	1	2	3	4	0	27,3	36,0	Fracture guérie du tibia avec cal osseux.
12A2.4A	F	36-50	X	1	0	3	ind	0	36,4	56,3	Plaques d'os nouveau gris et poreux sur la surface interne de quelques côtes droites.
8F1.10	PF	36-50	X	3	1	1	2	0	30,8	30,8	Arthrose au niveau des vertèbres thoraciques.
8F1.9	H	36-50	X	1	3	2	2	0	16,7	21,9	Remodelage osseux au niveau du foramen magnum, des condyles occipitaux et de l'atlas.
10A1.11	PH	36-50	X	0	1	2	ind	0	46,2	54,8	
11A2.6	F	36-50	X	1	2	ind	ind	1	ind	ind	
12A2.5	PH	36-50	X	ind	ind	ind	3	ind	ind	ind	Fracture guérie du tibia avec cal osseux.
8C2.1#1	H	36-50	X	0	0	0	3	0	20,0	46,7	Traumatisme et infection associée au poignet droit : carpes proximaux soudés entre eux, et remodelage des extrémités distales du radius et de l'ulna, fractures guéries d'une côte gauche et du métacarpe I droit, arthrose au niveau des hanches, des vertèbres, du poignet et des mains.
10A1.7	H	36-50	X	1	2	3	3	0	44,4	44,4	Arthrose au niveau des hanches et des vertèbres cervicales et thoraciques.

## Annexe II (suite) :

Individus	Sexe	Âge	Éch. isot.	Crib. orb.	Hyp. por.	Hyp. ém.	Pér.	Lés. end.	Taux ind. de caries	Taux ind. car.+dpam	Commentaires
12A2.14A	F	36-50	X	ind	1	ind	3	0	ind	100	
14B5	H	36-50	X	0	0	2	1	0	20,0	22,6	Fracture des côtes guérie.
8F1.8	H	36-50	X	ind	ind	ind	3	ind	ind	ind	
10A1.12	H	36-50	X	1	2	1	2	0	30,0	58,8	
10A1.16C	F	51+	X	ind	ind	ind	3	ind	ind	ind	
10A1.4	F	51+	X	ind	ind	ind	3	ind	ind	ind	
8D2.1	H	51+	X	0	2	3	1	0	9,7	9,7	
14B8	F	51+	X	ind	ind	ind	ind	ind	ind	ind	
8F1.2	PH	51+	X	3	2	2	4	0	73,3	73,3	
8F1.3	PH	51+	X	4	1	2	4	1	23,3	23,3	
10A1.2	H	51+	X	1	2	0	3	0	17,2	25,0	Fracture guérie de la diaphyse proximale de la fibula droite avec déformation de l'épiphyse proximale. Porosité de la surface antérieure des zygomatiques, arthrose au niveau des vertèbres thoraciques.
12A2.11A	H	51+	X	1	0	3	4	0	44,4	48,3	
8F1.4	H	51+	X	3	1	ind	3	0	ind	100	Arthrose au niveau des vertèbres cervicales, thoraciques et lombaires, des épaules, des hanches et des mains.
10A1.5#2	F	51+		1	1	ind	ind	0	ind	ind	
11A2.7	PH	51+	X	1	0	1	ind	0	57,1	81,3	Fracture de deux côtes guérie, mal alignée, arthrose au niveau des vertèbres cervicales.
11A2.6C	F	51+	X	2	ind	ind	ind	ind	ind	100	Arthrose au niveau des vertèbres cervicales et thoraciques.

Annexe II (suite) :

Individus	Sexe	Âge	Éch. isot.	Crib. orb.	Hyp. por.	Hyp. ém.	Pér.	Lés. end.	Taux ind. de caries	Taux ind. car.+dpam	Commentaires
10A1.16A	PF	ind	X	ind	ind	ind	2	ind	ind	ind	
11A2.6A	F	ind	X	2	1	2	ind	0	80,0	87,5	
14B11	PF	ind	X	2	1	3	ind	0	7,7	7,7	

