

Université de Montréal

Immigration et alimentation à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles : Essai d'interprétation à partir d'analyses isotopiques sur des populations archéologiques

Par

Jacinthe Vigeant

Département d'anthropologie

Faculté des arts et sciences

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

Août 2012

© Jacinthe Vigeant, 2012

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :
Immigration et alimentation à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles : Essai d'interprétation à
partir d'analyses isotopiques sur des populations archéologiques

Présenté par
Jacinthe Vigeant

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Président-rapporteur : Michelle Drapeau

Directeur de recherche : Isabelle Ribot

Codirecteur de recherche : Jean-François Hélié

Membre du Jury : Brad Loewen

Résumé

Afin d'étudier l'influence de la migration sur l'alimentation à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles, 64 individus de la collection du cimetière Notre-Dame, daté de 1691 à 1796, ont fait l'objet d'analyses ostéologiques et isotopiques. Les analyses isotopiques ont portées sur le carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et l'azote ($\delta^{15}\text{N}$) du collagène des os, ainsi que sur le $\delta^{13}\text{C}$ et l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) du carbonate de l'apatite des os et des dents (prémolaires et troisièmes molaires). Le $\delta^{18}\text{O}$ des dents a permis de définir approximativement trois régions d'origine (région de Montréal, région enrichie en ^{18}O (i.e. Acadie, Louisiane, Nouvelle-Angleterre, France, Antilles et Afrique) et région appauvrie en ^{18}O (intérieur des terres et plus au nord) pour 58 individus, et sept possibles parcours migratoire (N=27). Plus de la moitié de l'échantillon est composé d'individus possiblement natifs de Montréal (55 %). De plus, les résultats indiquent que les gens étaient peu mobiles avant l'âge de 16 ans. Toutefois, 12 individus ont entrepris des déplacements entre 7 et 16 ans, majoritairement d'un environnement enrichi vers Montréal (N=5) ou de Montréal vers une région appauvrie (N=5). L'âge de recrutement des mousses sur les navires, la traite de la fourrure, la coupe du bois et possiblement aussi l'esclavage pourraient expliquer cette « jeune » migration. Sur le plan alimentaire, les végétaux de type C_3 , la viande nourrie aux ressources C_3 et le poisson faisaient partie du menu montréalais. Les plantes C_4 (majoritairement maïs mais aussi sucre de canne [rhum]) étaient consommées en quantité variable. La question de l'influence de la migration sur l'alimentation n'a pu être explorée en profondeur en raison de contraintes liées à la contamination du $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des os. La combinaison des données ostéologiques et isotopiques à la distribution spatiale des sépultures, a permis d'étudier un aspect de l'archéologie funéraire à l'échelle individuelle (identité possible), sans toutefois fournir de résultats probants, à l'échelle du cimetière et de son organisation globale.

Mots clés : alimentation, carbone, isotope, mobilité, Montréal, Nouvelle-France, oxygène, XVII^e siècle, XVIII^e siècle.

Abstract

In order to study whether the migration had an influence on diet in Montréal during the 17th and 18th centuries, 64 human skeletons from Notre-Dame cemetery were used for osteological and isotopic analysis. The latter was carried on bone collagen (carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$)) and on carbonate apatite ($\delta^{13}\text{C}$ and oxygen ($\delta^{18}\text{O}$)) from bone and tooth (premolars and third molars). $\delta^{18}\text{O}$ obtained on the two types of teeth revealed approximately three origins (Montréal, region enriched in ^{18}O (i.e. Acadia, Louisiana, France, New England, Antilles and Africa) and region depleted in ^{18}O (inland or northern territories)) for 58 persons. Seven possible mobility patterns were also proposed (N=27). More than half of the sample was born in Montreal (55%). It appears that people were often not mobile under the age of 16. However, 12 of the specimens migrated from an ^{18}O enriched environment to Montréal (N=5) or from Montréal to a more ^{18}O depleted area (N=5). The recruiting age of the French “mousses” on transatlantic ships, the fur trade, the wood industry and possibly the slavery could explain that migration at a young age. The diet included C_3 plants, meat from animal fed on C_3 plants and fish. People of Montreal consumed C_4 resources (mostly maize, but sugar cane too as in rum) in different proportions. We were unable to explore thoroughly whether the migration had an influence on diet due to biases related to the $\delta^{18}\text{O}$ of bone carbonate apatite. Combining data from different sources (osteology, isotopes and spatial organization of the cemetery) allowed us to address issues related to funerary archaeology on an individual level (possibly identity), without any concluding results on a broader level (organization of the cemetery).

Key words: 17th century, 18th century, carbon, immigration, isotope, oxygen, Montreal, New France, nutrition

Table des matières

Résumé	i
Abstract	ii
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	xi
Remerciements	xvii
Introduction	1
CHAPITRE 1 Vie et mort à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles	5
1.1. L'établissement colonial	5
1.1.1. L'immigration européenne de 1642 à 1800.....	5
1.1.1.1 L'immigration de force : la présence d'esclaves à Montréal	7
1.1.2. La mobilité en Nouvelle-France.....	7
1.1.3. La natalité à Montréal.....	8
1.2. Le régime alimentaire en Nouvelle-France	8
1.3. Mourir à Montréal	10
1.3.1. Le cimetière paroissial de la première église de Notre-Dame.....	11
1.3.1.1. Distribution spatiale des sépultures dans le cimetière paroissial.....	12
1.4. Conclusion	13
CHAPITRE 2 Apport de la géochimie des isotopes stables aux questions de migration et de paléonutrition en bioarchéologie humaine	14
2.1. Principe de la géochimie des isotopes stables	14
2.2. Le squelette comme matériel d'étude	15
2.2.1. Les os.....	15
2.2.2. Les dents.....	16

2.3. Les isotopes stables et la paléonutrition.....	17
2.3.1. Introduction du carbone dans la chaîne alimentaire	17
2.3.2. Introduction de l'azote dans la chaîne alimentaire	17
2.3.3. Diffusion du carbone et de l'azote dans la chaîne alimentaire.....	18
2.3.4. Sommes-nous ce que nous mangeons?.....	19
2.3.5. Confronter les $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ pour mieux comprendre la paléonutrition.....	20
2.3.6. Le régime alimentaire des individus de Notre-Dame	22
2.4. Les isotopes stables et la migration	23
2.4.1. Variation mondiale du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de précipitation.....	24
2.4.2. Incorporation de l'oxygène au tissu humain.....	25
2.4.2.1. Les effets de l'alimentation sur le $\delta^{18}\text{O}$	25
2.5. Conservation des tissus humains en contexte archéologique.....	26
2.6. Problématiques de recherche centrale et secondaire.....	27
2.6.1. Problématique centrale : géochimie des isotopes et bioarchéologie humaine	27
2.6.2. Problématique secondaire : géochimie des isotopes et archéologie funéraire	31
2.7 Conclusion.....	31
 CHAPITRE 3 Matériels et méthodes.....	 33
3.1. Matériels.....	33
3.1.1. Échantillon du cimetière de la première église paroissiale de Notre-Dame	33
3.1.2. Échantillon comparatif d'un cimetière français contemporain	35
3.2 Méthodes.....	36
3.2.1. Analyse ostéologique de la collection de Notre-Dame	36
3.2.1.1. Estimation de l'âge au décès	36
3.2.1.1.1. Les individus immatures anatomiquement.....	36
3.2.1.1.2. Les individus matures	37
3.2.1.2. Détermination du sexe	40
3.2.2. Analyse géochimique	42
3.2.2.1. Traitement pour obtenir du collagène	42
3.2.2.2. Traitement pour obtenir du carbonate de l'apatite.....	43
3.2.3. Analyse spatiale	44

3.2.4. Traitement des données	44
3.3 Conclusion.....	45
CHAPITRE 4 Résultats et discussion	46
4.1. Problématique de recherche centrale : géochimie des isotopes et bioarchéologie humaine.....	46
4.1.1 Quelle est l'identité des individus inhumés au cimetière Notre-Dame?.....	46
4.1.2. Quel est le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'émail des habitants de la ville de Montréal à cette période?	49
4.1.3. Montréalais d'origine ou d'immigration : quelle est l'origine géographique des individus de l'échantillon?	50
4.1.4. Quelle est l'histoire migratoire des individus de Notre-Dame?.....	54
4.1.5. Quel est le régime alimentaire des individus échantillonnés?	64
4.1.6. Comment le régime alimentaire montréalais s'inscrit-il dans son milieu et dans son époque?	72
4.1.7 Quel lien y a-t-il entre l'origine géographique et l'alimentation durant la jeunesse? Quel lien y a-t-il entre l'origine géographique et l'alimentation à l'âge adulte?	77
4.1.8. Le régime alimentaire varie-t-il en fonction du parcours migratoire?	83
4.2. Objectif secondaire : géochimie des isotopes et archéologie funéraire.....	84
4.2.1. Y a-t-il une distribution spatiale des sépultures dans le cimetière Notre-Dame?	84
CHAPITRE 5 Conclusion.....	87
Bibliographie	xviii
ANNEXE 1	xxx
A1. Principe de l'analyse au spectromètre de masse à ratios isotopiques	xxx
ANNEXE 2	xxxii
A2. Transformer le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'apatite en $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de précipitation	xxxii

ANNEXE 3	xxxiii
A3. Résultats de l'analyse ostéologique	xxxiii
ANNEXE 4	xxxix
A4. Méthode de détermination du sexe à partir des métacarpes 1 et 2 et métatarse 1	xxxix
ANNEXE 5	xlii
A5. Résultats de l'essai méthodologique de l'analyse du carbonate	xlii
A5.1. Effet du prétraitement sur le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate des os	xlii
A5.2. Effet du prétraitement sur les $\delta^{18}\text{O}$ des os et de l'émail des dents	xliii
ANNEXE 6	xlvi
A6. Statistiques descriptives des compositions isotopiques	xlvi
A6.1 Collagène	xlvi
A6.2 Carbonate de l'apatite	xlvi
A6.2.1 Os	xlvi
A6.2.1.1 Différence ^{13}C collagène – ^{13}C Carbonate	xlvii
A6.2.2. Émail des dents	xlvii
ANNEXE 7	xlviii
A7. Ensemble des résultats	xlviii
ANNEXE 8	lv
A8. Tableau des compositions isotopiques en ^{13}C du carbonate en fonction de l'origine géographique et de l'histoire migratoire	lv

Liste des figures

- Figure 1. De haut en bas : Localisation des tranchées de fouilles devant le parvis de la basilique Notre-Dame, fouilles dans la tranchée de la rue Saint-Sulpice et exemples d'inhumation perturbée. Reproduit avec l'accord d'Arkéos (2008)..... 1
- Figure 2. Carte de la France indiquant la distribution des colons selon leur lieu d'origine, pour mille immigrants. Tiré de Charbonneau 1975 6
- Figure 3. Profil démographique et de mortalité de Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles avec épisodes épidémiques..... 10
- Figure 4. Profil de mortalité des individus de plus de 2 ans répertoriés dans le registre de la paroisse Notre-Dame entre 1691 et 1796 11
- Figure 5. Période de formation de la couronne des dents permanentes. Modifié de Scheid (2007) 16
- Figure 6. Graphique des $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ d'aliments consommés en Amérique du Nord. Modifié de Schoeninger Schoeninger et coll. (1983)..... 19
- Figure 7. Modèle linéaire de Kellner et Schoeninger (2007) qui combine $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ pour déterminer la source de protéines et de glucides de l'alimentation 22
- Figure 8. Distribution mondiale des compositions isotopiques en ^{18}O en 2003. Tiré de Waterisotopes.org 24
- Figure 9. Échantillons de dents et d'os sélectionnés pour montrer la conservation différentielle des individus 34
- Figure 10. Photographies des ossements d'animaux échantillonnés dans le cadre de l'étude.. 35

Figure 11. Distribution de fréquence par sexe pour l'échantillon de Notre-Dame.....	47
Figure 12. Distribution par fréquence des éléments échantillonnés en fonction du sexe des individus, cimetièrre Notre-Dame.....	47
Figure 13. Distribution des âges au décès de l'échantillon du cimetière Notre-Dame	48
Figure 14. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires, selon le sexe et le groupe d'âge, échantillon de Notre-Dame	52
Figure 15. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires reliées à l'âge préadulte de l'échantillon de Notre-Dame, en fonction de l'âge au décès et du sexe de l'échantillon de Notre-Dame	55
Figure 16. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires de l'échantillon de Notre-Dame en fonction de l'âge au décès et du sexe des individus	57
Figure 17. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires en fonction de l'âge au décès et du sexe de l'échantillon de Notre-Dame.....	57
Figure18. Graphique de la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ combinées des prémolaires et des molaires. Les bandes bleues représentent les teneurs isotopiques associées à Montréal.	61
Figure 19. Confrontation des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et des $\delta^{15}\text{N}$ des individus et des animaux de Notre-Dame (1691-1796).....	65
Figure 20. Distribution des $\Delta \delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame, en fonction de l'âge au décès et du sexe.....	69
Figure 21. Distribution des $\delta^{13}\text{C}$ du collagène et du carbonate des populations archéologiques en fonction du modèle linéaire de Kellner et Schoeninger 2007 (N= 43).....	70

Figure 22. Comparaison de la distribution combinée des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{15}\text{N}$ de Notre-Dame avec une population française contemporaine, des populations autochtones et des populations coloniales américaines.....	74
Figure 23. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame, d'une population française contemporaine, de populations autochtones et de populations coloniales américaines en fonction du modèle linéaire de Kellner et Schoeninger (2007).....	76
Figure 24. Distribution des teneurs isotopiques en $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires en fonction de l'origine géographique	78
Figure 25. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des troisièmes molaires en fonction de l'origine géographique	79
Figure 26. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os de l'échantillon de Notre-Dame en fonction de l'origine géographique	80
Figure 27. Distribution des $\delta^{15}\text{N}$ de l'échantillon de Notre-Dame en fonction de l'origine géographique.....	80
Figure 28. Distribution des $^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des individus originaires d'une région enrichie en ^{18}O ...	82
Figure 29. Distribution des $^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires, des troisièmes molaires et des os selon le parcours migratoire.....	84
Figure 30. Plan du cimetière Notre-Dame, avec distribution des sépultures échantillonnées. Le sexe, le groupe d'âge au décès et l'histoire de mobilité (origine géographique ou parcours migratoire) sont ajoutés.....	86
Figure 31. Illustration du principe du spectromètre de masse à ratios isotopiques. Image tirée de Isoprime-EA User Manual.....	xxx

Figure 32. Mesures prises sur les MC et MT lors de l'analyse discriminante visant à déterminer le sexe des individus de la collection de Notre-Dame. Exemple sur un MC2 tiré de Lazenby 2002..... xxxix

Figure 33. Distribution comparée des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame selon le prétraitement: avec ou sans acide acétiquexlii

Figure 34. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires et troisièmes molairesxliv

Figure 35. Distribution comparée des $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des os obtenus selon le prétraitement: avec ou sans acide.....xliv

Liste des tableaux

Tableau I. Variété d'aliments consommés à Montréal durant la période préindustrielle. Tiré de Desloges 2009, Fournier 2004 et Trudel 2001	9
Tableau II. Éléments analysés, leurs isotopes stables principaux et l'abondance de chacun dans l'atmosphère	14
Tableau III. Méthode de détermination de la source de carbone de l'alimentation développée par Harrison et Katzenberg (2003).....	21
Tableau IV. Tableau des aliments consommés par les Montréalais aux XVII ^e et XVIII ^e siècles avec élément ou méthode permettant des distinguer.....	23
Tableau V. Effet de la préparation des aliments sur le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate. Tiré de Brettell et collègues (2012)	25
Tableau VI. Synthèse des avantages/limites des isotopes stables, des interprétations possibles et des questions abordées dans cette étude, grâce à l'analyse de la teneur isotopique en carbone, en azote et en oxygène des os et des dents	32
Tableau VII. Distribution par fréquence de l'échantillon de dents selon qu'elles sont isolées, accompagnées d'une troisième molaire (M3) ou d'un os ou associées à une 3 ^e molaire et à l'os de la mâchoire	34
Tableau VIII. Synthèse des méthodes d'estimation de l'âge des individus immatures de la présente étude.....	37
Tableau IX. Synthèse de la méthode d'estimation au décès basée sur l'usure dentaire de Lovejoy (1985).....	38

Tableau X. Synthèse des méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes basée sur la dégénérescence osseuse.....	39
Tableau XI. Synthèse des méthodes de détermination du sexe des individus matures	41
Tableau XII. Profil de mortalité par groupe d'âge au décès comparé entre le registre de la paroisse Notre-Dame (entre 1691 et 1796) et l'échantillon provenant du cimetière Notre-Dame (1691-1796). * 54 % des défunts ont moins de 2 ans.....	48
Tableau XIII. Distribution de la fréquence des sexes en fonction de l'âge au décès des individus de l'échantillon de Notre-Dame (1691-1796).....	49
Tableau XIV. Comparaison de moyennes de t de Student confrontant les teneurs isotopiques en ^{18}O des prémolaires selon le sexe pour l'échantillon de Notre-Dame.....	51
Tableau XV. Analyse de variance des moyennes des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires, en fonction du groupe d'âge au décès, pour l'échantillon de Notre-Dame	51
Tableau XVI. Distribution des individus selon leur région d'origine en fonction du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame	53
Tableau XVII. Distribution des individus selon leur région d'origine en fonction du sexe et du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame	53
Tableau XVIII. Comparaison de moyenne de t de Student confrontant les $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires selon le sexe pour l'échantillon de Notre-Dame	54
Tableau XIX. Analyse de variance Anova des $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires, en fonction du groupe d'âge au décès, pour l'échantillon de Notre-Dame	54
Tableau XX. Distribution des individus selon la région où ils demeuraient durant leur période préadulte en fonction du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame	56

Tableau XXI. Distribution des individus selon leur région d'origine en fonction du sexe et du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame	56
Tableau XXII. Tableau croisé des origines géographiques des prémolaires et des troisièmes molaires afin de déterminer les parcours migratoires effectués par les individus échantillonnés, entre 7 et 16 ans	60
Tableau XXIII. Tableau de synthèse des parcours migratoires selon le sexe et l'âge au décès des individus de l'échantillon de Notre-Dame (1691-1796).....	63
Tableau XXIV. Analyse de variance Anova confrontant la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os et des $\delta^{15}\text{N}$ en fonction de l'âge au décès pour l'échantillon de Notre-Dame	64
Tableau XXV. Comparaison de moyenne de t de Student de la distribution du $^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et du ^{15}N dans l'échantillon de Notre-Dame (1691-1796) en fonction du sexe	65
Tableau XXVI. Comparaison de moyennes de t de Student entre le $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et le $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame en fonction du sexe.....	68
Tableau XXVII. Analyse de variance Anova des différences entre le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène et le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate de Notre-Dame en fonction du groupe d'âge au décès	68
Tableau XXVIII. Liste des sites servant à la comparaison pour l'alimentation locale et contemporaine.....	73
Tableau XXIX. Comparaison de moyenne de t de Student confrontant les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{15}\text{N}$ des échantillons de Notre-Dame (1691-1796) et de La Rochelle (1765-1792).....	76
Tableau XXX. Analyse de variance Anova de la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des dents et des os et du $\delta^{15}\text{N}$ en fonction de l'origine géographique	78

Tableau XXXI. Analyse de variance Anova de la distribution des $^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os selon la région géographique d'origine	81
Tableau XXXII. Test <i>post hoc</i> de la différence la moins significative effectué pour cibler la source de la différence perçue statistiquement entre les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des dents de la petite enfance, des M3 et des os pour la région enrichie en ^{18}O	81
Tableau XXXIII. Analyse de variance Anova de la distribution des teneurs isotopiques en ^{13}C des prémolaires, des troisièmes molaires et des os en fonction du parcours migratoire	83
Tableau XXXIV. Test Anova de la distribution des teneurs isotopique en ^{18}O selon la zone d'inhumation.....	85
Tableau XXXV. Synthèse des individus ayant un schéma de mobilité d'intérêt	90
Tableau XXXVI. Synthèse des individus ayant une possible origine amérindienne.....	91
Tableau XXXVII. Synthèse des individus ayant migrés à l'âge préadulte d'une région enrichie en ^{18}O	91
Tableau XXXVIII. Synthèse des individus ayant un possible lien de parenté	92
Tableau XXXIX. Synthèse des individus présentant une alimentation variant de la moyenne de Notre-Dame	93
Tableau XL Test d'égalité des moyennes des groupes de l'analyse discriminante des MC1, MC2 et MT1 pour la détermination du sexe des individus de la collection ostéologique Notre-Dame (1691-1796)	xl
Tableau XLI. Résultats des fonctions discriminantes canoniques effectuées sur les MC1, MC2 et MT1 de la collection ostéologique de Notre-Dame (1691-1796).....	xl

Tableau XLII. Fonctions discriminantes produites à partir des MC1, MC2 et MT1 pour déterminer le sexe des individus de la collection Notre-Dame (1691-1796) xli

Tableau XLIII Comparaison de moyenne de t de Student confrontant les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ obtenues du prétraitement à l'acide et du prétraitement sans acidexliii

Tableau XLIV. Test t de Student confrontant les distributions des $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate de l'apatite des os selon le prétraitement avec ou sans acidexliii

Tableau XLV. Test U de Mann-Whitney pour déterminer si la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des os obtenus avec les deux prétraitements : avec acide ou sans, est identique.....xlv

À ma mère, pour avoir semé en
moi le goût de l'apprentissage

À mon père, pour l'avoir entretenu
de sa fierté

Remerciements

Je tiens à remercier tous les gens qui ont rendu la réalisation de ce mémoire de recherche possible.

Premièrement, mes directeurs de recherche : Isabelle Ribot, ma directrice de recherche, qui m'a démontré toute sa confiance dans la réalisation de ce projet et m'a poussée à me dépasser autant par sa rigueur que par ses encouragements à me faire participer à divers projets et présentations et Jean-François Hélie, directeur du laboratoire des isotopes stables au Géotop, mon codirecteur de projet de maîtrise, qui m'a gentiment pardonné mes lacunes en chimie et m'a patiemment expliqué et réexpliqué certaines notions. Merci d'avoir montré autant d'enthousiasme pour mon projet.

Je voudrais aussi remercier ces autres professionnels : Mme Isabelle Soucquet-Leroy, qui m'a permis d'analyser les squelettes provenant du cimetière hospitalier de La Rochelle, Mme Claire St-Germain, qui a identifié les ossements d'animaux présents dans la collection de Notre-Dame, professeur Alain Gagnon, qui m'a dirigé dans le vaste monde de la démographie et à Mmes Agnieszka Adamowicz, Sophie Retailleau et Andrée Dufour pour leur soutien technique et leur amitié.

Je voudrais aussi remercier le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (bourse de maîtrise numéro 766-2010-0638), le Fonds de recherche sur la société et la culture-Québec et la Congrégation des sœurs de Sainte-Anne pour leur contribution financière.

Je ne peux passer sous silence mes collègues et amis du département d'anthropologie de l'Université de Montréal sans qui ce projet ne se serait pas aussi bien déroulé : Denny, Émeline, Laurence, Luc et Judith, votre aide et votre soutien m'ont été très précieux. Finalement, j'aimerais remercier les gens de mon entourage qui croient en moi et m'appuient depuis des années : Johanne, Bruno, Amélie, Lucie, Denis, René et Karine. Merci.

Introduction

Aux XVII^e et XVIII^e siècles, Montréal est une colonie européenne en pleine expansion. Sa localisation stratégique pour le commerce de la fourrure en fait la porte d'entrée vers l'ouest (Rousseau et Béthune 1977). Plusieurs personnes s'y installent, beaucoup de gens y transitent et certains individus... y décèdent.

De 2004 à 2006 ont eu lieu, au nord et à l'est de la basilique Notre-Dame, des fouilles archéologiques qui ont mené à l'exhumation de plus de 150 individus du cimetière de la première église paroissiale de Montréal, datant de 1691 à 1796. La collection ostéologique ainsi formée est pour le moment la plus vaste associée à la métropole.

Son importance est manifeste pour l'étude des conditions de vie des premiers Montréalais. Toutefois, de multiples perturbations du site (inhumations successives durant l'utilisation du cimetière, décapage extensif de la surface de la rue Notre-Dame et travaux d'infrastructure urbaine ultérieurs à la fermeture du lieu d'inhumation), de même que les conditions lors de la fouille, ont malmené la collection ostéologique qui est fragmentaire et souvent mal individualisée. Il en résulte que les méthodes d'analyse ostéologique morphologiques et morphométriques ne s'appliquent que partiellement à la collection.

Depuis plus de 35 ans, le domaine de la bioarchéologie humaine s'est enrichi de sa collaboration avec la géochimie des isotopes stables. Des problématiques auparavant étudiées par indices indirects font maintenant l'objet de mesures directes.



Figure 1. De haut en bas : Localisation des tranchées de fouilles devant le parvis de la basilique Notre-Dame, fouilles dans la tranchée de la rue Saint-Sulpice et exemples d'inhumation perturbée. Reproduit avec l'accord d'Arkéos (2008)

C'est le cas des questions liées aux mouvements migratoires. Les études historiques bénéficient de la présence de nombreuses archives qui contiennent une multitude d'informations sur les colons européens : leur âge, leur profession, leur origine, de même que sur les premiers Montréalais (registre de naissance, de mariage et de décès, entres autres). La paroisse Notre-Dame possède d'ailleurs la majorité des registres de la ville : elle était la seule paroisse à Montréal de 1642 à 1867 et la propriétaire de l'ensemble des cimetières catholiques de la ville jusqu'en 1929. Pour la période d'utilisation du cimetière Notre-Dame (1691-1796), près de 20 000 décès sont répertoriés dans l'ensemble des cimetières de la ville; à certaines périodes, jusqu'à cinq autres lieux d'inhumations étaient utilisés (Arkéos 2008). L'identité de la majorité des individus enterrés au cimetière de Notre-Dame est inconnue; seules quelques mentions concernent les inhumations sous l'enceinte de l'église réservées aux ecclésiastiques et aux notables. Aucune précision n'existe sur les individus inhumés dans le cimetière extérieur initial ni dans l'agrandissement de 1733. La problématique secondaire de cette étude sera d'étudier la distribution spatiale des sépultures, afin de déterminer la présence de lots familiaux ou de rassemblements par origine géographique.

À ce jour, peu d'études démographiques ont porté sur la migration à Montréal. En outre, ce type de recherche s'avère laborieux : la plupart du temps, le nom des colons est simplement répertorié selon le lieu d'embarquement (Carpin 2001); il faudrait donc consulter les registres de naissance de centaines de paroisses pour déterminer les lieux d'origine. L'étude de la composition isotopique en oxygène des tissus humains en géochimie des isotopes permet d'aborder des questions concernant l'origine géographique des individus. De plus, l'analyse de tissus humains se formant à différents moments de la vie permet de tracer le parcours migratoire de la personne. Ainsi, dans cette étude, l'analyse d'une prémolaire, d'une troisième molaire et d'un os nous permettra de suivre le parcours de l'individu, de sa petite enfance jusqu'à son décès.

À ce jour, la seule analyse isotopique de l'oxygène effectuée sur une population historique canadienne a fourni des résultats mitigés (Schwarcz et coll. 1991). De plus, alors que cette

première étude portait sur le phosphate qui se trouve en abondance dans les os et se conserve bien, la présente étude analyse le carbonate qui est présent en quantité plus limitée et sujet aux problèmes de diagenèse. Il y a d'ailleurs débat sur la technique à employer pour assurer la représentativité de la composition isotopique originelle du carbonate (voir par exemple: Garvie-Lok et coll. 2004, Metcalfe et coll. 2009). L'application de notre analyse constitue donc essentiellement un essai méthodologique. Toutefois, l'avantage d'utiliser le carbonate est grand : son analyse fournit aussi la teneur isotopique en carbone. Ainsi, notre analyse nous fournira des résultats qui porteront autant sur la migration que sur l'alimentation des individus, le tout sur une longue période de leur vie.

La paléonutrition a fortement bénéficié de son association avec la géochimie des isotopes stables. En archéologie environnementale, ce type d'études s'effectue, entres autres, à partir de restes organiques, fauniques et végétaux. Ces données sont d'ailleurs essentielles pour connaître les ressources disponibles. Ainsi, nous savons qu'à Montréal, à l'alimentation de type européenne (pain de blé, ragoût de porc, lait de vache, vin et autres) s'ajoutaient des produits indigènes (melon, citrouille, maïs et produits de l'érable, entres autres). Toutefois, il semble que la consommation de ces produits locaux ait varié selon l'époque et le rang social des individus. L'analyse de la composition isotopique laissée par les aliments dans le corps humain permet d'aborder ce qui a été consommé par ces premiers Montréalais, de manière individuelle, ce qui nous permettra de répondre à notre problématique de recherche centrale : l'histoire migratoire individuelle influence-t-elle le régime alimentaire adopté par les Montréalais aux XVII^e et XVIII^e siècles?

La collection ostéologique du cimetière Notre-Dame a déjà fait l'objet d'analyses en paléonutrition à partir du collagène des os (Ribot et coll. soumis). Toutefois, dès 1981, le biais lié à l'analyse du collagène a été démontré (Sullivan et Krueger) et il est depuis recommandé de la combiner à celle du carbonate. La présente étude analysera les deux matières afin d'approfondir les connaissances sur le régime alimentaire des premiers Montréalais et de répondre à la question suivante : quelle était l'alimentation à Montréal au temps de la

Nouvelle-France? Les résultats seront ensuite comparés au régime alimentaire de populations archéologiques américaines. De plus, en raison de la prééminence de la migration française à Montréal, nous avons procédé à l'analyse d'une population contemporaine de La Rochelle, datant de 1765 à 1792, afin d'étendre notre comparaison.

Le premier chapitre de cette étude est une recherche ethnohistorique et démographique sur la mobilité et l'alimentation à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles, de même que sur les inhumations au cimetière Notre-Dame. Par la suite, le deuxième chapitre présente les bases théoriques nécessaires à la compréhension des analyses géochimiques en bioarchéologie humaine. Dans le troisième chapitre, nous présentons les échantillons analysés et décrivons les méthodes ostéologiques et géochimiques employées dans le cadre de cette recherche. Le quatrième chapitre combine la présentation des résultats et l'interprétation de ceux-ci. Finalement, dans la conclusion, nous discutons les résultats afin de mieux cerner la portée de cette recherche dans ses apports, mais aussi dans ses limites, et ainsi ouvrir de nouvelles voies de recherche pour de futures études sur la mobilité et l'alimentation.

CHAPITRE 1 Vie et mort à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles

Dans le cadre de ce premier chapitre, nous dépeindrons l'établissement colonial et l'alimentation à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles. Ces sujets sont d'importance, car ils permettent de mieux connaître la biographie des premiers Montréalais : leur identité, ainsi que leur histoire de vie. De plus, nous relaterons l'histoire du cimetière Notre-Dame et fournirons quelques précisions sur les inhumations y ayant eu cours. Nous compléterons ces données avec des précisions sur les modes d'inhumation en cours à l'époque afin de mieux comprendre l'organisation spatiale des sépultures au sein du cimetière Notre-Dame.

1.1. L'établissement colonial

L'histoire de Montréal débute en mai 1642 lorsque Paul de Chomedey sieur de Maisonneuve accompagné d'une cinquantaine de colons fonde Ville-Marie « pour la gloire de Dieu et la conversion des indigènes » (Lanctot 1942). L'entreprise est rapidement mise à mal : les Iroquois, qui contrôlent les routes de fourrure le long du Saint-Laurent, chassent les alliés amérindiens des Français et attaquent fréquemment la ville. Dix ans après la fondation de Montréal, la population stagne, les naissances et les nouveaux arrivants comblent à peine les décès. En 1651, Maisonneuve retourne en France recruter de nouveaux engagés (Linteau 2007).

1.1.1. L'immigration européenne de 1642 à 1800

La première vague de migration, jusqu'en 1680, est essentiellement composée de Français (97 %); il s'agit d'engagés, célibataires ou accompagnés de leurs familles (Naud 1997). Devant une population majoritairement masculine, entre 1663 à 1673, le gouvernement français envoie les « Filles du Roy » en Nouvelle-France; c'est l'unique migration massive de femmes en Nouvelle-France (Charbonneau et coll. 1987, Dechêne 1974, Desjardins 1990). Selon les archives, ces gens proviennent à plus de 80 % du bassin parisien et de la région de Poitou-Charentes; ils sont majoritairement des citadins, et la moitié d'entre eux proviennent des villes

de Paris, de La Rochelle et de Rouen (Charbonneau et coll. 1987, Desjardins 1990, Naud 1997). Toutefois, il faut prendre garde à ces données, car il semble, en effet, que, pour plusieurs individus, le lieu d'embarquement vers la Nouvelle-France ait été indiqué au lieu de leur contrée d'origine, souvent plutôt rurale (Carpin 2001, Naud 1997, Poussou et coll. 1998).

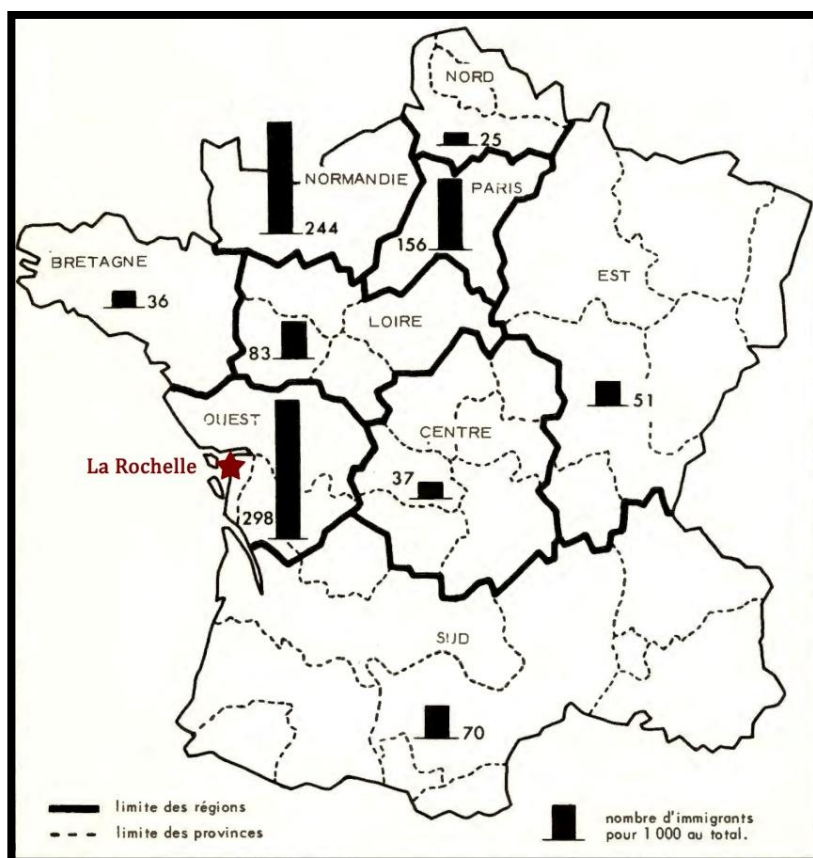


Figure 2. Carte de la France indiquant la distribution des colons selon leur lieu d'origine, pour mille immigrants. Tiré de Charbonneau 1975

Après 1680, une population est maintenant fortement implantée en Nouvelle-France et l'immigration se diversifie. La France demeure la principale source de migrants avec plus de 85 % des arrivants (provenant maintenant d'un peu partout). L'immigration en provenance des Îles Britanniques représente 5 % des nouveaux arrivants, les Européens d'autres contrées, 3 % d'entre eux et les Amérindiens et les « Noirs » 1% de cette nouvelle population (Charbonneau et coll. 1987, Naud 1997).

1.1.1.1 L'immigration de force : la présence d'esclaves à Montréal

Les individus ne s'installent pas toujours à Montréal de leur plein gré : au Québec, c'est à Montréal que se concentre l'esclavage. Jusqu'en 1834, année de l'abolition de la pratique, 1525 esclaves noirs et amérindiens ont été répertoriés (Naud 1997, Trudel 2004). Les esclaves amérindiens proviennent majoritairement de régions éloignées, surtout des Grands Lacs et au-delà du lac Supérieur et du Mississippi. Les esclaves noirs sont amenés des colonies anglaises, de la Louisiane, des Antilles et quelquefois directement d'Afrique (Trudel 2004). Le décès d'esclaves est répertorié dans le registre des sépultures de la paroisse Notre-Dame durant la période d'utilisation du cimetière Notre-Dame; toutefois, le nombre d'esclaves qui y sont inhumés n'est pas connu (Charbonneau et Légaré 1984).

1.1.2. La mobilité en Nouvelle-France

Plusieurs Montréalais proviennent d'autres régions de Nouvelle-France : ce sont des soldats démobilisés décidant de s'installer au pays ou des habitants (Dechêne 1974, Naud 1997). La mobilité interrégionale, qui représente 5 % des nouveaux arrivants après 1680, s'effectue principalement dans un mouvement vers l'ouest (Alain Gagnon, comm. pers.); 40 % de ces colons proviennent d'Acadie (Naud 1997).

Le commerce de la traite de la fourrure entraîne aussi beaucoup de mobilité, en partance de Montréal cette fois. Dès la fin des années 1650, en raison de la menace iroquoise, les commerçants décident d'envoyer des Canadiens dans les « Pays d'en Haut », afin de traiter directement les pelleteries avec les tribus établies dans les riches territoires de chasse. Très rapidement, cette pratique crée une explosion de la demande qui entraîne l'épuisement de la ressource, ce qui pousse les « coureurs des bois » à s'aventurer dans des territoires toujours plus éloignés vers l'ouest et le sud (Linteau 2007). De manière directe ou indirecte, ce commerce fait vivre un tiers de la population de la ville. L'attrait de l'aventure pousse un grand nombre de jeunes hommes à s'engager; après une ou plusieurs saisons de traite, ils reviennent s'installer et fonder une famille (Dechêne 1974, Gauvreau 1998).

1.1.3. La natalité à Montréal

D'ailleurs, le taux de natalité à Montréal est élevé avec en moyenne 9,5 enfants par femme (Gauvreau 1998). Dès 1681, plus de 60 % des 1389 Montréalais recensés (soit 888) sont nés dans la colonie. (Dechêne 1974). La population de la ville est jeune : 40 % ont moins de 15 ans, environ 50 % sont âgés de 15 à 49 ans et moins de 10 % ont plus de 50 ans (Dechêne 1974, Landry 1992).

1.2. Le régime alimentaire en Nouvelle-France

La vie à Montréal offre certains avantages : bien sûr, il arrive que la fraîcheur des aliments laisse à désirer durant l'hiver et que le printemps amène d'occasionnelles périodes de disette, mais, les conditions de vie des Canadiens demeurent meilleures que celles des paysans européens (Fournier 2004, Lanctot 1942). Ainsi, en plus de pratiquer l'agriculture, les colons peuvent chasser et pêcher dans les riches territoires de la Nouvelle-France (Fournier 2004), contrairement aux paysans français, à qui cette possibilité est interdite puisqu'ils vivent toujours sous le système féodal, dans lequel la chasse est le privilège de la noblesse (Hluszko 2009).

Le régime alimentaire des Montréalais se compose d'un mélange d'aliments européens agrémentés de produits indigènes (voir tableau I). En voyage au Canada en 1749, Pehr Kalm décrit les repas canadiens comme suit : au déjeuner, des morceaux de pain sont trempés dans de l'eau-de-vie par les hommes et accompagnée de chocolat chez les femmes; au dîner, on sert un potage fait de bouillon et de pain que l'on fait suivre de viande rôtie ou bouillie et de légumes, des laitages constituent le dessert; puis, au souper, le menu est composé de viande rôtie ou fricassée, ou de poisson grillé, accompagné d'une salade ou d'un légume selon la saison (Rousseau et Béthune 1977, Trudel 2001). Pour se désaltérer, les Montréalais boivent principalement de l'eau directement puisée à l'un des nombreux puits de la ville (Pothier 1996) et du lait de vache. L'eau de vie (parfois le rhum) et le vin sont importés pour le plaisir des plus nantis (Losier 2005). Des produits autochtones, les habitants ont surtout adopté les

produits de l'érable, la bière d'épinette et le maïs. Ce dernier constitue d'ailleurs la nourriture de base au cours des longues expéditions pour la traite de la fourrure. Moulu en farine, il se transporte aisément et constitue un met très « soutenant » lorsque mélangé à de l'eau ou à de la graisse d'ours ou de chevreuil (Rousseau et Béthune 1977).

Il ne faut toutefois pas oublier que la majorité des Montréalais sont catholiques. Pour eux, 150 jours de l'année (les vendredis, les samedis et la période du carême) sont considérés comme « maigres » et la consommation de viande y est défendue (Fournier 2004, Trudel 2001). Il semble cependant que les gens de l'époque détournaient cette interdiction en consommant du castor : cet animal vivant la majeure partie du temps dans l'eau, on considérait qu'il appartenait à la famille des poissons (Rousseau et Béthune 1977, Trudel 2001).

Tableau I. Variété d'aliments consommés à Montréal durant la période préindustrielle. Tiré de Desloges 2009, Fournier 2004 et Trudel 2001

Type d'aliment	Variété consommée
Pain	De froment ou de blé.
Viande	Bœuf, porc, agneau et gibier (ours, chevreuil, castor).
Volaille	Poulet, oie, canard et tourte.
Poisson et fruits de mer	Anguille, corégone, doré, maskinongé, bar, achigan, truite, saumon, morue, poulamon, brochet, carpe et écrevisse.
Légumes	Oignon en grande quantité, ail, betterave, carotte, cerfeuil, concombre, haricot, laitue, navet, pois, radis et maïs; la tomate et la patate sont absentes.
Fruits et noix	Amandes, noisettes, raisins secs, canneberges, cerises, fraises, framboises, groseilles, mûres, bleuets, prunes, pommes, pêches et poires; melons et citrouilles sont introduits par les Iroquoiens.
Condiments	Sel gris, poivre, moutarde, vinaigre et herbes fraîches.
Sucre	Fait à partir de l'érable à sucre ou en très petite quantité tiré de la tige du maïs.
Boisson	Eau, lait de vache (frais, bouilli ou caillé), café et chocolat, bière d'épinette, vin et eau-de-vie (parfois rhum); thé en tant que remède.

1.3. Mourir à Montréal

Ainsi, la vie est généralement bonne, d'autant plus que durant les premières décennies de la colonie, les Canadiens sont épargnés par les épidémies en raison de la faible densité de population. Toutefois, dès la fin du XVII^e siècle, la croissance démographique entraîne l'augmentation des maladies contagieuses et des décès associés (Desjardins 1996, Gagnon et Mazan 2009, Mazan 2007). Nous pouvons d'ailleurs observer sur la figure 3 les dates des diverses épidémies qui ont eu cours en Nouvelle-France durant la période d'utilisation du cimetière Notre-Dame, en lien avec la courbe de mortalité.

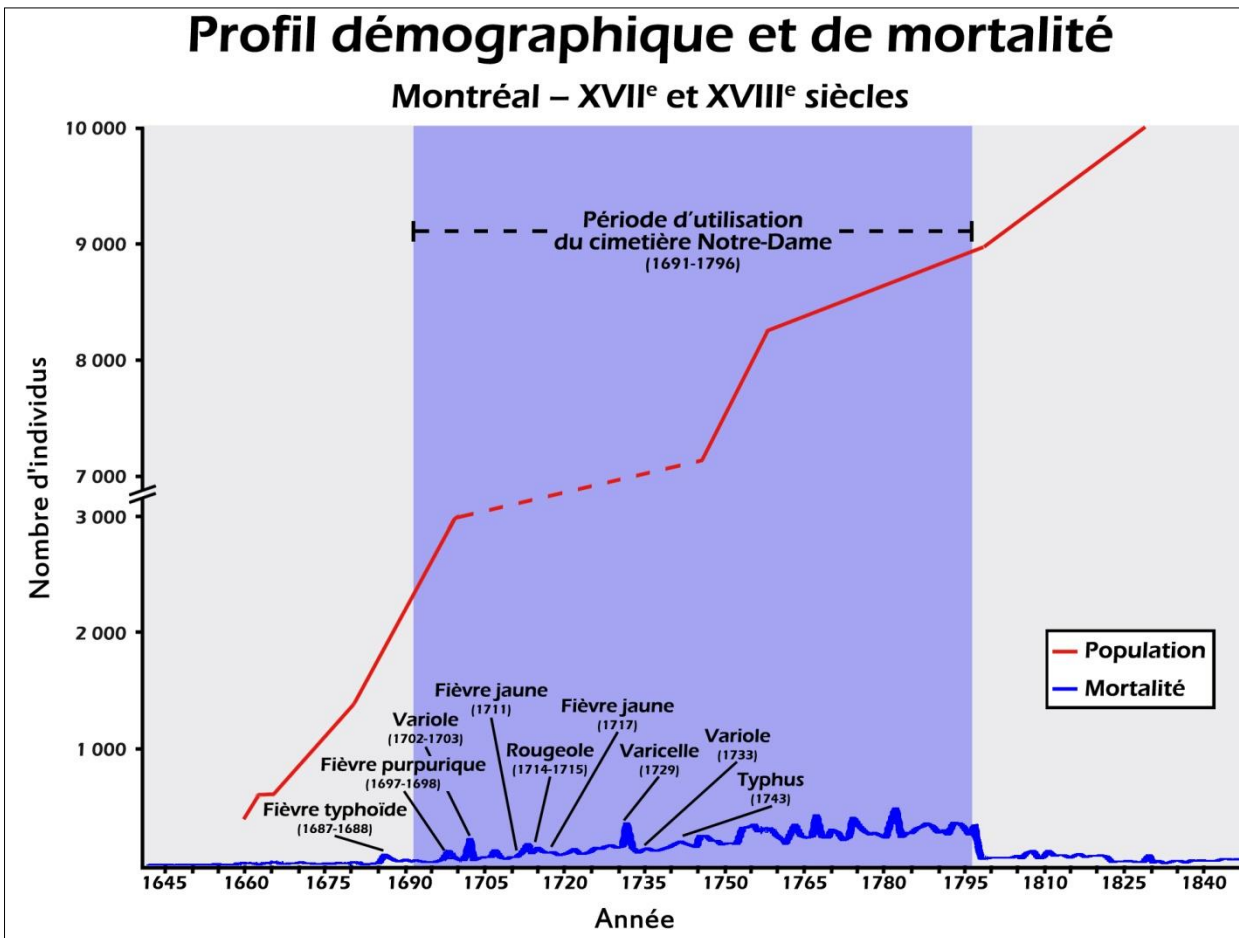


Figure 3. Profil démographique et de mortalité de Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles avec épisodes épidémiques

1.3.1. Le cimetière paroissial de la première église de Notre-Dame

La construction de la première église paroissiale de Montréal, l'église Notre-Dame, débute en 1672. Dès 1691, des inhumations sont effectuées à l'intérieur de l'église ainsi que dans le cimetière extérieur, la longeant au sud et à l'est de la nef. En 1733, la densité de sépultures entraîne l'agrandissement du cimetière vers le sud {Arkéos, 2008 #650.

Le registre de décès de la paroisse Notre-Dame pour la période couvrant l'utilisation du cimetière Notre-Dame, soit de 1691 à 1796, nous a permis de constituer le profil de mortalité, par âge au décès, présenté à la figure 4. Dans un souci lié à la présentation graphique de la courbe de décès et en raison du choix de notre échantillon, nous avons décidé d'omettre la mortalité des nourrissons de moins de deux ans. Il est à noter qu'outre le fait qu'elle comporte une forte mortalité infantile associée aux périodes préindustrielles en Occident, la courbe est assez inhabituelle : elle se caractérise par l'absence d'un pic discernable autour de l'âge de mortalité par vieillesse (55 à 75 ans). Le pic le plus élevé se situe autour de 20 à 30 ans et une longévité de 105 ans a été enregistrée.

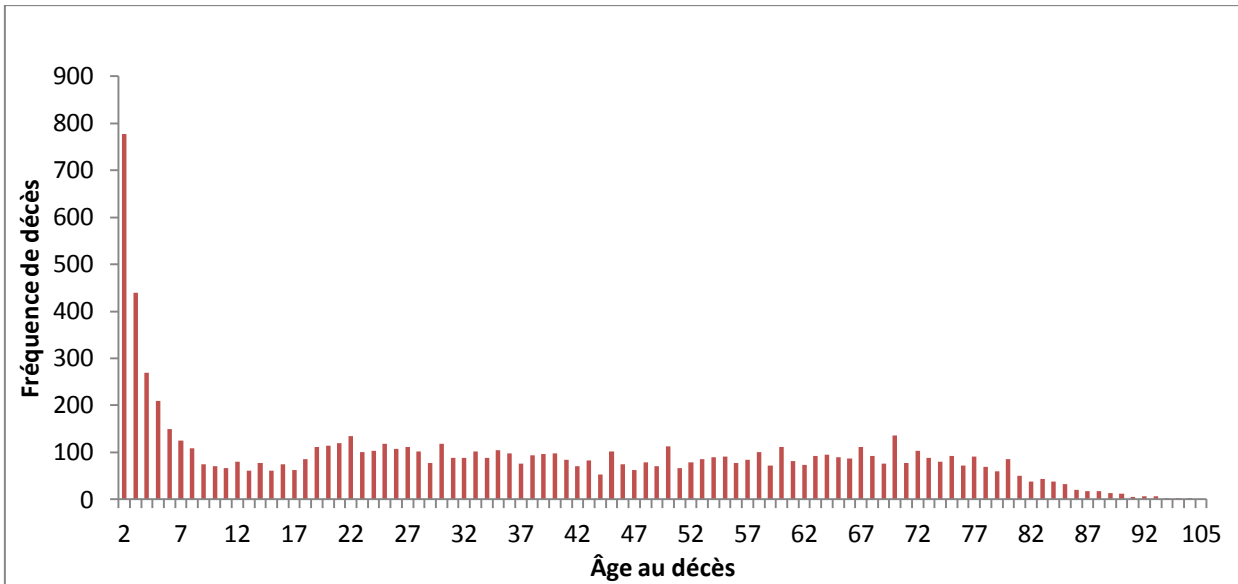


Figure 4. Profil de mortalité des individus de plus de 2 ans répertoriés dans le registre de la paroisse Notre-Dame entre 1691 et 1796

1.3.1.1. Distribution spatiale des sépultures dans le cimetière paroissial

La distribution spatiale des sépultures ne semble pas fortuite dans l'enceinte funéraire. Ainsi, à l'époque, plusieurs croyances sont reliées au lieu d'ensevelissement. L'enterrement *ad sanctos* (avec les saints, soit près de l'église) est le plus recherché, il permet, entre autres, de recevoir la bénédiction des prières ce qui a pour conséquence d'écourter le temps de séjour au purgatoire {Olivier-Lloyd, 2008 #563}. L'inhumation au sein de l'Église demeure cependant un privilège suprême et est réservée à peu de gens : seuls les religieux et les notables y ont accès. Ainsi, à la première église paroissiale de Notre-Dame, nous savons que le chef huron Kondiaronk, qui a activement participé à la signature de la Paix des Braves, a reçu cet honneur (De Charlevoix 1976), tout comme le curé Giles Perot, tel que mentionné dans le *Liber Defunctorum* (livre des décès) de la paroisse daté de 1680 :

« Le dix septieme de Juillet de lad'annee A esté enterré dans le Chœur de la nouvelle Eglise Messire Giles Perot Prestre Curé de ce lieu trouvé mort d'apoplexie dans le Jardin du Seminaire ou il Se preparait a dire la S^{te} Messe » (Anonyme 1961).

Pour la portion extérieure du cimetière, il semble qu'à l'époque, on enterre les paroissiens dans des fosses communes ou individuelles, toujours anonymes. Selon Olivier-Lloyd (2008) la notion de lot familial n'existe pas et l'emplacement des sépultures ne sert qu'à baliser l'espace. Les cimetières paroissiaux, comme le cimetière de Notre-Dame, sont réservés aux catholiques « qui méritent leur sépulture ». Néanmoins, les hérétiques, les membres d'autres religions, les suicidés, les enfants non baptisés, les gens de mauvaises mœurs, de même que d'autres exclus sont parfois inhumés dans une section « profane » du cimetière . Toutefois, il n'existe aucune mention d'une telle distinction entre sacré et profane au cimetière Notre-Dame.

1.4. Conclusion

En somme, les récits ethnohistoriques et les archives contiennent plusieurs informations sur l'établissement colonial et l'alimentation à Montréal, de même que sur le cimetière Notre-Dame et l'organisation spatiale des sépultures; toutefois, il s'agit d'un portrait global qui demande à être précisé. Ainsi, nous savons que l'établissement colonial à Montréal s'est effectué, dans un premier temps (avant 1680), principalement grâce à la migration transatlantique en provenance de la France, mais l'origine exacte de plusieurs des pionniers demeure inconnue et souvent seul leur lieu d'embarquement est connu. De plus, nous savons que plusieurs esclaves ont été inhumés dans le cimetière Notre-Dame et les identifier nous permettrait de mener de plus amples recherches sur leurs conditions de vie. En ce qui a trait à l'alimentation, nous voyons que les cultures et pratiques culinaires européennes se sont adaptées aux ressources locales, de manière plus ou moins soutenue selon la période, la classe sociale et l'activité professionnelle. Les conditions de vie des habitants semblent avoir été généralement meilleures que celles des paysans français, mais était-ce le cas pour l'ensemble des individus? pour l'ensemble de la période couverte par le cimetière? Enfin, la distribution spatiale des sépultures dans l'enceinte du cimetière Notre-Dame demeure un mystère : nous savons que l'intérieur de l'église était réservé aux inhumations de notables ou d'ecclésiastes, mais l'organisation spatiale du cimetière extérieur correspondait-elle à la définition donnée par Olivier-Lloyd? Cette problématique du domaine de l'archéologie funéraire sera abordée à travers les analyses en géochimie des isotopes.

CHAPITRE 2 Apport de la géochimie des isotopes stables aux questions de migration et de paléonutrition en bioarchéologie humaine

Ce deuxième chapitre se veut une courte synthèse des connaissances scientifiques permettant la compréhension et l'interprétation des données obtenues par l'analyse isotopique de matériel ostéologique dans la perspective d'étudier des questions d'identité reliées à la mobilité et à l'alimentation, mais aussi des sujets comme la distribution spatiale des sépultures dans l'enceinte du cimetière Notre-Dame (1691-1796).

2.1. Principe de la géochimie des isotopes stables

Les isotopes sont des atomes d'un même élément dont le noyau contient un nombre de neutrons différent, ce qui entraîne une variation de leur masse atomique et de leur propriété thermodynamique (Urey 1947). Les isotopes lourds réagissent plus lentement et tendent à s'accumuler dans les composantes les plus stables d'un système. Cela entraîne un fractionnement isotopique (différence entre la teneur isotopique d'un produit (par exemple, le collagène) et celle de sa source (par exemple, les aliments). Cette notion est centrale à l'utilisation des isotopes. Le tableau II détaille les éléments utilisés dans le cadre de cette recherche; pour de plus amples informations sur les analyses, se référer à l'annexe 1.

Tableau II. Éléments analysés, leurs isotopes stables principaux et l'abondance de chacun dans l'atmosphère

Élément	Isotope	Lourd/léger	Abondance dans l'atmosphère (%)
Azote (N)	^{14}N	Léger	99,63
	^{15}N	Lourd	0,37
Carbone (C)	^{12}C	Léger	98,89
	^{13}C	Lourd	1,11
Oxygène (O)	^{16}O	Léger	99,759
	^{17}O		0,037
	^{18}O	Lourd	0,204

2.2. Le squelette comme matériel d'étude

Les cheveux, les dents, les ongles et les os sont, entre autres, composés d'atomes d'hydrogène (H), de carbone (C), d'azote (N), d'oxygène (O) et de soufre (S) et peuvent ainsi être analysés grâce à la géochimie des isotopes (Lee-Thorp 2008, O'Connell et Hedges 1999, Schwarcz et Schoeninger 1991). Dans le cadre de cette étude, le collagène et l'apatite des os, de même que l'émail des dents sont utilisés comme matériel; ce sont les tissus humains les plus fréquemment retrouvés en contexte archéologique en raison de leur structure plus solide.

2.2.1. Les os

Les os sont composés de matière organique (30 %) et de minéraux (70 %) (Katzenberg et Saunders 2008, Sullivan et Krueger 1981).

La portion organique est constituée à plus de 90 % de collagène. Il s'agit d'une longue protéine fibreuse composée d'acides aminés qui contient environ 35 % de carbone et de 11 à 16 % d'azote par poids (Katzenberg et Saunders 2008, Schwarcz et Schoeninger 1991).

La portion minérale est composée de cristaux d'hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10} [\text{PO}_4]_6 [\text{OH}]_2$). Majoritairement composée de phosphate (PO_4), la portion minérale contient aussi environ 5 % de carbonate (CO_3), sous forme substituée (Krueger et Sullivan 1984, Lee-Thorp 2008).

Les os humains sont constamment remodelés; ils sont résorbés, puis reconstruits tout au long de la vie d'un individu. Ce processus varie selon plusieurs facteurs, notamment le sexe et l'âge de l'individu. Le taux de remodelage des adolescentes de 10 à 15 ans varie entre 5 et 15 % par année; il est de 10 à 30 % pour les garçons du même âge. À l'âge adulte, le taux de remodelage osseux des femmes passe à environ 4 % vers l'âge de 20 ans et à 3 % par année à l'âge de 80 ans. Celui des hommes diminue de 3 à 1,5 % par année pendant la même période (Hedges et coll. 2007). La composition isotopique des os va donc représenter une moyenne des trois à trente dernières années de vie d'un individu, en fonction du taux de remodelage (voir, entre autres, Bell et coll. 2001, Hedges et coll. 2007, O'Connell et Hedges 1999).

2.2.2. Les dents

La couronne de la dent est composée d'une couche externe d'émail, recouvrant la dentine et la cavité pulpaire. En raison du choix de l'échantillon, nous ne discuterons que de l'émail. L'émail est un tissu incrémentiel constitué à 97 % d'hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}[\text{PO}_4]_6[\text{OH}]_2$) avec du carbonate substitué dans la partie apatite (Koch et coll. 1997). Il se forme durant une période limitée, majoritairement juvénile (voir figure 5) (Dupras et Schwarcz 2001, Lee-Thorp 2008, Tykot 2004).

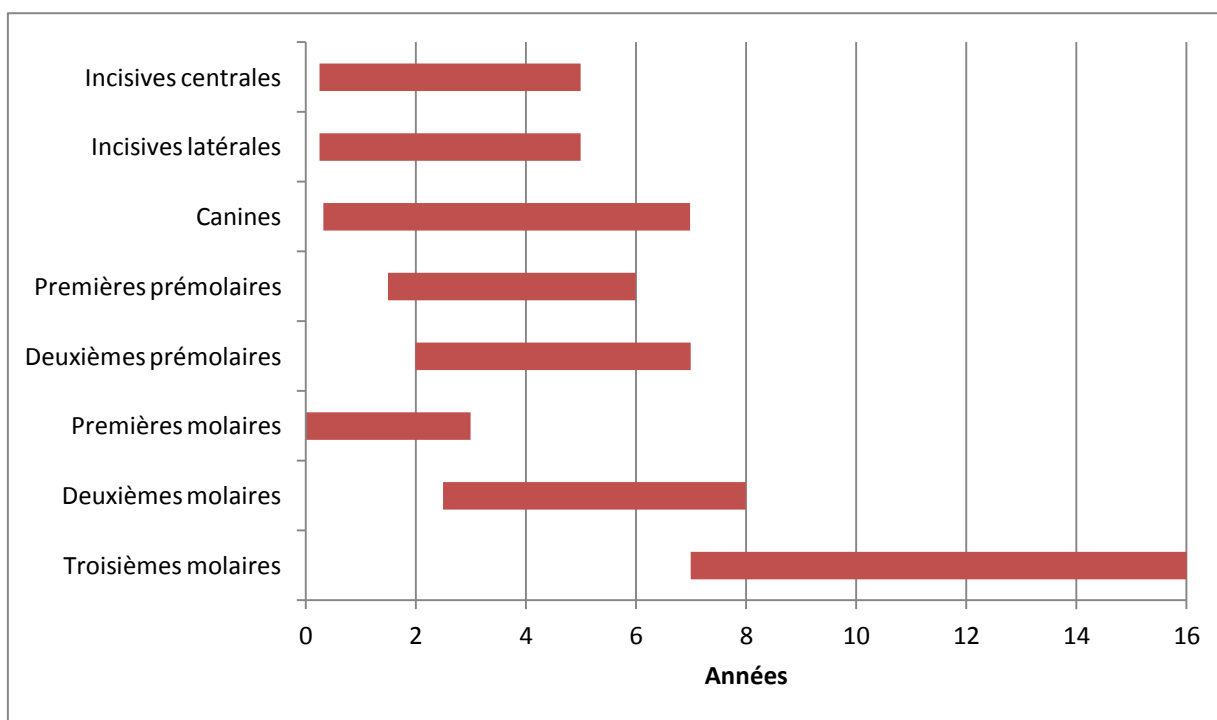


Figure 5. Période de formation de la couronne des dents permanentes. Modifié de Scheid (2007)

2.3. Les isotopes stables et la paléonutrition

Les premières applications des analyses isotopiques au domaine de la bioarchéologie humaine portaient sur la paléonutrition, c'est pourquoi nous présenterons ces principes en premier.

2.3.1. Introduction du carbone dans la chaîne alimentaire

Le carbone est introduit dans la biosphère durant la photosynthèse (1968, 1971). Le fractionnement produit alors un appauvrissement en ^{13}C (Nier et Gulbransen 1939).

Les plantes terrestres utilisent principalement deux cycles de photosynthèse. Le cycle de photosynthèse C_3 est employé par la majorité des plantes de milieu tempéré, ce qui inclut virtuellement tous les arbres, les arbustes ligneux, les herbes et les plantes d'ombre. Lors de ce cycle, le ^{13}C est fortement discriminé; il en résulte des teneurs appauvries en ^{13}C qui varient autour de $-26,5\text{‰}$ (entre -24‰ et -36‰ vs VPDB) (Tieszen et Fagre 1993, 1989, 1991). Le cycle photosynthétique C_4 est réservé aux plantes tropicales (Ehleringer et coll. 1997, Sealy et Van Der Merwe 1986). Ces plantes sont moins appauvries en ^{13}C et leur moyenne tourne autour de $12,5\text{‰}$ vs VPDB.

Pour les organismes aquatiques, les teneurs isotopiques varient selon le milieu. En milieu marin, la source de carbone, le bicarbonate dissous, a un $\delta^{13}\text{C}$ de 7‰ plus élevé que le CO_2 atmosphérique. Les phytoplanctons, algues, diatomées et autres producteurs primaires sont donc moins appauvris en ^{13}C que les plantes C_3 (1971)(Smith et Epstein 1971)(Smith et Epstein 1971). Les teneurs isotopiques des organismes des rivières et des lacs varient beaucoup en raison des différentes sources de carbone et des apports anthropiques. Ils se situent parmi la variation des plantes terrestres (Richards et Trinkaus 2009).

2.3.2. Introduction de l'azote dans la chaîne alimentaire

L'azote est soit fixé dans la biosphère par l'entremise de bactéries symbiotiques du genre *Rhizobium*, soit extrait directement de l'ammoniac et des nitrates du sol. Les plantes utilisant

le premier mode présentent des $\delta^{15}\text{N}$ similaires à celui de l'atmosphère, tandis que celles qui l'extraient du sol sont enrichies en ^{15}N de 5 à 10 ‰ vs AIR (Fry 2006, Robinson 2001). Pour les écosystèmes aquatiques, la source d'azote principale est composée de nitrates recyclés, ce qui entraîne un enrichissement en ^{15}N de 4 à 8 ‰ vs AIR des phytoplanctons (Fry 2006, Jennings et Warr 2003, Minagawa et Wada 1984).

2.3.3. Diffusion du carbone et de l'azote dans la chaîne alimentaire

Les $\delta^{13}\text{C}$ des producteurs primaires sont passés directement à l'animal en proportion avec les divers aliments qu'il consomme. Le fractionnement isotopique varie de +5 à +14 ‰ vs VPDB selon l'animal et le tissu (apatite ou collagène) (Deniro et Epstein 1978, Schoeninger et Deniro 1984, Sullivan et Krueger 1981, Van Der Merwe 1989, Van Der Merwe et Vogel 1978). Un fractionnement d'environ 1 ‰ se produit ensuite entre les consommateurs primaires et leurs prédateurs (Lee-Thorp et Sponheimer 2006).

Pour leur part, les $\delta^{15}\text{N}$ s'accumulent à travers la chaîne alimentaire (Miyake et Wada 1968). Un fractionnement isotopique de $+3,4 \pm 1,1$ ‰ vs AIR se produit entre chaque niveau de consommateur (Ambrose 1991, Deniro et Epstein 1981, Minagawa et Wada 1984, Schoeninger et Deniro 1984, Schoeninger et coll. 1983). C'est pourquoi les longues chaînes alimentaires marines produisent des teneurs isotopiques très enrichies en ^{15}N chez les prédateurs en fin de chaîne.

La figure 6 représente la distribution des $\delta^{13}\text{C}$ et des $\delta^{15}\text{N}$ de divers aliments consommés en Amérique du Nord.

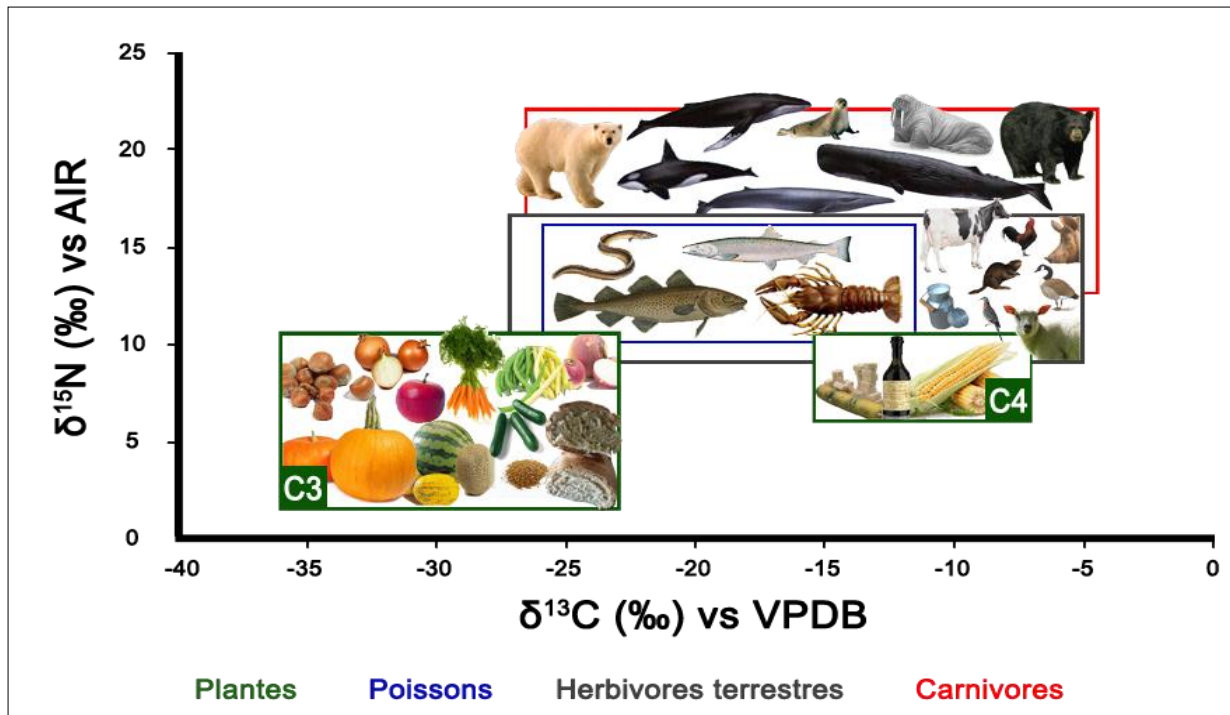


Figure 6. Graphique des $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ d'aliments consommés en Amérique du Nord. Modifié de Schoeninger Schoeninger et coll. (1983)

2.3.4. Sommes-nous ce que nous mangeons?

À la suite de ces découvertes, l'idée que « nous sommes ce que nous mangeons » s'est mise à circuler dans les études en paléonutrition utilisant les isotopes stables (entres autres, voir Ambrose et coll. 2003, Kohn 1999, Lee-Thorp et Sponheimer 2006, Tykot 2004, Tykot et coll. 2009). Cette affirmation est d'ailleurs exacte pour le carbonate de l'apatite. Ce dernier se forme à partir du bicarbonate dissous dans le sang et dérive de l'ensemble de l'alimentation. Des études comprenant un contrôle de l'alimentation ont démontré une très forte corrélation entre la composition isotopique de la nourriture et celle obtenue par analyse du carbonate ($r^2 = 0,97$) (Jim et coll. 2004, Kellner et Schoeninger 2007). Lors de l'interprétation des résultats de $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate pour reconstituer le régime alimentaire, il est important de prendre en compte le taux de fractionnement de +9,5 ‰ vs VPDB entre le $\delta^{13}\text{C}$ du régime alimentaire et celui du carbonate de l'apatite.

Pour le collagène, le lien entre la teneur isotopique du matériel et celle de l'alimentation est loin d'être aussi simple. Le collagène est composé d'acides aminés essentiels (20 %) et d'acides aminés non essentiels (80 %) qui se forment principalement à partir des protéines de l'alimentation, mais qui peuvent aussi dériver des glucides lors de période de stress nutritionnels (Ambrose et Norr 1993, Krueger et Sullivan 1984). Le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène a donc tendance à surreprésenter la portion protéinée du régime alimentaire et, de ce fait, ne constitue pas un bon indicateur de l'ensemble de l'alimentation (Ambrose et Norr 1993, Tieszen et Fagre 1993). De plus, la corrélation entre le $\delta^{13}\text{C}$ de la portion protéinée du régime alimentaire et la composition isotopique en ^{13}C du collagène, bien que forte ($r^2 = 0,65$), n'est pas directe (Kellner et Schoeninger 2007). Encore une fois, il faut tenir compte du taux de fractionnement, de +5,1 ‰ vs VPDB, qui se produit lors de la synthèse du collagène.

En ce qui concerne la teneur isotopique en azote du collagène, celle-ci ne représente que le niveau trophique du consommateur (agriculteur, chasseur-cueilleur ou consommateur de ressources marines, entres autres). De plus, le $\delta^{15}\text{N}$ est sensible aux stress nutritionnels et à la déshydratation. Le cas échéant, la métabolisation d'acides aminés présents dans le corps ou l'excrétion excessive de ^{14}N dans l'urine entraînent un enrichissement plus marqué en ^{15}N (Ambrose et Deniro 1986, Katzenberg et Saunders 2008).

2.3.5. Confronter les $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ pour mieux comprendre la paléonutrition

La méthode traditionnelle pour étudier la paléonutrition à partir des isotopes stables consiste à combiner les $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ des individus (à l'instar de la figure 6). De cette façon, il est possible de déterminer, d'une part, l'apport des ressources terrestres (C_3 ou C_4) et marines, et, d'autre part, le niveau trophique de l'alimentation (Chisholm et coll. 1982, Tauber 1981).

La confrontation du $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate de l'apatite et du $\delta^{13}\text{C}$ du collagène amène de nouvelles perspectives. Harrison et Katzenberg (2003) ont développé une méthode mathématique simple basée sur la tendance du collagène à refléter la portion protéinée du régime alimentaire. La différence (Δ) entre le $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et le $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ est utilisée afin de

déterminer la source (glucides ou protéines [viande ou poisson]) de la composition isotopique en carbone. Comme nous l'avons précisé plus haut, le taux de fractionnement du $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate est de +9,5‰, celui du collagène est de +5,1‰; une différence de 4,4 indique donc soit une absence de protéines dans l'alimentation, soit que celle-ci est de composition isotopique identique à celle de l'ensemble du régime. Une différence supérieure à 4,4 survient lorsque l'ensemble l'alimentation représenté par le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate est plus enrichi en ^{13}C que la teneur isotopique en carbone du collagène (ou de la protéine). Au contraire, une valeur sous le seuil du 4,4 laisse entrevoir un régime global plus appauvri en ^{13}C que celui de la portion protéinée seule (voir figure 6).

Tableau III. Méthode de détermination de la source de carbone de l'alimentation développée par Harrison et Katzenberg (2003)

Différence	Conclusion
4,4	Alimentation végétarienne
>4,4	Protéine de type C ₃ , apports en C ₄ sous représentés dans le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène
<4,4	Protéines de source marines

Notre préférence va cependant au modèle linéaire développé par Kellner et Schoeninger (2007) (figure 7) à partir des résultats obtenus préalablement lors d'expérimentations avec alimentation contrôlée (telle que l'étude d'Ambrose et Norr 2003), qui est une approche très intéressante. Les auteurs ont observé que lorsque les résultats combinés de $\delta^{13}\text{C}$ du collagène et du carbonate de l'apatite étaient placés sur un graphique, il était possible de détacher trois droites qui correspondent à la source de protéines (C₃, marines ou C₄, en partant de la gauche sur la figure 7) de l'alimentation. Aux deux extrêmes, les boîtes correspondent à une source de glucides (ou d'énergie) soit 100 % C₃ autour de -17 ‰; soit à 100 % énergie C₄ aux alentours de -5 ‰ vs VPDB.

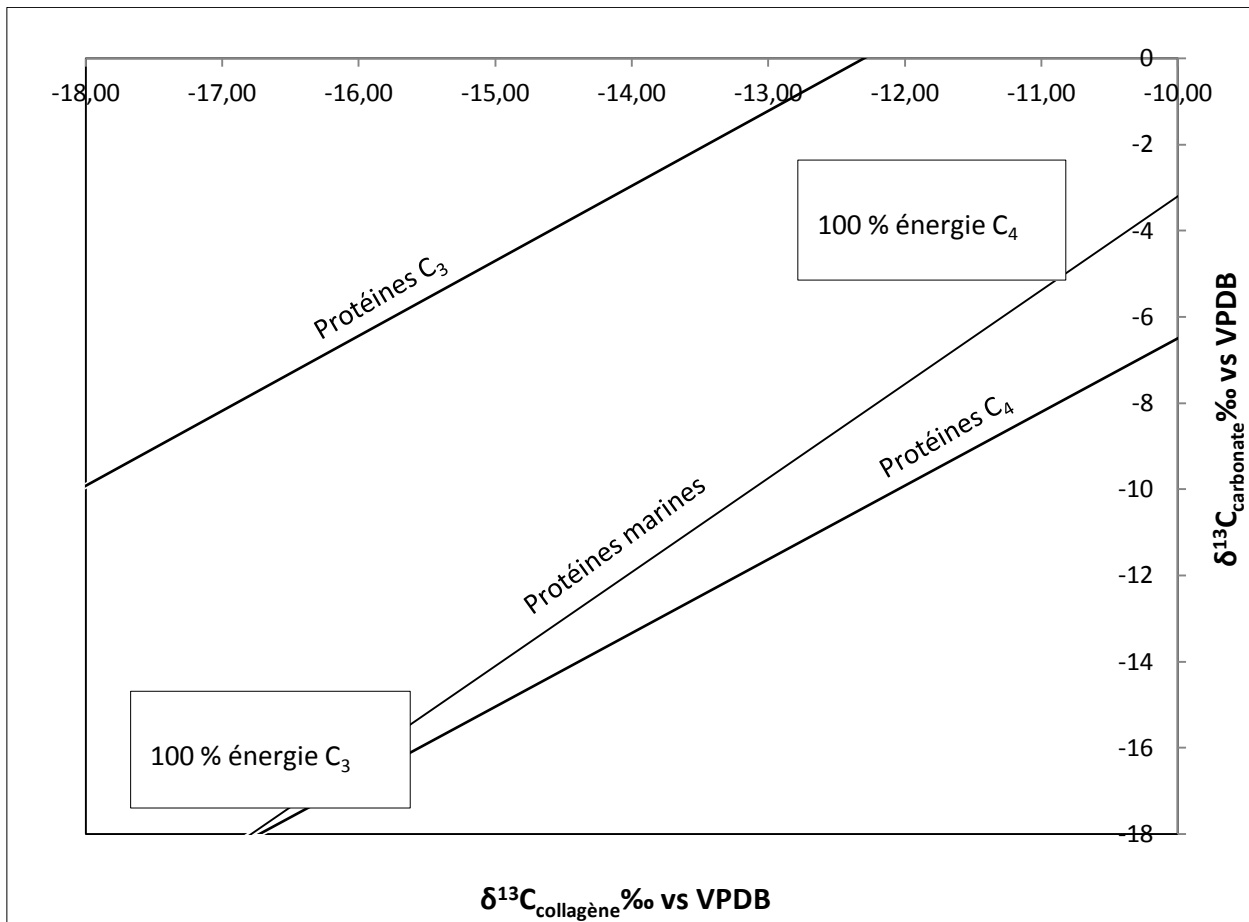


Figure 7. Modèle linéaire de Kellner et Schoeninger (2007) qui combine $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ pour déterminer la source de protéines et de glucides de l'alimentation

2.3.6. Le régime alimentaire des individus de Notre-Dame

Soixante-dix individus de la collection du cimetière de Notre-Dame ont déjà fait l'objet d'analyses isotopiques sur le collagène. Les résultats ont indiqué que l'alimentation des adultes se composait surtout de plantes C_3 (blé, courges, légumes divers), de viande d'animaux (possiblement nourris aux plantes C_3) et de poissons (Ribot et coll. soumis).

Le tableau I de la variété de denrées consommées par les Montréalais aux XVII^e et XVIII^e siècles est repris à la page suivante avec en ajout l'élément ou la méthode qui permet de déceler les variétés d'aliments consommés.

Tableau IV. Tableau des aliments consommés par les Montréalais aux XVII^e et XVIII^e siècles avec élément ou méthode permettant des distinguer

Type d'aliment	Variété consommée	Méthode
Pain	De froment ou de blé.	C ₃
Viande	Bœuf, porc, agneau, ours, chevreuil et castor.	¹⁵ N et modèle linéaire
Volaille	Poulet, poule, oie, canard et tourte.	¹⁵ N et modèle linéaire
Poisson et fruits de mer	Anguille, corégone, doré, maskinongé, bar, achigan, truite, saumon, morue, poulamon, brochet, carpe et écrevisse.	¹⁵ N et modèle linéaire
Légumes	Oignon, navet, carotte, radis, betterave, concombre, cerfeuil, laitue, pois et haricot. Maïs.	C ₃ C ₄
Fruits et noix	Amandes, noisettes, raisins secs, canneberges, cerises, fraises, framboises, groseilles, mûres, bleuets, prunes, pommes, pêches, poires, melons et citrouilles.	C ₃
Condiments	Moutarde et herbes fraîches.	C ₃
Sucre	Érable à sucre. Tiré de la tige du maïs et/ou de la canne à sucre.	C ₃ C ₄
Boisson	Eau, lait, café, chocolat, bière d'épINETTE, vin et eau-de-vie. Rhum.	C ₃ C ₄

2.4. Les isotopes stables et la migration

La mobilité géographique d'une personne au cours de sa vie peut s'étudier à travers le régime alimentaire. Toutefois, si la consommation de ressources étrangères à l'environnement ou une variation temporelle des $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ peuvent indiquer l'adoption d'un nouvel habitat (Sealy 2006, Tykot 2004), l'analyse de la composition isotopique en ^{18}O des tissus humains est une méthode plus directe pour étudier la migration.

2.4.1. Variation mondiale du $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de précipitation

Le $\delta^{18}\text{O}$ varie mondialement en raison des processus de condensation et d'évaporation subis par les précipitations météoriques, l'eau de surface et les nappes phréatiques. En général, la teneur isotopique s'appauvrit en ^{18}O avec la latitude, l'altitude et la distance à l'océan (Dansgaard 1964). Nous pouvons observer ces phénomènes sur la figure 8; les milieux tropicaux, plus arides ou côtiers présentent des $\delta^{18}\text{O}$ plus enrichis que les environnements nordiques, continentaux ou montagneux (notez la cordillère des Andes ou l'Himalaya).

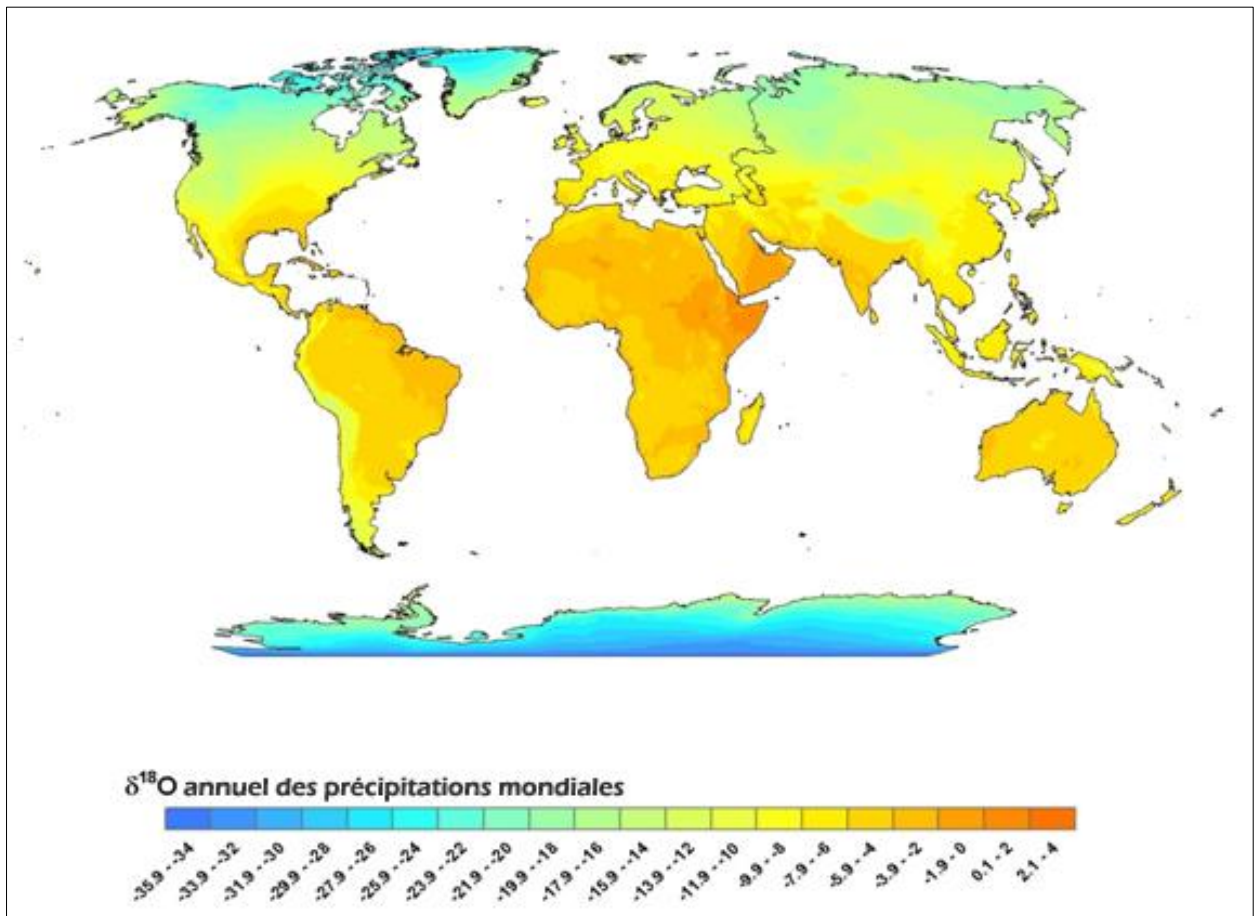


Figure 8. Distribution mondiale des compositions isotopiques en ^{18}O en 2003. Tiré de Waterisotopes.org

2.4.2. Incorporation de l'oxygène au tissu humain

Le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des os et des dents reflète l'équilibre isotopique entre l'oxygène absorbé et l'oxygène rejeté par le corps au moment de la formation de ces tissus. Les apports en oxygène se font majoritairement à travers l'eau ingérée, mais aussi en proportion moindre par l'eau contenue dans la nourriture et l'oxygène moléculaire respiré (Longinelli 1984).

La composition isotopique de l'eau consommée se calcule à partir du $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate; cette transformation demande cependant l'utilisation de deux fonctions de transfert : le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate devant préalablement être converti en $\delta^{18}\text{O}$ du phosphate, qui, à son tour, est transféré en $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de précipitation. Puisque ces manipulations entraînent une forte augmentation de l'erreur analytique, nous utiliserons les données brutes dans le cadre de cette recherche. Pour plus d'information, se référer à l'annexe 2.

2.4.2.1. Les effets de l'alimentation sur le $\delta^{18}\text{O}$

Certaines pratiques alimentaires peuvent d'ailleurs influencer le $\delta^{18}\text{O}$ (Brettell et coll. 2012, Daux et coll. 2008). La préparation des aliments entraîne un enrichissement en ^{18}O , tel que démontré dans le tableau V.

Tableau V. Effet de la préparation des aliments sur le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate. Tiré de Brettell et collègues (2012)

Produit	Temps	$\delta^{18}\text{O}$ ‰ vs VSMOW	Différence $\delta^{18}\text{O}$ ‰ vs VSMOW
Eau	Valeur initiale	-6,1	
	Eau bouillie	-5,7	+0,3
	Eau refroidie	-5,6	+0,4
Bière	Ensemble des manipulations		+1,3
Ragoût (viande et légumes)	0 min	-7,0	
	30 min	-4,9	+2,1
	60 min	-2,9	+4,1
	90 min	-0,4	+6,6

De même, le lait maternel est enrichi en ^{18}O d'environ 0,7 à 1 ‰ comparativement à l'eau consommée (Chenery et coll. 2011a, Leach et coll. 2009, Prowse et coll. 2007, Wright et Schwarcz 1998). Il importe donc de considérer l'âge de formation de la couronne dentaire afin d'analyser des dents formées après la période de sevrage (Chenery et coll. 2011a, Leach et coll. 2009, Perry et coll. 2009). L'analyse du $\delta^{15}\text{N}$ d'individus immatures de la collection de Notre-Dame indique que le sevrage avait lieu avant l'âge de deux ans (soumis). De plus, la consommation de denrées importées (vin et rhum, par exemple) peut entraîner un biais du $\delta^{18}\text{O}$ vers la région de production.

2.5. Conservation des tissus humains en contexte archéologique

Avant d'employer les isotopes stables comme traceurs de mobilité ou de paléonutrition, il faut s'assurer que la composition isotopique originale n'a pas été altérée après l'inhumation (Shaw et coll. 2011). En effet, tous les tissus sont sujets à des altérations et presque tous les os et les dents finissent par disparaître complètement à moins qu'un éventail de conditions optimales ne soit réuni (Lee-Thorp 2008).

Les os fournissent un accès privilégié aux microbes et à l'eau, car ils sont fortement poreux (Ambrose 2003, Koch et coll. 1997). Malgré des processus différents de diagenèse, la préservation ou la destruction des portions organique et minérale des os tend souvent à aller de pair.

La conservation du collagène a été abondamment étudiée (entre autres Ambrose 1990, Deniro 1985). Le collagène est très résistant, même lorsqu'une grande proportion de ses molécules a disparu, sa composition isotopique reste inchangée. Plusieurs méthodes pour tester la conservation du collagène sont fiables (Ambrose 1990, Lee-Thorp 2008, Schwarcz 1991). Nous utiliserons le ratio C:N molaire : un ratio de 2,9 à 3,6 moles de carbone par mole d'azote indique que la composition isotopique initiale a été préservée.

La portion minérale de l'os se conserve plus longtemps que le collagène. Cependant, sa composition isotopique est plus sujette à l'altération. L'analyse du phosphate (PO_4) est avantageuse, car cet élément est plus abondant et moins sujet à l'altération que le carbonate (Chenery et coll. 2011b). Toutefois, le prétraitement pour l'analyse du carbonate est plus simple et le CaCO_3 fournit des informations sur le $\delta^{13}\text{C}$ et le $\delta^{18}\text{O}$, contrairement au PO_4 , qui ne fournit que le $\delta^{18}\text{O}$. Certes, le lien C-O du carbonate est plus faible et plus propice à l'altération, particulièrement lorsque les os sont inhumés dans un milieu humide (Dupras et Schwarcz 2001). Cependant, il semble que le carbonate exogène soit plus soluble que le carbonate biogénique et qu'il puisse être éliminé à l'aide d'un lessivage à l'acide dilué (Koch et coll. 1997). Ce traitement demeure cependant contesté (entre autres voir Clementz et coll. 2009, Garvie-Lok et coll. 2004, Koch et coll. 1997, Metcalfe et coll. 2009, Yoder et Bartelink 2010). Il est souvent conseillé d'analyser le carbonate de l'apatite de l'émail des dents au lieu de celui des os, afin d'éviter les problèmes de conservation.

L'émail est composé de larges cristaux d'hydroxyapatite qui ne sont pas poreux; les cristaux rendent l'émail extrêmement résistant à l'érosion mécanique et à la contamination (Ambrose 2003, Koch et coll. 1997, Shaw et coll. 2011). L'activité microbienne peut toutefois entraîner des échanges avec l'oxygène de l'eau présente dans le milieu (Zazzo et coll. 2004a, Zazzo et coll. 2004b).

2.6. Problématiques de recherche centrale et secondaire

Ces bases scientifiques vont nous permettre d'aborder notre problématique de recherche, mais aussi de nous pencher sur nos objectifs secondaires.

2.6.1. Problématique centrale alliant géochimie des isotopes et bioarchéologie humaine

L'histoire migratoire individuelle influence-t-elle le régime alimentaire adopté par les Montréalais aux XVII^e et XVIII^e siècles? Afin de répondre à cette problématique, les questions suivantes doivent préalablement être abordées.

1. Quelle est l'identité des individus inhumés au cimetière Notre-Dame?

Nous avons vu, dans le premier chapitre, que l'histoire de migration des hommes et des femmes a différé en Nouvelle-France, l'immigration de ces dernières ayant principalement eu cours avant 1680. Il importe donc de déterminer le genre des squelettes afin de tenir compte de cette réalité. De la même manière, l'estimation de l'âge au décès des individus analysés est primordiale : à cette époque plus de 60 % de la population de la ville est née dans la colonie; puisque ce chiffre s'élève à près de 100 % pour les enfants (Landry 1992), nous pouvons considérer que les individus immatures de l'échantillon sont nés en Nouvelle-France. Pour les individus plus âgés ayant migré, l'estimation de l'âge au décès permettra de déterminer la durée du séjour dans la colonie.

2. Quel est le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'émail des habitants de la ville de Montréal à cette période?

Dans un premier temps, il importe de connaître la composition isotopique en oxygène de l'eau consommée par les Montréalais à l'époque. La teneur isotopique en ^{18}O durant la période d'utilisation du cimetière devait être plus appauvrie en oxygène, car c'était le petit âge glaciaire (entre 1350 et 1850 approximativement). Puisque les migrations de familles ont surtout eu lieu avant 1680, nous considérerons que les enfants de moins de dix ans inhumés dans le cimetière Notre-Dame (donc nés après 1681) sont natifs de Nouvelle-France. Le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de leurs prémolaires devraient indiquer la teneur isotopique de Montréal à l'époque.

3. Montréalais d'origine ou d'immigration : peut-on déterminer l'origine géographique des migrants?

La composition isotopique en oxygène obtenue à partir du carbonate de l'émail des dents formées en bas âge sera associée au lieu de naissance de l'individu. Afin d'éviter le biais dû à l'allaitement, il faudra sélectionner des dents formées après l'âge de deux ans (tel que

démonstré par l'étude de Ribot et coll. (sous presse)). Malgré la possibilité que l'individu ait été déplacé entre sa naissance et cet âge, nous considérerons que le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de la dent représente le lieu d'origine de l'individu. Cette teneur isotopique pourra ensuite être confrontée à celle déterminée pour Montréal dans la question précédente.

4. Quelle est l'histoire migratoire de ces premiers Montréalais?

Les histoires migratoires réfèrent aux déplacements vécus par les individus au cours de leur vie. La diversité de ces parcours peut avoir influencé les choix alimentaires adoptés par un individu après son arrivée à Montréal; par exemple, un natif sera plus enclin à consommer les produits locaux qu'un immigrant nanti.

La couronne des dents se forme à différents moments et fixe la composition isotopique de l'oxygène à cette période; à l'opposé, les os se remodelent tout au long de la vie et représentent une moyenne des dernières années de vie d'un individu. L'analyse de ces éléments anatomiques va fournir des informations sur différentes périodes de la vie. En comparant les $\delta^{18}\text{O}$ obtenus pour chaque individu, nous pourrons détecter des changements d'environnement liés à des déplacements (Prowse et coll. 2007, Schroeder et coll. 2009).

5. Quel est le régime alimentaire des individus échantillonnés?

Les compositions isotopiques en carbone (provenant du collagène et du carbonate) et en azote permettent d'étudier l'ensemble de l'alimentation d'une personne. Les résultats obtenus pour le $\delta^{13}\text{C}$ et le $\delta^{15}\text{N}$ du collagène par Ribot et collaboratrices (sous presse) a permis de déterminer que l'alimentation des individus de plus de deux ans se composait surtout de plantes C_3 (blé, courges, légumes divers), de viande d'animaux (possiblement nourris aux plantes C_3) et de poissons. Toutefois, le collagène tend à surreprésenter la portion protéinée du régime alimentaire. L'emploi du $\delta^{13}\text{C}$ obtenu à partir du carbonate, représentant l'ensemble de l'alimentation, semble donc plus approprié. De plus, elle permet l'utilisation de la méthode linéaire développée par Kellner et Schoeninger (2007); nous pourrons ainsi

comparer la consommation de viande, de poisson et de maïs (principale source de C₄ de l'alimentation) des individus de l'échantillon. L'analyse d'ossements d'animaux de ferme, consommés par les premiers Montréalais, permet d'identifier le type de ressources (C₃ ou C₄) avec lesquelles ils ont été nourris, puisque le $\delta^{13}\text{C}$ s'est transmis à ceux qui les ont consommés.

6. Comment le régime alimentaire montréalais s'inscrit-il dans son milieu et dans son époque ?

La comparaison de l'alimentation montréalaise à celle d'une population contemporaine française et au régime alimentaire de populations américaines (coloniales et autochtones), dont les données sont extraites de la littérature, permettra de situer les Montréalais par rapport à la variation des régimes alimentaires de populations proches géographiquement ou temporellement.

7. Quel lien y a-t-il entre l'origine géographique et l'alimentation durant la jeunesse? Quel lien y a-t-il entre l'origine géographique et l'alimentation à l'âge adulte?

L'alimentation est une pratique fortement influencée par la culture. L'origine des individus devrait donc se traduire par un régime différent reflétant la consommation de produits divers en quantité variée. L'analyse du régime alimentaire durant l'enfance devrait permettre d'observer ces variations. L'analyse de l'alimentation à l'âge adulte va permettre d'aborder la question de la persistance des pratiques culinaires culturelles, dans un nouvel environnement pour les individus ayant migrés.

8. Le régime alimentaire varie-t-il en fonction du parcours migratoire?

Le parcours migratoire des individus reflète leurs activités; par exemple, les colons européens migrent en Nouvelle-France pour semer de nouvelles terres et les coureurs de bois quittent Montréal pour aller exploiter les riches ressources de fourrure des territoires de l'ouest et du sud. Ces différentes activités devraient se répercuter dans leurs habitudes alimentaires : comme nous l'avons vu, les voyageurs apportaient de la farine de maïs lors de leurs longs

périples de traite, car cette dernière présentait l'avantage d'être à la fois légère et nourrissante.

2.6.2. Problématique secondaire alliant géochimie des isotopes et archéologie funéraire

Selon Olivier-Lloyd (2008), les cimetières paroissiaux à l'époque des inhumations à Notre-Dame ne sont pas organisés par lots familiaux, les sépultures sont anonymes et l'emplacement des sépultures ne sert qu'à baliser l'espace. L'enceinte du cimetière est réservée aux paroissiens catholiques, mais une section de celui-ci est parfois désacralisée. Est-ce le cas au cimetière Notre-Dame?

9. Y a-t-il une organisation spatiale des sépultures dans le cimetière Notre-Dame?

Outre la présence de notables et de religieux attestée dans l'enceinte de l'église par des récits historiques ou leur mention dans les registres de la paroisse, l'organisation spatiale du cimetière extérieur demeure hypothétique. Y a-t-il présence de lots familiaux? de regroupements par origine?

2.7 Conclusion

En résumé, la connaissance des taux de fractionnement du carbone, de l'azote et de l'oxygène entre leur source (alimentation et milieu naturel) et leur produit (lorsque synthétisés dans les tissus humains [dents et os]) permet, en prenant en considération les biais et les limites, d'aborder des questions de mobilité humaine, d'alimentation, d'accès aux ressources animales et marines et d'organisation spatiale de sépultures. Le tableau VI présente une synthèse des connaissances liées à l'élaboration de cette étude.

Tableau VI. Synthèse des avantages/limites des isotopes stables, des interprétations possibles et des questions abordées dans cette étude, grâce à l'analyse de la teneur isotopique en carbone, en azote et en oxygène des os et des dents

Bioarchéologie		Géochimie des isotopes		Question
Élément anatomique	Avantages / Limites	Isotope stable lourd	Interprétation	
Os CNOSH (collagène)	Période adulte de l'alimentation	^{13}C	Ressources terrestres vs ressources marines	4, 5 et 6
	Facile de tester la conservation du collagène		Plantes C_3 ou C_4	
Os CaCO_3 (carbonate)	<i>Orienté vers la portion protéinée de l'alimentation</i>	^{15}N	Niveau trophique (\pm quantité de protéines du régime alimentaire)	4, 5, 6 et 7
	<i>Lien avec alimentation imprécis</i>			
Os CaCO_3 (carbonate)	Période adulte de la nutrition	^{13}C	Ensemble du régime alimentaire	4, 5, 6, 7 et 8
	Représente l'ensemble de l'alimentation		source protéine (C_3 , C_4 ou marines)	
Dent CaCO_3 (carbonate)	<i>Sujet à altération</i>	^{18}O	et source d'énergie (C_3 ou C_4)	7 et 8
	Traitement rapide			
Dent CaCO_3 (carbonate)	Période juvénile	^{18}O	Origine géographique	2, 3, 4, 7, 8 et 9
	Analyse temporelle		Mobilité	
	Peu sujet à l'altération			
	Se conserve longtemps			
	<i>Effet allaitement</i>			

CHAPITRE 3 Matériels et méthodes

Dans ce troisième chapitre, nous présentons le matériel utilisé ainsi que les méthodes bioarchéologiques appliquées (analyses ostéologique, isotopique et statistique), afin de répondre à notre problématique centrale, ainsi qu'aux objectifs secondaires.

3.1. Matériels

Le matériel à l'étude comprend 90 dents et 45 os de la mâchoire, humains, ainsi que 4 ossements d'animaux provenant de la collection ostéologique du cimetière catholique de Notre-Dame, datant de 1691 à 1796. À cet échantillon, 15 côtes humaines exhumées du cimetière protestant de La Rochelle, en France, datant de 1765 à 1792, sont ajoutées à titre comparatif.

3.1.1. Échantillon du cimetière de la première église paroissiale de Notre-Dame, 1691-1796, à Montréal

Les dents formées après le sevrage, soit une prémolaire (Pm1 ou 2), une deuxième molaire (M2) ou une troisième molaire (M3) constituent l'échantillon de base. Par la suite, lorsque la dent est en association avec un os de la mâchoire (mandibule ou maxillaire) et/ou une M3, ces derniers sont inclus dans l'analyse. Dans certains cas, des incisives et des canines ont aussi été échantillonnées dans le but d'assurer une bonne représentation de la collection.



Figure 9. Échantillons de dents et d'os sélectionnés pour montrer la conservation différentielle des individus

Les incisives, les canines, les Pm et les M2 fournissent les teneurs isotopiques liées à la petite enfance (entre 2 et 7 ans), tandis que les M3 (formées entre 7 et 16 ans) représentent l'âge préadulte et les os, la période adulte. Afin d'alléger le texte, les dents reliées à la petite enfance (soit les incisives, canines, Pm1, Pm2 et M2) seront référées par le terme prémolaire.

Le tableau VII montre la distribution des éléments échantillonnés. En tout, 27 individus sont représentés par trois éléments, 18 par deux éléments et 19 par un seul élément. Le corpus comprend un total de 64 individus (voir l'annexe 3).

Tableau VII. Distribution par fréquence de l'échantillon de dents selon qu'elles sont isolées, accompagnées d'une troisième molaire (M3) ou d'un os ou associées à une 3^e molaire et à l'os de la mâchoire

Dent et association	Incisive	Canine	1 ^{re} prémolaire	2 ^e prémolaire	2 ^e molaire	3 ^e molaire
Dent isolée	1	2	3	6	1	5
Dent et 3 ^e molaire	1	0	0	0	0	-
Dent avec os	1	0	2	13	0	1
Dent avec M3 et os	0	0	5	22	0	-
Total	3	2	10	41	1	33

Les animaux analysés sont deux porcs (*Sus scrofa*) et deux bœufs (*Bos taurus*) représentés sur la figure 10 (C. Saint-Germain, comm. pers.).



Figure 10. Photographies des ossements d'animaux échantillonnés dans le cadre de l'étude

3.1.2. Échantillon comparatif d'un cimetière français contemporain

Dans le cadre de cette étude, nous voulions comparer la collection de Notre-Dame (1691 à 1796) à un échantillon français datant de la même époque. Nous avons choisi la collection ostéologique du cimetière protestant de La Rochelle, en raison de sa disponibilité pour les analyses, de sa contemporanéité (de 1765 à 1792), des données sur le sexe des individus et de sa localisation dans la région de l'Ouest (revoir figure 2), lieu d'origine ou de transition de plusieurs colons français en partance pour la Nouvelle-France. Lors de l'interprétation des résultats, il faudra toutefois prendre en considération le fait que les deux cimetières (montréalais et français) sont de confession religieuse différente et que le cimetière de La Rochelle était associé à un hôpital.

Lors des fouilles, ce sont les restes de plus de 500 individus qui ont été retrouvés. L'échantillon analysé est composé de fragments de côtes représentant 6 hommes, 6 femmes et 3 individus de sexe indéterminé; les âges sont en cours d'estimation (I. Soucquet-Leroy, comm. pers.).

3.2 Méthodes

3.2.1. Analyse ostéologique de la collection de Notre-Dame

L'estimation de l'âge au décès et la détermination du sexe sont les premières étapes essentielles lors de l'analyse de matériels osseux. De cette étape dépend la fiabilité de l'ensemble de l'interprétation (Bruzek et Murail 2006). Dans le cas de la collection de Notre-Dame, l'état de conservation fragmentaire limite le potentiel des analyses ostéologiques. Cependant, compte tenu que la collection a fait l'objet d'une analyse ostéologique détaillée par Gérard Gagné, bioarchéologue chargé de projet pour la fouille du cimetière (Arkéos 2008), dans certains cas, ses résultats, obtenus en appliquant la méthode de Buikstra et Ubelaker (1994), ont été comparés à nos données. Les méthodes utilisées dans le cadre de cette nouvelle analyse ostéologique sont très brièvement synthétisées dans les tableaux qui accompagnent les sous-sections; se référer aux auteurs pour de plus amples informations.

3.2.1.1. Estimation de l'âge au décès

3.2.1.1.1. Les individus immatures anatomiquement

En raison de la relative fiabilité des méthodes d'estimation de l'âge au décès des immatures et puisque les intervalles d'âge sont petits, nous avons choisi de séparer les individus entre deux groupes, soit celui des enfants (< 10 ans) et celui des préadultes (12 à 18 ans). Ce choix a été dicté par le fait qu'il est fort probable que les enfants de l'échantillon soient nés en Nouvelle-France, puisque la migration transatlantique de familles s'est concentrée durant les premières années de la colonisation (avant 1680) et que les enfants décédés auraient donc été inhumés dans un autre cimetière (le cimetière Notre-Dame ayant ouvert en 1691). Les préadultes sont, quant à eux, plus susceptibles d'avoir migré outre-mer, puisqu'à l'époque, l'âge de recrutement des mousses était de 10 à 16 ans (Lefrançois 2007). Dans la présente étude, les méthodes utilisant la période de formation des dents et le stade de fusion des épiphyses ont servi à estimer l'âge des individus immatures.

Tableau VIII. Synthèse des méthodes d'estimation de l'âge des individus immatures de la présente étude

Élément	Méthode	Population(s) de référence	Avantages/ inconvénients	Auteur(s)
Dentition	Table de calcification des dents permanentes	345 enfants des États-Unis	Simple et rapide Âge moyen Sexe combiné	Smith (1991), modifié de Moorrees et coll. (1963)
Os coxal, Métacarpes et Métatarses	Stade de fusion des épiphyses	Compilation de données	Simple et rapide Âge moyen	Scheuer et Black (2007)

3.2.1.1.2. Les individus matures

L'estimation de l'âge au décès des individus adultes est beaucoup moins précise que celle des immatures et représente, pour certains auteurs (Schmitt 2002), « une limite majeure à l'anthropologie ». En effet, l'âge biologique et l'âge chronologique ne sont pas corrélés de manière linéaire (Bruzek et Murail 2006). Néanmoins, les méthodes développées permettent d'associer les individus à des groupes d'intervalles d'âge assez larges de manière efficace. Dans le cadre de notre étude, nous séparons les individus adultes en deux groupes, soit les jeunes adultes de 18 à 40 ans et les adultes matures de plus de 40 ans. Cette division nous permettra de considérer que pour les adultes matures, la composition isotopique en carbone et en oxygène des os (représentant une moyenne inférieure aux 30 dernières années de vie) est indépendante de celle de la troisième molaire (fixée entre 7 et 16 ans).

L'usure dentaire

Même si « l'usure dentaire est l'indicateur le moins approprié pour estimer l'âge au décès dans l'état actuel de son application » (Schmitt et coll. 2002), la méthode est incontournable en raison de la nature de l'échantillon. Cependant, seules les estimations faites sur des mandibules ou des maxillaires assez complets sont conservées.

Tableau IX. Synthèse de la méthode d'estimation au décès basée sur l'usure dentaire de Lovejoy (1985)

Élément	Méthode	Population de référence	Avantages/ inconvénients	Auteur
Dentition	Usure dentaire référence à un schéma	332 dentitions de la collection Libben Âges estimés	Rapide et simple <i>Peu fiable</i> <i>Variation élevée</i>	Lovejoy (1985)

La dégénérescence osseuse

Selon Schmitt (2002), l'observation des articulations peu mobiles (côtes, symphyse pubienne et surface auriculaire) pour estimer l'âge au décès est plus efficace, car ces dernières sont peu sujettes aux troubles mécaniques et à l'usure. De plus, les méthodes utilisant la symphyse pubienne ou la surface auriculaire du bassin permettent de séparer les individus matures en distinguant ceux de moins de 40 ans de ceux de plus de 40 ans.

La 4^e côte

L'observation de l'extrémité sternale de la 4^e côte est utile pour déterminer l'âge au décès, mais pas en tant qu'unique indice (Aykroyd et coll. 1999). La méthode d'Hartnett (2010) a l'avantage de pouvoir être appliquée avec des résultats similaires sur les côtes 3 à 9 (Baccino et Schmitt 2006).

La symphyse pubienne

L'intérêt de cette technique réside dans la maturation tardive de la symphyse pubienne. Conséquemment, il s'agit du meilleur indicateur pour estimer l'âge au décès des individus de moins de 40 ans (Baccino et Schmitt 2006, Bedford et coll. 1993). Problème majeur, la symphyse pubienne se conserve mal en contexte archéologique et seules 5 symphyses pubiennes ont pu être analysées dans le cadre de cette recherche.

La surface auriculaire de l'ilium

La dégénérescence de la surface auriculaire commence très tôt dans la vie, vers 30 ou 40 ans et les processus sont constants à partir de 50 ans (Schmitt 2005). Il existe un mode de sénescence commun aux populations d'origine européenne (Buckberry et Chamberlain 2002, Schmitt 2005). La surface auriculaire constitue donc un bon indicateur pour les sujets âgés (Bedford et coll. 1993). De plus, elle se conserve mieux que la symphyse pubienne (Aykroyd et coll. 1999). La méthode développée par Schmitt (2005) a pu être appliquée sur 9 individus de l'échantillon, et les scores obtenus correspondent à des probabilités d'âge calculées selon deux distributions : celle correspondant à une population dont l'espérance de vie est de 30 ans a été utilisée, puisque l'espérance de vie était similaire à Montréal à cette époque (35,5 ans) (Charbonneau 1975).

Tableau X. Synthèse des méthodes d'estimation de l'âge au décès des adultes basée sur la dégénérescence osseuse

Élément	Méthode	Population(s) de référence	Avantages/ inconvénients	Auteur(s)
4 ^e côte	Extrémité sternale 9 phases 3 caractères	630 pubis et 4 ^{es} côtes 2 collections modernes âge et sexe connus	Rapide <i>Phases difficiles à différencier</i> <i>Variation inter-observateur</i>	Hartnett (2010) modifié de Işcan et coll. (1984a), (1984b)
Bassin	Symphyse pubienne 6 phases 5 caractères	1225 pubis Collection moderne Âge connu	< 40 ans Moules disponibles <i>Variation inter-observateur</i>	Brooks et Suchey (1990)

Élément	Méthode	Population(s) de référence	Avantages/ inconvénients	Auteur(s)
	Surface auriculaire	933 squelettes	> 40 ans	Schmitt (2005)
	Combinaison de scores 4 caractères	8 collections archéologiques et modernes Âge et sexe connus	Rapide et simple Pas d'influence du sexe Probabiliste	

3.2.1.2. Détermination du sexe

La détermination du sexe se base sur des caractères découlant du dimorphisme sexuel. Cette étape s'avère essentielle à toute analyse en bioarchéologie humaine. Dans le cadre de notre étude, elle permettra de séparer les femmes des hommes, ces derniers semblant avoir été plus mobiles à l'époque (migration après 1680, soldats démobilisés et coureurs des bois, entres autres).

Le crâne

La méthode visuelle développée par Buikstra et Ubelaker (1994) a été utilisée, malgré les doutes sur sa fiabilité, car 21 individus de l'échantillon présentent les caractères requis pour la détermination du sexe. Seules les déterminations appuyées par un résultat similaire obtenu par une autre méthode sont conservées

Les os coxaux

En raison de l'état fragmentaire des os coxaux de la collection de Notre-Dame, seule la méthode métrique de Murail et collègue (2005) s'est avérée efficace. Uniquement les diagnoses sexuelles fournissant une probabilité de plus de 95 % ont été conservées. Le logiciel d'analyse statistique (DSP v.1.0) est fourni par les auteurs à l'adresse suivante : (<http://www.pacea.u-bordeaux1.fr/publication/logiciel/?id=2>). Seuls 8 individus ont pu être sexés de cette façon.

Le sacrum

Le sexe de trois individus a pu être déterminé grâce à la méthode visuelle de Bass (1987) basée sur l'observation du sacrum.

Les métacarpes et métatarses

Dans un cas comme celui-ci où peu de bassins (os coxaux et sacrum) sont disponibles, l'étude d'autres éléments postcrâniens s'avère une variante performante pour déterminer le sexe (Kjellström 2004). Les études de Lazenby (1998, 2002) ont montré la présence de dimorphisme sexuel au niveau du deuxième métacarpe. Dans le cadre de cette recherche, les premiers et deuxièmes métacarpes (MC1 et MC2) de même que les premiers métatarses (MT1) (complets et non pathologiques) ont fait l'objet de plusieurs mesures (répertoriées en annexe 4). Seules les déterminations du sexe qui ont obtenu un résultat au classement par analyse discriminante de 100 % ont été conservées.

Tableau XI. Synthèse des méthodes de détermination du sexe des individus matures

Élément	Méthode	Population(s) de référence	Avantages/ <i>inconvénients</i>	Auteur(s)
Crâne	Méthode visuelle 5 caractères évalués de 1 (féminin) à 5 (masculin) selon diagramme	Non mentionnée	Simple et rapide <i>Peu fiable</i> <i>Varie avec l'âge</i>	Buikstra et Ubelaker (1994)
Os coxal	Méthode métrique Un minimum de 4 mesures sur l'os coxal sur une possibilité de 10, traitement probabiliste par logiciel	2040 os de 12 collections archéologiques et modernes	Probabiliste Fiable Logiciel gratuit	Murail et coll. (2005)
Sacrum	Méthode visuelle Homme : long, étroit et incurvé Femme : court, large et plat	Non mentionnée	Simple et rapide <i>Peu fiable</i> <i>Très variable</i>	Bass (1987)

Élément	Méthode	Population(s) de référence	Avantages/ <i>inconvénients</i>	Auteur(s)
Métacarpes et métatarses	Méthode métrique 6 mesures sur la diaphyse et les articulations Traitement statistiques : classification « Two -step » et analyse discriminante avec SPSS 19	73 métacarpes 1, métacarpes 2 et métatarses 1 de la collection Notre-Dame	Bonne conservation <i>Plusieurs traitements statistiques</i>	Inspiré de Lazenby (1998, 2002)

3.2.2. Analyse géochimique

Préalablement aux traitements, les échantillons sont nettoyés puis réduits en poudre. Pour les dents, la couche de surface est d'abord enlevée, puis l'émail prélevé; le tout avec un outil rotatif à basse vitesse afin d'éviter le chauffage du matériel et l'altération de l'apatite (tel que recommandé dans Buzon et Bowen 2010, Tykot 2004, Wiedemann et coll. 1999, Wright et Schwarcz 1998).

3.2.2.1. Traitement pour obtenir du collagène

Bien que la collection ostéologique de Notre-Dame ait déjà fait l'objet d'analyses de la composition isotopique du collagène (Ribot et coll. soumis), de nouvelles analyses ont dues être menées, sur l'os de la mâchoire cette fois (alors que les analyses précédentes avaient été effectuées sur les côtes), afin de confirmer l'association entre les dents et les os.

Pour l'obtention du collagène, la méthode développée par Sealy et Van der Merwe (1986) a été utilisée. L'ensemble de la méthode nécessite de 0,5 à 1 g d'os.

Pour enlever la portion minérale de l'os, les échantillons sont immergés dans une solution d'acide chlorhydrique (HCl) peu concentrée (1 %). L'échantillon est déminéralisé lorsqu'il n'émet plus de dégagement de CO₂. Il est alors translucide et d'aspect floconneux.

L'étape suivante est le nettoyage chimique des contaminants organiques (sédiments, restes microscopiques de plantes, acide humique). Pour ce faire, les échantillons sont immergés dans une solution de 0,125 M d'hydroxyde de sodium (NaOH) pendant 20 heures. Les échantillons sont ensuite lyophilisés (c'est-à-dire séchés à froid).

La concentration en carbone et en azote de l'échantillon est mesurée à l'aide d'un analyseur élémentaire (Carlo Erba CE 2500), ce qui fournit l'indice de conservation du collagène (Deniro 1985) et indique la quantité d'échantillons nécessaire à l'analyse au spectromètre de masse à ratios isotopiques en mode flux continu de marque Isoprime^{MC} couplé à un analyseur élémentaire de marque Elementar, modèle Vario Micro-Cube^{MC}. Une courte présentation du principe de la spectrométrie de masse est disponible en annexe 1.

Dans l'étude, le $\delta^{15}\text{N}$ du collagène, ne sera pas référé en relation avec son matériel (donc, $\delta^{15}\text{N}$ uniquement) et ce, afin d'alléger le texte.

3.2.2.2. Traitement pour obtenir du carbonate de l'apatite

Dans le cadre de cette étude, deux prétraitements différents (avec ou sans acide) ont été appliqués aux os afin de déterminer quelle méthode fournit un carbonate de l'apatite (référé ultérieurement seulement par carbonate) adéquat pour l'analyse. Les résultats de ces manipulations se trouvent à l'annexe 5.

Les $\delta^{18}\text{O}$ obtenus à partir de l'analyse du carbonate des os ont dû être écartés. Les deux prétraitements ont fourni des résultats convenables pour le $\delta^{13}\text{C}$ lors de l'analyse, mais ont échoué à produire des $\delta^{18}\text{O}$ utilisables. Les $\delta^{18}\text{O}$ provenant de l'échantillon du cimetière de Notre-Dame ont été rejetés. La possibilité qu'il y ait eu contamination par dégagement de soufre lors de l'analyse au spectromètre de masse a été envisagée (Kohn et Cerling 2002); des analyses seront menées ultérieurement.

Finalement, la méthode sans prétraitement à l'acide inspirée de Garvie-Lok et collaborateurs (2004) a été retenue pour l'analyse du carbonate de l'apatite de l'émail des dents. La quantité de matériel requis est minimale : une quantité de 10 mg suffit aux analyses.

La matière organique est enlevée en immergeant l'échantillon dans une solution à 2 % de NaOCl (eau de javel) durant 24 heures. Les échantillons sont ensuite lyophilisés; cette étape est particulièrement importante dans ce cas afin que toute l'eau (H₂O) utilisée lors des prétraitements soit retirée, sinon son $\delta^{18}\text{O}$ pourrait influencer les résultats de l'analyse.

L'analyse se fait au spectromètre de masse à ratios isotopiques en mode injection double couplé à un système Multicarb^{MC} de marque Isoprime^{MC}.

Dans le texte, nous référerons au $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'apatite de l'émail que par la dent analysée, par exemple $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires afin de faciliter la lecture.

3.2.3. Analyse spatiale

Pour l'analyse spatiale du cimetière Notre-Dame, une cartographie de la distribution spatiale des données (par sexe, âge et teneur isotopique en $\delta^{18}\text{O}$) sera produite en modifiant le plan 2, « BfJf-112, site de la première église Notre-Dame. Distribution des sépultures en fonction des interventions archéologiques », produit par la firme Arkéos et fourni dans le rapport de fouille : « Intervention archéologique sur le site de la première église Notre-Dame (BfJf-112), Vieux-Montréal » (2008).

3.2.4. Traitement des données

Les résultats sont traités avec le programme statistique SPSS version 19. Dans un premier temps, des statistiques ont été menées sur l'ensemble des groupes de données (par exemple, $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ des individus de Notre-Dame), afin de déterminer s'il s'agit d'une distribution normale : le coefficient d'asymétrie et le coefficient d'aplatissement ont été mesurés pour déterminer l'application de tests statistiques paramétriques ou non paramétriques (Scherrer

2007). Seuls les résultats de $\delta^{13}\text{C}$ du collagène de l'échantillon de Notre-Dame et les $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'apatite des os des individus de Notre-Dame, et ce, pour les deux prétraitements effectués, sont non paramétriques (voir l'annexe 6). Nous effectuerons majoritairement des tests de comparaison de moyennes : le t de Student ou le U de Mann-Whitney seront utilisés pour déterminer l'impact du sexe, de l'échantillon ou du prétraitement sur les compositions isotopiques, l'Anova confrontera les teneurs isotopiques aux groupes d'âge au décès, aux origines géographiques, aux parcours migratoires ou aux zones d'inhumation dans le cimetière. Le seuil de signification sera fixé à 0,05. Les graphiques seront produits à partir d'Excel dans la suite Microsoft Office 2007.

3.3 Conclusion

En somme, les méthodes utilisées dans le cadre de cette étude vont permettre d'amasser jusqu'à 9 données par individu : sexe, âge, $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des prémolaires formées entre 2 et 7 ans, $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des troisièmes molaires représentant la période préadulte (entre 7 et 16 ans), $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate et $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ du collagène des os. Pour des raisons techniques, le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des os a été rejeté. L'ensemble de ces données permet d'étudier l'identité, la mobilité et l'alimentation des premiers Montréalais, ce qui nous permettra de répondre à nos problématiques de recherche, centrale et secondaire.

CHAPITRE 4 Résultats et discussion

Ce chapitre présente les résultats des analyses ostéologiques, isotopiques, statistiques et spatiales (l'ensemble des résultats se trouve aux annexes 3, 7 et 6 respectivement). Comme les méthodes utilisées sont nombreuses, les données obtenues sont présentées et discutées en fonction des questions sous-jacentes à la problématique centrale d'ordre bioarchéologique et de la problématique secondaire liée au domaine de l'archéologie funéraire.

4.1. Problématique de recherche centrale : géochimie des isotopes et bioarchéologie humaine

Notre problématique de recherche bioarchéologique est la suivante : l'histoire migratoire individuelle influence-t-elle le régime alimentaire adopté par les Montréalais aux XVII^e et XVIII^e siècles? Les questions qui suivent devraient permettre d'y répondre.

4.1.1 Quelle est l'identité des individus inhumés au cimetière Notre-Dame?

L'état fragmentaire et perturbé de la collection s'est surtout fait sentir à l'étape de l'analyse ostéologique (fournie à l'annexe 3). Dans un premier temps, en raison du nombre minimal d'individus (NMI) identifié dans certaines sépultures, l'association entre les dents (ou la mâchoire, selon le cas) échantillonnées et les éléments anatomiques diagnostiques utilisés pour les analyses ostéologiques était parfois questionnable; dans certains cas problématiques, notamment dans les cas de sépultures multiples (dont le code ne se termine pas par la lettre S suivie d'un chiffre), l'individualisation n'a pu être déterminée. De plus, la conservation déficiente des éléments anatomiques diagnostiques a limité l'identification. Sur l'ensemble de l'échantillon, seuls douze individus adultes présentaient un bassin permettant l'application d'au moins une des méthodes (de détermination du sexe ou d'estimation de l'âge au décès). De ce nombre, seulement trois ont permis la détermination du sexe. Toutefois, l'utilisation de l'ensemble des méthodes a permis de déterminer le sexe de 30 individus de l'échantillon. En tout, il s'agit de 12 femmes et de 18 hommes (figure 11).

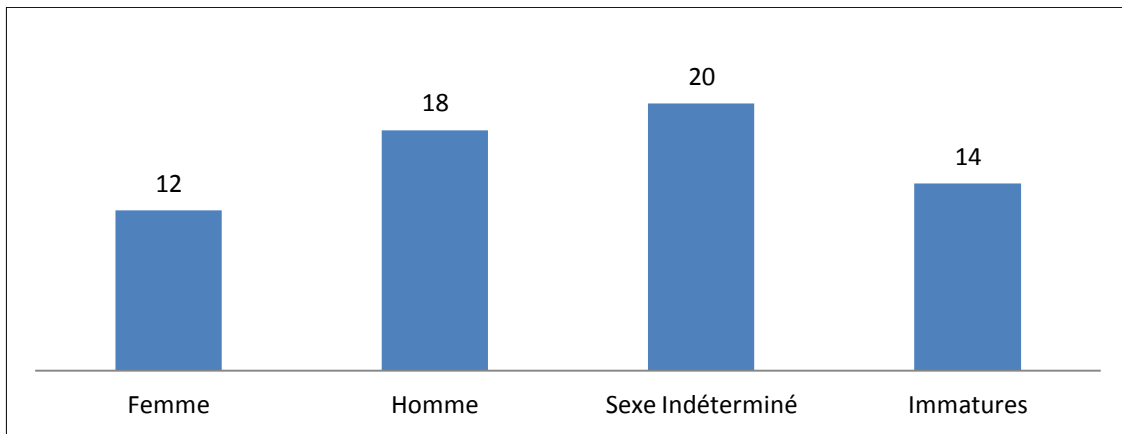


Figure 11. Distribution de fréquence par sexe pour l'échantillon de Notre-Dame

La détermination du sexe n'a pas pu être effectuée pour plus de la moitié des individus, ce qui s'explique aussi par la présence de plus de 20 % d'immatures dans l'échantillon. Cependant, en termes de fréquence d'éléments analysés, les individus sexés représentent plus de 65 % de l'échantillon total (figure 12).

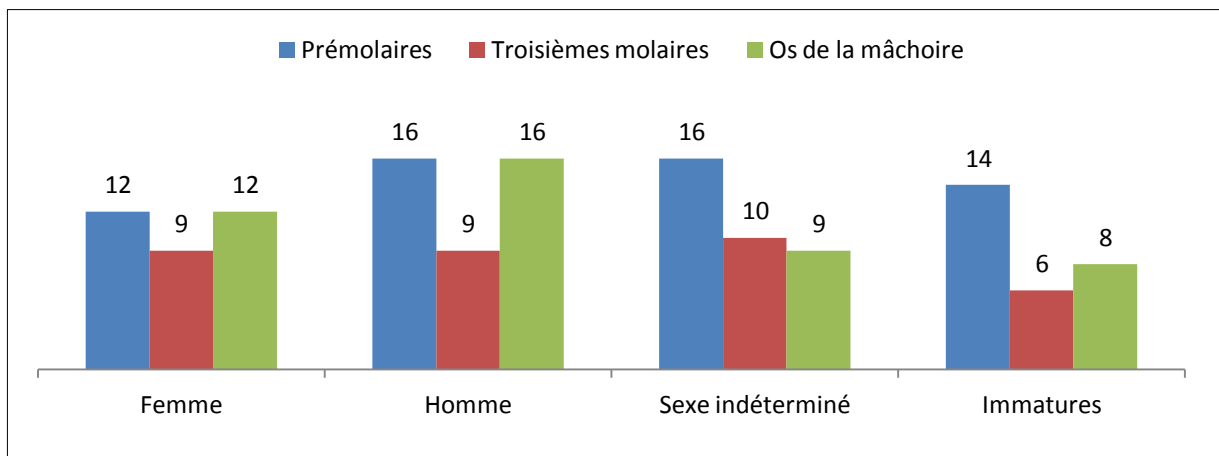


Figure 12. Distribution par fréquence des éléments échantillonnés en fonction du sexe des individus, cimetière Notre-Dame

L'estimation de l'âge au décès par de larges intervalles d'âge a permis d'associer plus de 75 % des individus de l'échantillon à un groupe d'âge. Cela s'explique d'une part par le fait que plus du quart de l'échantillon est composé d'individus immatures, dont le processus de formation des dents est bien documenté, et d'autre part parce que les âges au décès des individus matures ont été divisés en deux groupes d'intervalles d'âge larges.

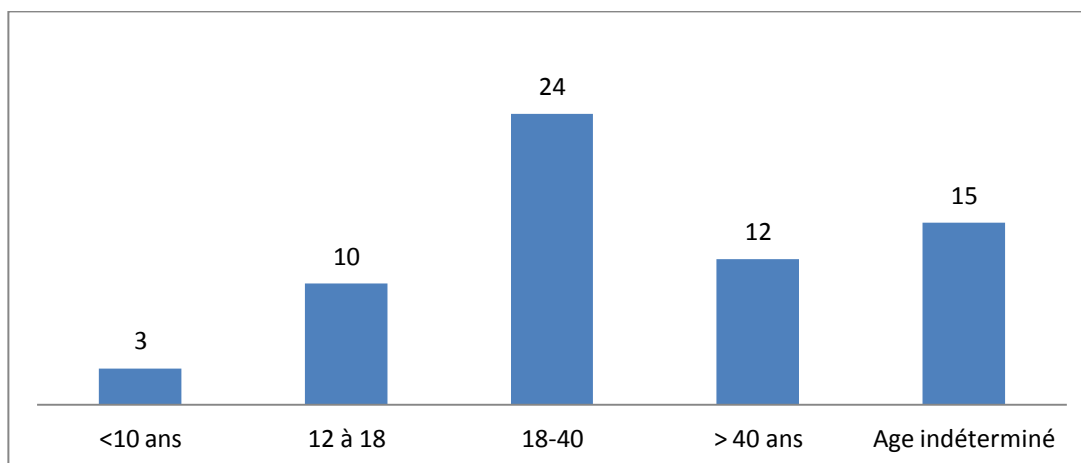


Figure 13. Distribution des âges au décès de l'échantillon du cimetière Notre-Dame

L'âge modal de l'échantillon correspond à l'espérance de vie de 35,5 ans, estimée pour cette période préindustrielle par Charbonneau (1975) (figure 13). Toutefois, dans le détail, la distribution des âges au décès estimés de l'échantillon diffère du profil de mortalité par âge au décès de la paroisse Notre-Dame pour la période de 1691 à 1796, tel que démontré dans le tableau XII.

Tableau XII. Profil de mortalité par groupe d'âge au décès comparé entre le registre de la paroisse Notre-Dame (entre 1691 et 1796) et l'échantillon provenant du cimetière Notre-Dame (1691-1796). * 54 % des défunts ont moins de 2 ans.

Groupe d'âge au décès	Registres de la paroisse Notre-Dame (1691-1796) (N=25 757) *	Échantillon du cimetière de Notre-Dame (1691-1796) (N=49)
2 à 10 ans	12 %	6 %
12 à 18 ans	2 %	20 %
18 à 40 ans	12 %	49 %
40 à 105 ans	20 %	24 %

Bien que les décès répertoriés dans le registre de la paroisse Notre-Dame entre 1691 et 1796 incluent les cinq cimetières en usage, simultanément ou non, il est aisé de constater que l'échantillon à l'étude n'est pas représentatif de la mortalité réelle à Montréal à l'époque. Les individus de 12 à 40 ans sont surreprésentés, tandis que les plus jeunes (2 à 10 ans) sont sous-représentés. Seuls les décès à plus de 40 ans sont relativement bien représentés. Cette tendance peut s'expliquer par la mauvaise conservation des éléments diagnostiques de jeunes

individus, par la fouille non exhaustive du cimetière, ainsi que par une mauvaise estimation de l'âge.

En somme, l'échantillon du cimetière Notre-Dame comprend 14 individus de moins de 18 ans, 8 jeunes femmes, 4 femmes matures, 8 jeunes hommes et 8 hommes matures, 2 hommes dont l'âge au décès n'a pu être déterminé, 7 jeunes adultes dont le sexe est inconnu et 13 individus dont ni le sexe ni l'âge au décès n'ont pu être déterminés (tableau XIII).

Tableau XIII. Distribution de la fréquence des sexes en fonction de l'âge au décès des individus de l'échantillon de Notre-Dame (1691-1796)

	Moins de 10 ans	12 à 18 ans	18 à 40 ans	Plus de 40 ans	Âge au décès indéterminé
Immatures	3	11	-	-	-
Femmes	-	-	8	4	-
Hommes	-	-	8	8	2
Sexe indéterminé	-	-	7	-	13

4.1.2. Quel est le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'émail des habitants de la ville de Montréal à cette période?

Afin de déterminer la composition isotopique en ^{18}O du carbonate des dents des habitants de Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles, nous avons analysé les prémolaires des trois enfants de moins de 10 ans présents dans la collection ostéologique de Notre-Dame, nos prémisses étant que, selon les probabilités, ces enfants sont natifs de la Nouvelle-France et ils ont vraisemblablement vécu dans la ville où ils ont été inhumés.

Le carbonate des dents des enfants a fourni des $\delta^{18}\text{O}$ de +22,36 ‰, +22,69 ‰ et +22,94 ‰ vs VSMOW. Cette légère variation correspond à la différence intragroupe (± 1 ‰) attendue d'une population (entres autres voir Daux et coll. 2008, Longinelli 1984, White et coll. 2004). Une

telle amplitude avait été observée par Longinelli (1984) sur une population moderne (N=12). Ces teneurs isotopiques en ^{18}O serviront de balises pour estimer l'eau consommée à Montréal entre 1691 et 1796. En raison de la petite taille de ce sous-échantillon et afin de mieux refléter la probable variation du $\delta^{18}\text{O}$ des dents des habitants de Montréal à cette époque, les $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des prémolaires des enfants ont été augmentés de $\pm 1\text{‰}$, ce qui situe les limites isotopiques de l'eau de la ville entre 21,94 et 23,36 ‰ vs VSMOW. Ces teneurs isotopiques serviront de balises pour délimiter le $\delta^{18}\text{O}$ des Montréalais à l'époque.

4.1.3. Montréalais d'origine ou d'immigration : quelle est l'origine géographique des individus de l'échantillon?

Cette délimitation des teneurs isotopiques en ^{18}O des habitants de Montréal entraîne la création de trois zones géographiques : une région où les compositions isotopiques sont enrichies en ^{18}O par rapport aux Montréalais, une région représentant Montréal (ou toute autre région où le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate est similaire) et une région où le $\delta^{18}\text{O}$ est appauvri en ^{18}O , toujours comparativement aux citoyens de Montréal. Donc, la région enrichie en ^{18}O correspond à un milieu soit plus chaud, soit plus près de la mer; dans le cas de cette étude, cela peut correspondre à la France, aux Îles Britanniques, au sud-est des États-Unis (Louisiane), aux Antilles, à l'Afrique et possiblement à l'Acadie. Les régions pouvant fournir des $\delta^{18}\text{O}$ comparables à ceux des habitants de Montréal sont, bien entendu, les villages limitrophes et une certaine portion continentale de l'Europe ou plus méridionale du continent américain. Les régions plus appauvries en oxygène sont les environnements continentaux et/ou plus nordiques, communément appelés « les Pays d'en Haut » (revoir figure 8). La multitude de lieux associés à chaque région reflète les limites intrinsèques à l'analyse de la teneur isotopique en oxygène seule pour répondre à des questions d'origine géographique. L'ajout de la composition en strontium et en plomb peut certainement affiner la zone possible d'origine (Fitch et coll. 2012). Tout de même, le $\delta^{18}\text{O}$ nous permettra de séparer les Montréalais d'origine des Montréalais d'adoption.

Dans un premier temps, la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires a fait l'objet de tests statistiques afin de déterminer si elle varie en fonction du sexe et/ou de l'âge au décès des individus (tableaux XIV et XV respectivement). Aucune différence statistique significative n'a été perçue. Cette homogénéité est surprenante; elle laisse présager que l'échantillon de la population de Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles était d'origine semblable; pourtant, bien qu'une grande proportion d'individus était native de la colonie (plus de 60 % au recensement de 1681), la présence d'immigrants français et de migrants des îles britanniques ou d'ailleurs en Europe est attestée. L'inhumation de ces individus au sein du cimetière paroissial Notre-Dame peut être mise en doute dans le cas des Anglais protestants, mais plusieurs Français et Irlandais étaient de confession catholique.

Tableau XIV. Comparaison de moyennes de t de Student confrontant les teneurs isotopiques en ^{18}O des prémolaires selon le sexe pour l'échantillon de Notre-Dame

Groupe	Échantillon	N	Moyenne	Écart-type	Test de Levene		Test t de Student		
					F	P	T	DI	P
$\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires	Femme	11	23,425	1,3016	2,880	0,102	0,057	26	0,955
	Homme	16	23,462	1,7986					

Tableau XV. Analyse de variance des moyennes des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires, en fonction du groupe d'âge au décès, pour l'échantillon de Notre-Dame

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires	Âge au décès	57	0,987	0,422

La représentation graphique de la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires (figure 14) en fonction de l'âge au décès et du sexe des individus permet une analyse plus subtile de la migration à Montréal. Nous avons placé des bandes mauves afin de montrer les délimitations du $\delta^{18}\text{O}$ associé aux Montréalais : la bande plus mince représente la variation des $\delta^{18}\text{O}$ des dents des enfants, alors que la bande plus large comprend l'augmentation arbitraire de 1 ‰. Ainsi, certaines tendances sont perceptibles. De manière générale, nous percevons que la dispersion des teneurs isotopiques en ^{18}O augmente à l'âge adulte. Outre deux individus provenant

possiblement de l'intérieur des terres ou d'une région située plus au nord et deux autres individus provenant, au contraire, d'un milieu plus chaud, les $\delta^{18}\text{O}$ des préadultes (décédés entre l'âge de 12 à 18 ans) se situent majoritairement dans les limites circonscrites pour les habitants de la région montréalaise.

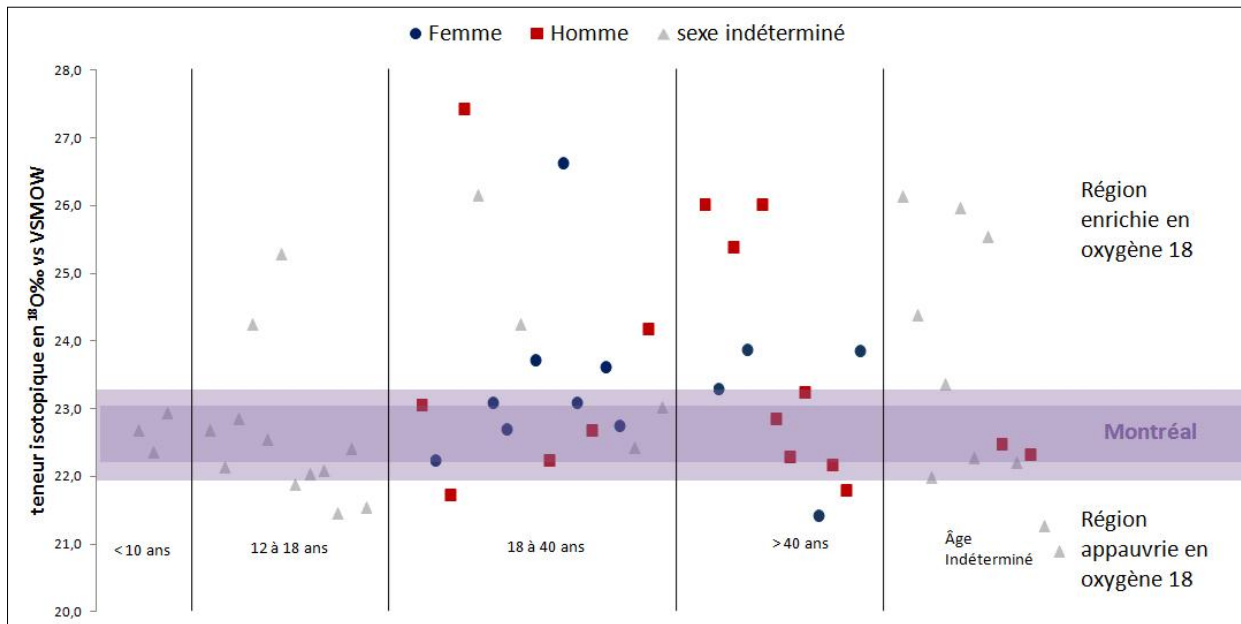


Figure 14. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires, selon le sexe et le groupe d'âge, échantillon de Notre-Dame

Le tableau XVI présente ces mêmes données; nous pouvons voir que 66 % des individus préadultes sont possiblement natifs de la région montréalaise, ce nombre diminue à un peu moins de 60 % pour le groupe des jeunes adultes et descend à un peu plus de 40 % chez les adultes matures. Ces fréquences, bien qu'assez faibles en effectifs, représentent la situation de l'établissement à Montréal, où, dès les années 1680, la croissance démographique est désormais due davantage au taux de natalité élevé qu'à l'immigration transatlantique.

Tableau XVI. Distribution des individus selon leur région d'origine en fonction du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame

	12 à 18 ans	18 à 40 ans	> de 40 ans	Âge au décès indéterminé
Région enrichie en ¹⁸ O	2	7	5	4
Montréal	8	10	5	6
Région appauvrie en ¹⁸ O	2	1	2	2

En ce qui concerne la relation entre la région d'origine, le sexe et le groupe d'âge au décès des individus, les effectifs sont peu nombreux, ce qui réduit la possibilité d'interprétation. Nous pouvons tout de même constater que la majorité des femmes décédées entre 18 et 40 ans seraient natives de la région de Montréal, ce qui correspond aux données historiques sur la migration féminine.

Tableau XVII. Distribution des individus selon leur région d'origine en fonction du sexe et du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame

	Femme		Hommes		
	18 à 40 ans	> de 40 ans	18 à 40 ans	> de 40 ans	Âge indéterminé
Région enrichie en ¹⁸ O	3	2	2	3	0
Montréal	5	1	3	4	2
Région appauvrie en ¹⁸ O	0	1	1	1	0

En résumé, bien qu'en raison des limites interprétatives de l'oxygène, nous n'ayons pu déterminer l'origine géographique des individus, il nous fut par contre possible de différencier les individus montréalais de naissance, des Montréalais d'adoption. Ainsi, sur les 54 individus dont une prémolaire a été analysée, la majorité (29) est native de la région (élargie) de Montréal, le tiers (18) est possiblement originaire d'une région plus chaude ou plus côtière et un peu plus de 10 % (7 personnes) proviendraient peut-être des « Pays d'en Haut ». Ces résultats ont mis en lumière l'hétérogénéité de la collection de Notre-Dame.

4.1.4. Quelle est l'histoire migratoire des individus de Notre-Dame?

Dans l'échantillon de Notre-Dame, 25 individus ont connu, à un moment de leur vie, un épisode de mobilité; ils ont une histoire migratoire. Par le terme « histoire migratoire », nous référons aux déplacements effectués entre l'âge de la petite enfance et le décès. Il est contraignant que les analyses de la composition isotopique en oxygène des os n'aient pas fourni de résultats adéquats, ce qui ne nous permet pas d'aborder la mobilité à l'âge adulte. Tout de même, nous savons qu'ils se sont trouvés à un certain moment de leur vie à Montréal, puisqu'il s'agit de l'endroit où leur corps a été inhumé. Lors de l'interprétation des données pour la question précédente, nous avons déterminé, de manière générale, une « région » de naissance; il ne reste plus qu'à déterminer l'endroit où l'individu a vécu durant sa période préadulte, afin d'esquisser son parcours de mobilité durant sa période juvénile.

Notre échantillon contient 34 troisièmes molaires. Les tests statistiques menés afin de déterminer si le $\delta^{18}\text{O}$ de ces dents diffère en fonction du sexe ou du groupe d'âge des individus se sont avérés non significatifs (tableaux XVIII et XIX).

Tableau XVIII. Comparaison de moyenne de t de Student confrontant les $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires selon le sexe pour l'échantillon de Notre-Dame

Groupe	Échantillon	N	Moyenne	Écart-type	Test de Levene		Test t de Student		
					F	P	T	DI	P
$\delta^{18}\text{O}$ des M3	Femme	9	22,6045	1,3763	0,504	0,488	1,571	16	0,136
	Homme	9	23,688	1,54526					

Tableau XIX. Analyse de variance Anova des $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires, en fonction du groupe d'âge au décès, pour l'échantillon de Notre-Dame

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\delta^{18}\text{O}$ des M3	Âge au décès	33	0,967	0,421

La figure 15 présente les compositions isotopiques en ^{18}O des troisièmes molaires. La bande mauve représente toujours les teneurs isotopiques en ^{18}O associés aux habitants de la région

montréalaise. Nous pouvons constater, de manière évidente, que les individus décédés à l'âge préadulte présentent presque tous des $\delta^{18}\text{O}$ associés à la région montréalaise. Un seul individu a fourni une composition isotopique plus appauvrie en ^{18}O : peut-être revenait-il de l'intérieur des terres après avoir fait la traite des fourrures ou participé à la coupe de bois, par exemple? Il est intéressant de constater que, chez les individus plus âgés, jeunes adultes et adultes matures, la proportion d'individus ayant demeurée dans la région de Montréal est bien moindre, ce qui laisse à penser dès les premiers abords qu'il y a eu beaucoup de mobilité parmi les individus de l'échantillon.

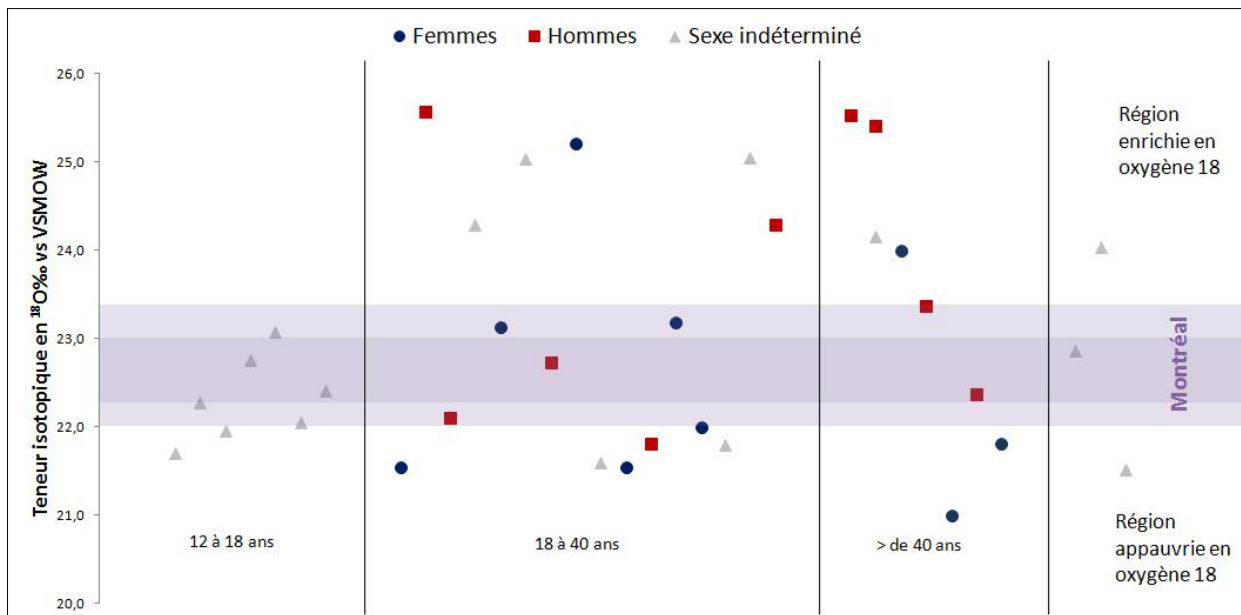


Figure 15. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires reliées à l'âge préadulte de l'échantillon de Notre-Dame, en fonction de l'âge au décès et du sexe de l'échantillon de Notre-Dame

Le tableau XX corrobore cette impression : environ le tiers des individus décédés entre 18 et 40 ans demeuraient dans la région de Montréal à l'âge préadulte et ce taux descend à 25 % pour les individus plus âgés. Ainsi, près de 70 % des individus adultes dont la troisième molaire a été analysée ont demeuré à l'extérieur de la région montréalaise entre l'âge de 7 et 16 ans.

Tableau XX. Distribution des individus selon la région où ils demeuraient durant leur période préadulte en fonction du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame

	12 à 18 ans	18 à 40 ans	> de 40 ans	Âge au décès indéterminé
Région enrichie en ^{18}O	0	6	4	1
Montréal	6	5	2	1
Région appauvrie en ^{18}O	1	5	2	1

En ce qui a trait à la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ de la troisième molaire en fonction du sexe et du groupe d'âge, les effectifs de chaque catégorie sont trop minimes pour tirer quelque conclusion probable. Il est toutefois intéressant de constater qu'aucune femme mature de ce sous-échantillon ne demeurait dans la région de Montréal entre 7 et 16 ans; un échantillon plus volumineux permettrait de confirmer cette subtile tendance.

Tableau XXI. Distribution des individus selon leur région d'origine en fonction du sexe et du groupe d'âge au décès, échantillon de Notre-Dame

	Femme		Homme	
	18 à 40 ans	> de 40 ans	18 à 40 ans	> de 40 ans
Région enrichie en ^{18}O	1	1	2	2
Montréal	3	0	2	2
Région appauvrie en ^{18}O	2	2	1	0

Dans la question précédente portant sur l'origine des individus, sur un échantillon de 54 personnes plus de la moitié, soit 29, étaient natives de la région (élargie) de Montréal. Du présent échantillon de 33 troisièmes molaires, 14 individus, soit un peu de 40 %, demeuraient dans la région montréalaise durant leur période préadulte (entre 7 et 16 ans). Nous allons maintenant comparer les deux distributions graphiques, auxquelles nous avons ajouté les codes des individus présentant de l'intérêt, afin de commenter leurs parcours (figures 16 et 17).

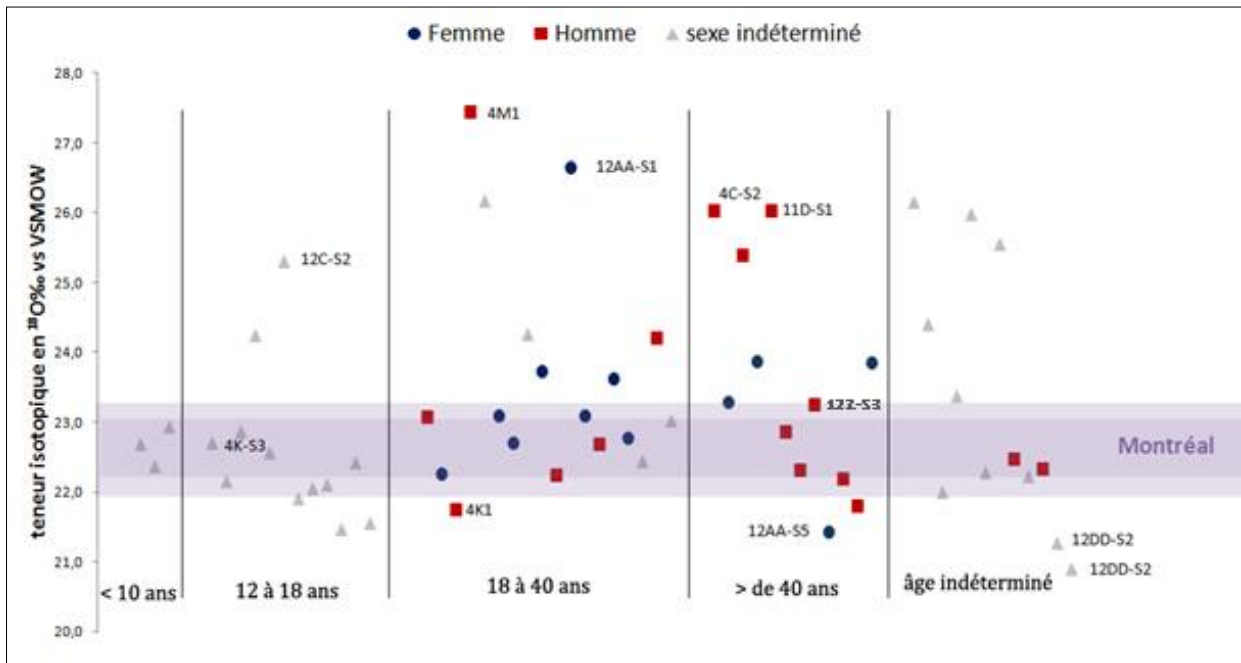


Figure 16. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires de l'échantillon de Notre-Dame en fonction de l'âge au décès et du sexe des individus

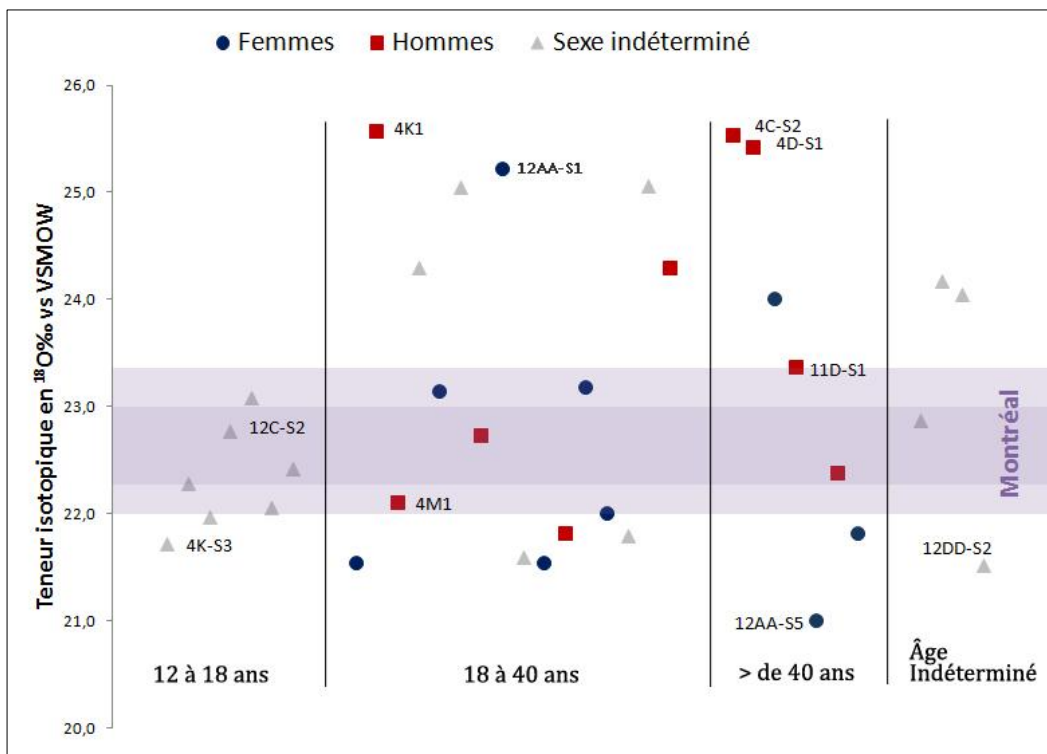


Figure 17. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des troisièmes molaires en fonction de l'âge au décès et du sexe de l'échantillon de Notre-Dame

Nous avons décidé de mettre en lumière le parcours de dix individus : 4C-S2, 4D-S1, 4K1, 4K-S3, 4M1, 11D-S1, 12C-S2, 12AA-S1, 12AA-S5 et 12DD-S2. Dans notre échantillon, la jeune femme 12AA-S1 est celle qui présente la teneur isotopique en ^{18}O la plus enrichie, que ce soit pour la prémolaire ou pour la troisième molaire; elle semble donc être demeurée dans une région plus chaude ou plus côtière que la ville de Montréal durant sa période juvénile; elle aurait donc migré à l'âge adulte. Compte tenu de l'histoire de l'immigration féminine en Nouvelle-France, qui eut lieu principalement au début de la colonie lors de l'arrivée des familles et des « Filles du Roy », nous pouvons peut-être avancer que cette jeune femme aurait fait partie de ces contingents d'immigrantes?

Les teneurs isotopiques de la dame décédée à un âge plus avancé (12AA-S5) présentent aussi de l'intérêt. Contrairement à la précédente, elle aurait vécu l'ensemble de sa jeunesse dans un environnement plus frais que Montréal. Peut-être cette femme mature était-elle de descendance amérindienne? Peut-être a-t-elle migré d'une colonie plus nordique?

Des cas de migrations « juvéniles », soit entre 7 et 16 ans, sont perceptibles. Le jeune individu 12C-S2 et les hommes adultes 4M1 et 11D-S1 semblent avoir quitté une région plus enrichie en ^{18}O , soit plus chaude ou plus près de la mer, pour venir s'installer dans les limites de Montréal avant l'âge préadulte. Il peut s'agir de mousses, recrutés en jeune âge (entre 10 et 16 ans) (Lefrançois 2007), qui auraient effectués le voyage outre-mer, mais auraient décidé de demeurer en Nouvelle-France ou, dans le cas du jeune 12C-S2, serait peut-être décédé peu de temps après l'arrivée du navire dans le port de Montréal. L'adolescent 4K-S3 serait un Montréalais d'origine, qui se serait déplacé vers une région légèrement plus froide, puis serait revenu mourir à Montréal. Le jeune homme 4K1 semble être l'individu ayant fait le déplacement sur la plus longue distance : il a quitté une région légèrement plus appauvrie en ^{18}O que Montréal pour un endroit beaucoup plus enrichi en ^{18}O durant sa jeunesse, puis est revenu à Montréal à l'âge adulte. Peut-être le jeune homme a-t-il quitté son village natal pour aller vivre dans les territoires au sud de Montréal? Peut-être est-il parti en France? Ce ne sont là que des spéculations.

Les autres cas intéressants concernent des individus dont la similarité du $\delta^{18}\text{O}$ laisse croire qu'ils puissent avoir des liens de parenté ou des origines identiques. Deux secondes prémolaires droites du maxillaire ont été retrouvées dans la sépulture 12DD-S2; leur analyse a fourni des résultats surprenants : leurs $\delta^{18}\text{O}$ sont très similaires (+20,9 et +21,4 $\pm 0,05$ ‰ vs VSMOW). Il est exclu qu'elles proviennent d'un même individu (en tout, ce sont 5 prémolaires du maxillaire qui ont été retrouvées). Il semble donc que deux individus, originaires de régions ayant un $\delta^{18}\text{O}$ comparable, aient été enterrés très près l'un de l'autre : se pourrait-il qu'ils soient apparentés? Les données ostéologiques sont trop lacunaires pour permettre de poursuivre la réflexion : le sexe et l'âge au décès sont indéterminés, et un des individus n'est représenté que par cette prémolaire. Nous savons que l'un des individus semble être demeuré toute sa jeunesse dans la même région. Ces deux personnes sont possiblement décédées à l'intérieur d'une période de temps assez restreinte, puisque leurs sépultures étaient superposées dans le cimetière Notre-Dame. Trois hommes matures, les sépultures 4C-S2, 4D-S1 et 11D-S1, ont des $\delta^{18}\text{O}$ assez similaires. Les $\delta^{18}\text{O}$ de la prémolaire de 11D-S1 et de 4C-S2 sont d'ailleurs identiques, à +26,0 $\pm 0,05$ ‰ vs VSMOW. L'homme 11D-S1 aurait migré à Montréal par la suite, avant d'atteindre l'âge de 16 ans. À cet âge, 4C-S2 et 4D-S1 présentent un $\delta^{18}\text{O}$ similaire (+25,5 et +25,4 $\pm 0,05$ ‰ vs VSMOW respectivement). De plus, ces deux derniers individus ont été inhumés près l'un de l'autre. Se pourrait-il qu'ils soient originaires de la même région? Se pourrait-il qu'ils soient reliés? Nous manquons de données pour développer davantage ces avenues.

Une autre méthode pour étudier l'histoire migratoire des premiers Montréalais consiste à combiner les $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires et des troisièmes molaires de chaque individu afin de dégager son parcours migratoire personnel. Le tableau XXII expose les sept parcours migratoires possibles entrepris par les 29 individus échantillonnés.

Tableau XXII. Tableau croisé des origines géographiques des prémolaires et des troisièmes molaires afin de déterminer les parcours migratoires effectués par les individus échantillonnés, entre 7 et 16 ans

$\delta^{18}\text{O}$ M3	Appauvri en ^{18}O	Montréal	Enrichi en ^{18}O	Total
$\delta^{18}\text{O}$ prémolaires				
Appauvri en ^{18}O	2	1	1	4
Montréal	5	7	1	13
Enrichi en ^{18}O	1	5	6	12
Total	8	13	8	29

Nous pouvons constater que 15 individus (en bleu sur le tableau XXII), ce qui représente un peu plus de 50 % de cet échantillon, ont été peu mobiles ou ne l'ont pas été du tout avant l'âge de 16 ans. Pour onze personnes (en rouge), les troisièmes molaires sont appauvries en ^{18}O comparativement aux prémolaires. Ces individus se seraient déplacés vers un environnement plus froid ou plus continental, vers Montréal pour les colons français ou vers l'intérieur des terres pour les Canadiens, entre autres explications possibles. Seulement trois individus (en vert) présentent un schéma d'enrichissement en ^{18}O entre les deux dents. Tel que discuté en section 2.4.3, certaines pratiques culinaires peuvent entraîner un enrichissement en ^{18}O . Les Montréalais consommaient d'ailleurs beaucoup de lait de vache et de ragoût, et les plus nantis consommaient des produits importés d'Europe, tels que du vin. Cependant, il semble peu probable que la proportion de ces aliments sur l'ensemble de leur apport en ^{18}O ait eu un impact majeur sur leur $\delta^{18}\text{O}$ (Jean-François Hélie, comm. pers.). En conséquence, les individus 12CC-S1 et 4G-S1 (en vert foncé sur le tableau XXII, voir figure 19) qui présentent un enrichissement en ^{18}O de moins de 1 ‰ (+0,6 et +0,7 respectivement) ne seront pas considérés dans l'étude de la mobilité

La figure 19, qui combine les $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des prémolaires (en abscisse) et des troisièmes molaires (en ordonnée), montre ces schémas de mobilité. Les bandes bleues ont été ajoutées pour représenter les teneurs isotopiques en ^{18}O élargies de Montréal. La droite

représente une corrélation arbitraire de 1, ce qui équivaut à une absence de mobilité. Cet ajout a pour fonction d'exposer les variations de $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate entre les deux dents. Les points pleins de couleur bleue représentent les femmes, ceux vides indiquent les hommes; la forme du point réfère à l'âge au décès de l'individu.

Les individus dont les compositions isotopiques en ^{18}O du carbonate se situent dans la bande verticale sont natifs de Montréal, ceux se trouvant à l'intérieur de la bande horizontale y ont demeuré à l'âge préadulte. Les gens dans la boîte centrale ont demeuré à Montréal durant leur période juvénile.

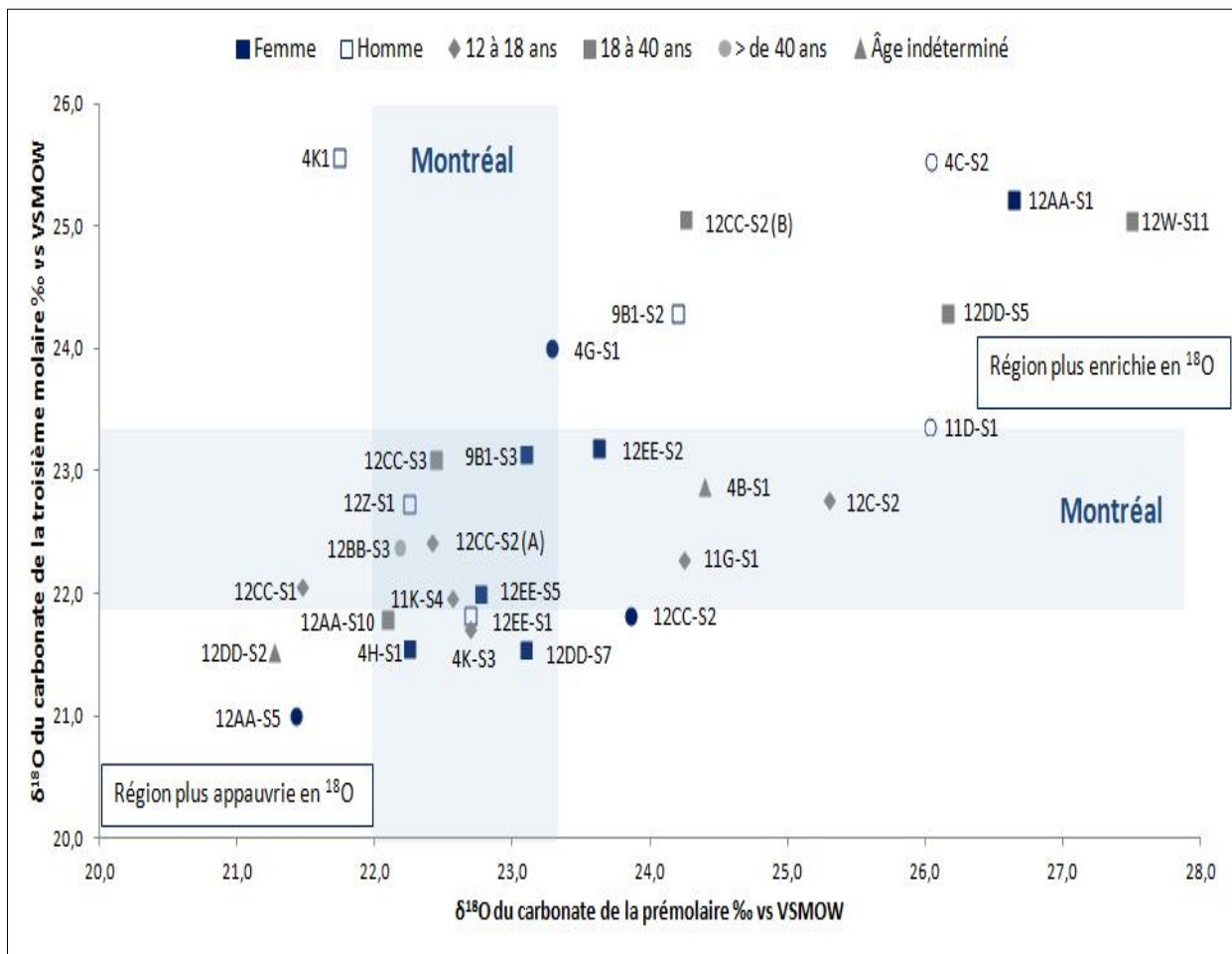


Figure 18. Graphique de la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ combinées des prémolaires et des molaires. Les bandes bleues représentent les teneurs isotopiques associées à Montréal.

Les $\delta^{18}\text{O}$ se situant à droite de la bande verticale représentent des gens nés dans une région plus enrichie en ^{18}O que Montréal : l'Acadie, la France, les îles britanniques, le sud-est des États-Unis, dont la Louisiane, les Antilles et même l'Afrique. Les personnes dans le quadrant supérieur sont demeurées toute leur jeunesse dans cette région enrichie en ^{18}O (telles que 12AA-S1 et 4C-S2, dont nous avons discuté plus tôt). Les individus situés dans la bande horizontale auraient migré vers Montréal avant l'âge préadulte. La femme 12CC-S2 se serait déplacée de sa région plus enrichie vers une région plus appauvrie en ^{18}O que Montréal.

À l'opposé, les personnes dont les valeurs se trouvent à gauche de la bande verticale proviennent d'un environnement plus appauvri en ^{18}O : soit plus continental ou plus septentrional. Les individus se trouvant dans le quadrant inférieur sont demeurés toute leur jeunesse dans ces milieux. Les individus dont les $\delta^{18}\text{O}$ se situent dans la bande horizontale auraient migré à Montréal avant l'âge de 9 à 16 ans. L'homme mature 4K1, dont il a été question plus tôt, est l'individu dont le point est le plus éloigné de la droite arbitraire : il se serait déplacé vers un lieu beaucoup plus enrichi en ^{18}O que Montréal.

Sur le graphique, il est aisé de constater que les gens ont peu migré durant leur jeunesse. D'ailleurs, la corrélation entre la composition isotopique en ^{18}O des prémolaires et celle des troisièmes molaires est forte ($r = 0,622$, $p = 0,000$). Toutefois, sept parcours ressortent :

- 1) Jeunesse à Montréal (2 à 16 ans)
- 2) Natif de Montréal, puis déplacement vers une région plus appauvrie en ^{18}O
- 3) Jeunesse dans une région plus enrichie en ^{18}O (2 à 16 ans)
- 4) Natif d'une région plus enrichie en ^{18}O , puis migration à Montréal avant l'âge préadulte
- 5) Natif d'une région plus enrichie en ^{18}O , déplacement vers une région plus appauvrie que Montréal
- 6) Jeunesse dans une région plus appauvrie en ^{18}O que Montréal (2 à 16 ans)
- 7) Natif d'une région plus appauvrie en ^{18}O , déplacement vers une région plus enrichie que Montréal

Le tableau XXIII détaille ces parcours, en fonction du sexe et de l'âge au décès lorsqu'ils sont décédés. Bien que les effectifs soient encore une fois assez restreints et qu'ils limitent les conclusions possibles, le tableau laisse croire en une forte mortalité dans les années suivant la migration à Montréal. Deux des cinq individus ayant migré entre 7 et 16 ans (parcours 5) sont décédés avant d'avoir atteint 18 ans. De même, cinq des six individus ayant immigré d'une région plus enrichie en ^{18}O à l'âge adulte (parcours 3) n'ont pas survécu très longtemps et sont décédés avant l'âge de 40 ans. Il serait intéressant d'approfondir l'analyse des individus 11G-S1, 12C-S2, 9B1-S2, 12CC-S2 (B), 12DD-S5, 12W-S11 et 12AA-S1, afin de mieux comprendre les causes de leur décès, qui semble avoir été précipité.

Tableau XXIII. Tableau de synthèse des parcours migratoires selon le sexe et l'âge au décès des individus de l'échantillon de Notre-Dame (1691-1796)

Parcours	Petite enfance	Âge préadulte	Décès	N	Masculin		Féminin		Sexe indéterminé			Âge ind.
					18 à 40 ans	> de 40 ans	18 à 40 ans	> de 40 ans	12 à 18 ans	18 à 40 ans	> de 40 ans	
					1	Montréal	Montréal	Montréal	7	1	1	
2	Montréal	Appauvri en ^{18}O	Montréal	5	1		2		1	1		
3	Enrichi en ^{18}O	Enrichi en ^{18}O	Montréal	6	1	1	1			3		
4	Enrichi en ^{18}O	Montréal	Montréal	5		1	1		2			1
5	Enrichi en ^{18}O	Appauvri en ^{18}O	Montréal	1	1							
6	Appauvri en ^{18}O	Appauvri en ^{18}O	Montréal	2				1				1
7	Appauvri en ^{18}O	Enrichi en ^{18}O	Montréal	1			1					

Ces résultats montrent la diversité des histoires migratoires vécues par les premiers Montréalais. Nous les reprendrons plus tard afin de les comparer aux régimes alimentaires dans le but de répondre à notre problématique centrale.

4.1.5. Quel est le régime alimentaire des individus échantillonnés?

Afin d'explorer cette question, trois méthodes d'analyse différentes sont utilisées : la méthode standard, qui combine $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$, la méthode mathématique développée par Harrison et Katzenberg (2003) et la méthode linéaire de Kellner et Schoeninger (2007). Le but de cette démarche est de mieux comprendre l'alimentation montréalaise dans ses particularités.

Les études en paléonutrition se basent majoritairement sur la combinaison des $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ obtenus à partir du collagène. Toutefois, le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate représente l'ensemble du régime alimentaire ($r^2=0,97$) et puisque le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène est influencé par la portion protéinée de l'alimentation, nous combinerons le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate au $\delta^{15}\text{N}$. Aucun exemple similaire n'a été observé dans la littérature; d'ailleurs, les recherches analysant le carbonate et le collagène sont peu nombreuses. Pourtant, dès 1981, Krueger et Sullivan ont soulevé le biais lié à l'utilisation du $\delta^{13}\text{C}$ du collagène en paléonutrition et ont encouragé l'emploi des deux matériaux.

Nous avons testé les distributions des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et des $\delta^{15}\text{N}$; celles-ci ne diffèrent pas significativement en fonction du groupe d'âge et du sexe (tableaux XXIV et XXV).

Tableau XXIV. Analyse de variance Anova confrontant la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os et des $\delta^{15}\text{N}$ en fonction de l'âge au décès pour l'échantillon de Notre-Dame

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os	Âge au décès	43	0,013	0,987
$\delta^{15}\text{N}$	Âge au décès	43	0,975	0,386

Tableau XXV. Comparaison de moyenne de t de Student de la distribution du $^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et du ^{15}N dans l'échantillon de Notre-Dame (1691-1796) en fonction du sexe

Groupe	Échantillon	N	Moyenne	Écart-type	Test de variance		Test t de Student		
					F	P	T	dl	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$	Femme	11	-12,240	0,4857	0,004	0,952	0,172	25	0,865
	Homme	16	-12,206	0,5284					
$\delta^{15}\text{N}$	Femme	12	11,90	1,1184	0,000	0,991	-1,320	25	0,199
	Homme	15	11,353	1,0295					

La figure 19 montre la distribution combinée des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et des $\delta^{15}\text{N}$ obtenus pour les individus de Notre-Dame et les animaux de ferme qui y sont associés. Comme précédemment, nous avons souligné certains individus d'intérêt. Les barres d'erreurs ont été ajoutées par soucis de précision ($\pm 0,1\text{‰}$).

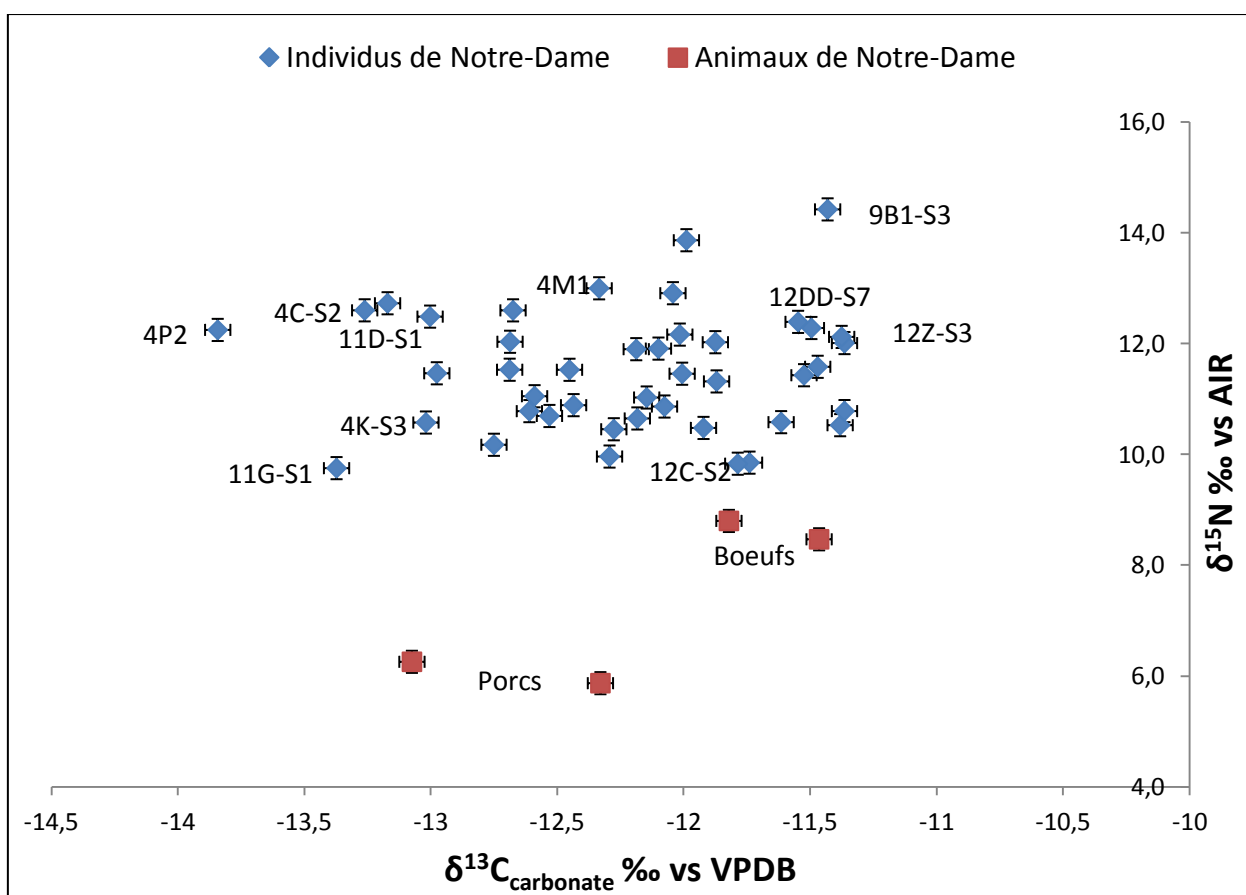


Figure 19. Confrontation des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et des $\delta^{15}\text{N}$ des individus et des animaux de Notre-Dame (1691-1796)

De manière générale, les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des Montréalais varient entre -11 et -14 ‰ vs VPDB, ce qui correspond à une alimentation dont la composition isotopique en carbone se situe autour de -20,5 à -23,5 ‰ vs VPDB (revoir figure 6). Ces teneurs isotopiques situent donc le régime alimentaire montréalais à la limite des plantes C_3 et dans la variation associée aux ressources halieutiques, animales et marines. Il n'est pas exclu que leur alimentation ait compris un apport en ressources C_4 . Il semble en effet probable que le régime alimentaire des Montréalais ait été varié et qu'il ait inclus une variété de végétaux de type C_3 , du maïs et du sucre de canne (plantes C_4), ainsi que la consommation des produits de la pêche et de la chasse (tel que dans le tableau IV).

La composition isotopique en carbone de l'individu 4P2 ressort du lot avec un $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate plus appauvri. Cette personne était inhumée dans l'enceinte de l'église et serait possiblement un notable ou un ecclésiaste. En raison des perturbations liées à l'exhumation des sépultures lors de la démolition de l'église, les ossements ont été trouvés épars et la détermination du sexe et de l'âge au moment du décès n'ont pu être effectuée. De plus, aucune dent n'a pu lui être associée avec certitude : son origine demeure donc inconnue. Il se peut que son $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ reflète son statut social ou son statut de nouvel immigrant; il aurait peut-être une rétention du régime alimentaire européen et une faible incorporation du maïs à son alimentation. En effet, son $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ indique qu'il consommait peu de plantes C_4 .

Les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ du jeune 11G-S1 et de l'homme mature 12Z-S3 sont situés aux limites appauvries et enrichies (respectivement) de la distribution de $\delta^{13}\text{C}$ de l'alimentation montréalaise. Le $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ du jeune 11G-S1 est à la limite appauvrie en ^{13}C , ce qui situe son alimentation à la limite des teneurs isotopiques associées aux plantes C_3 . Cette tendance semble indiquer une alimentation comprenant des végétaux de type C_3 en bonne quantité, mais une faible proportion de plantes C_4 et de ressources piscicoles et de viande, car il présente aussi un $\delta^{15}\text{N}$ peu élevé (9,75 ‰ vs AIR). L'homme mature 12Z-S3 situé à la limite moins appauvrie en ^{13}C du régime alimentaire se trouve dans la variation associée aux ressources aquatiques. Son alimentation devait être très variée, comprenant des végétaux C_3 ,

une bonne proportion de maïs (de sucre de canne ou de rhum, peut-être aussi) et de ressources animales, poisson et viande. Son $\delta^{15}\text{N}$ (12 ‰ vs AIR) montre son appétit pour ces sources de protéines. Il est intéressant de noter que l'alimentation des hommes matures 4C-S2 et 11D-S1 semble assez semblable; ces deux individus présentaient un $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de la prémolaire similaire. L'homme 11D-S1 aurait migré en Nouvelle-France avant l'âge de 16 ans et 4C-S2 aurait quant à lui migré à l'âge adulte; ces données semblent laisser supposer un lien de parenté... père et fils?

La figure 19 permet aussi de situer l'alimentation des animaux d'élevage : ils étaient nourris principalement de plantes C_3 : en soustrayant le taux de fractionnement adéquat (entre +10 et +14 ‰ selon le système digestif de l'animal (Deniro et Epstein 1978)) au $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de leur os, nous obtenons la teneur isotopique de leur alimentation, soit entre -22 et -26 ‰ vs VPDB.

En ce qui concerne l'apport en azote, l'alimentation montréalaise se situe au niveau trophique des chasseurs et des pêcheurs en rivière. Le $\delta^{15}\text{N}$ de l'échantillon varie de 9,8 à 14,2. Les individus tels que 11G-S1 et 12C-S2 sont à la limite des consommateurs secondaires, ce qui laisse supposer qu'ils consommaient peu de protéines animales. Le jeune 12C-S2 était inhumé dans l'agrandissement du cimetière; il a donc dû migrer en Nouvelle-France après les années 1730. Les deux jeunes sont originaires d'un environnement enrichi en ^{18}O : ils ont migrés à Montréal entre 7 et 16 ans et sont décédés avant d'avoir atteint l'âge adulte. Leur régime alimentaire pauvre en protéines semble contredire l'hypothèse qu'ils aient été engagés comme mousse sur des navires; peut-être les mousses étaient-ils maltraités, peut-être s'agissait-il d'esclaves? Il faudrait mener de nouvelles analyses (avec les isotopes de strontium, par exemple) pour aborder cette hypothèse. Le jeune homme 4M1, qui a aussi migré vers le même âge, présente quant à lui, une des teneurs isotopiques en azote les plus élevées (13 ‰ vs AIR). Peut-être est-ce justement un indicateur de la consommation de poissons marins à bord des bateaux? La personne présentant le $\delta^{15}\text{N}$ le plus élevé est une jeune femme (9B1-S3), qui semble avoir demeuré toute sa jeunesse dans la région de Montréal ou dans une région à

la composition isotopique en ^{18}O semblable. Les animaux de ferme présentent des $\delta^{15}\text{N}$ inférieurs à ceux des Montréalais, ce qui correspond au niveau trophique d’herbivores.

La méthode mathématique d’Harrison et Katzenberg (2003) permet d’inférer des informations sur l’alimentation à partir de la différence (Δ) calculée entre le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène et le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate des individus de l’échantillon de Notre-Dame.

Nous avons d’abord testés statistiquement l’impact du sexe et de l’âge au décès des individus sur le Δ . La distribution des $\Delta \delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ ne diffère pas significativement en fonction du sexe ni selon l’âge au décès (tableaux XXVI et XXVII).

Tableau XXVI. Comparaison de moyennes de t de Student entre le $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et le $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame en fonction du sexe

Groupe	Échantillon	N	Moyenne	Écart-type	Test de variance		t de Student		
					F	P	t	dl	P
Notre-Dame	Femme	11	7,324	0,7510	0,000	0,992	-	24	0,764
	Homme	15	7,229	0,8120			0,303		

Tableau XXVII. Analyse de variance Anova des différences entre le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène et le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate de Notre-Dame en fonction du groupe d’âge au décès

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\Delta \delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$	Âge au décès	42	0,424	0,737

Les Montréalais présentent des $\Delta \delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}} - \delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ supérieurs à 4,4 (figure 20). Cela correspond à une alimentation dans laquelle la source de protéine est de type C_3 et où l’apport en énergie C_4 des végétaux a été sous-représenté dans le $\delta^{13}\text{C}$ du collagène.

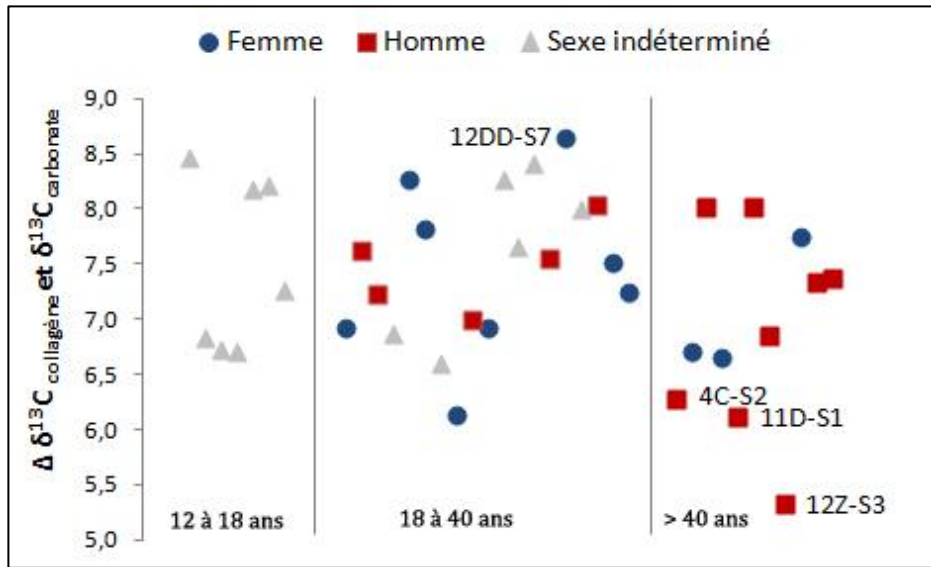


Figure 20. Distribution des $\Delta \delta^{13}C_{\text{collagène}} - \delta^{13}C_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame, en fonction de l'âge au décès et du sexe

Dans le détail, le $\Delta \delta^{13}C_{\text{collagène}} - \delta^{13}C_{\text{carbonate}}$ varie beaucoup, allant de 5,3 à 8,6. Ces extrêmes sont représentés par l'homme mature 12Z-S3, discuté plus tôt, et la jeune femme 12DD-S7, respectivement. La différence de 8,6 calculée pour la femme correspond au décalage observé par Ambrose et Norr (1993) entre le $\delta^{13}C_{\text{collagène}}$ et le $\delta^{13}C_{\text{carbonate}}$ d'une alimentation composée à 20 % de protéines C₃ et à 71 % d'énergie C₄. Cette jeune femme aurait donc eu une alimentation comprenant une large part de maïs, des protéines animales de type C₃ et du poisson. Son régime alimentaire combiné à son parcours migratoire (native de Montréal, puis déplacement vers l'intérieur des terres ou plus au nord) concorde avec le schéma attendu pour un coureur des bois, si ce n'est le fait qu'il s'agit d'une femme (amérindienne? métisse?). Bien peu de femmes ont dû participer au commerce de la fourrure. La détermination du sexe peut cependant être erronée, et seule l'analyse de l'ADN de cet individu permettrait de certifier son genre. À l'opposé de cette alimentation largement composée de plantes C₄, nous retrouvons le régime alimentaire de l'homme mature 12Z-S3, qui est très orienté vers les ressources de type C₃ et les ressources marines. Il est l'individu dont le $\Delta \delta^{13}C_{\text{collagène}} - \delta^{13}C_{\text{carbonate}}$ se situe le plus près de la valeur critique de 4,4, indicatrice de la consommation de ressources marines.

Les personnes qui présentent des valeurs intermédiaires avaient une alimentation comprenant la consommation de protéines de type C₃ (les porcs et les bœufs présentaient d'ailleurs une alimentation de ce type) et un apport variable en énergie C₄, représenté par la consommation de maïs et de sucre de canne (rhum).

Ces mêmes données de $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et de $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ seront maintenant analysées en fonction du modèle linéaire développé par Kellner et Schoeninger (2007) (figure 21), qui permet de situer l'alimentation par rapport à sa source de protéines (C₃, marines ou C₄) et d'énergie (C₃ ou C₄).

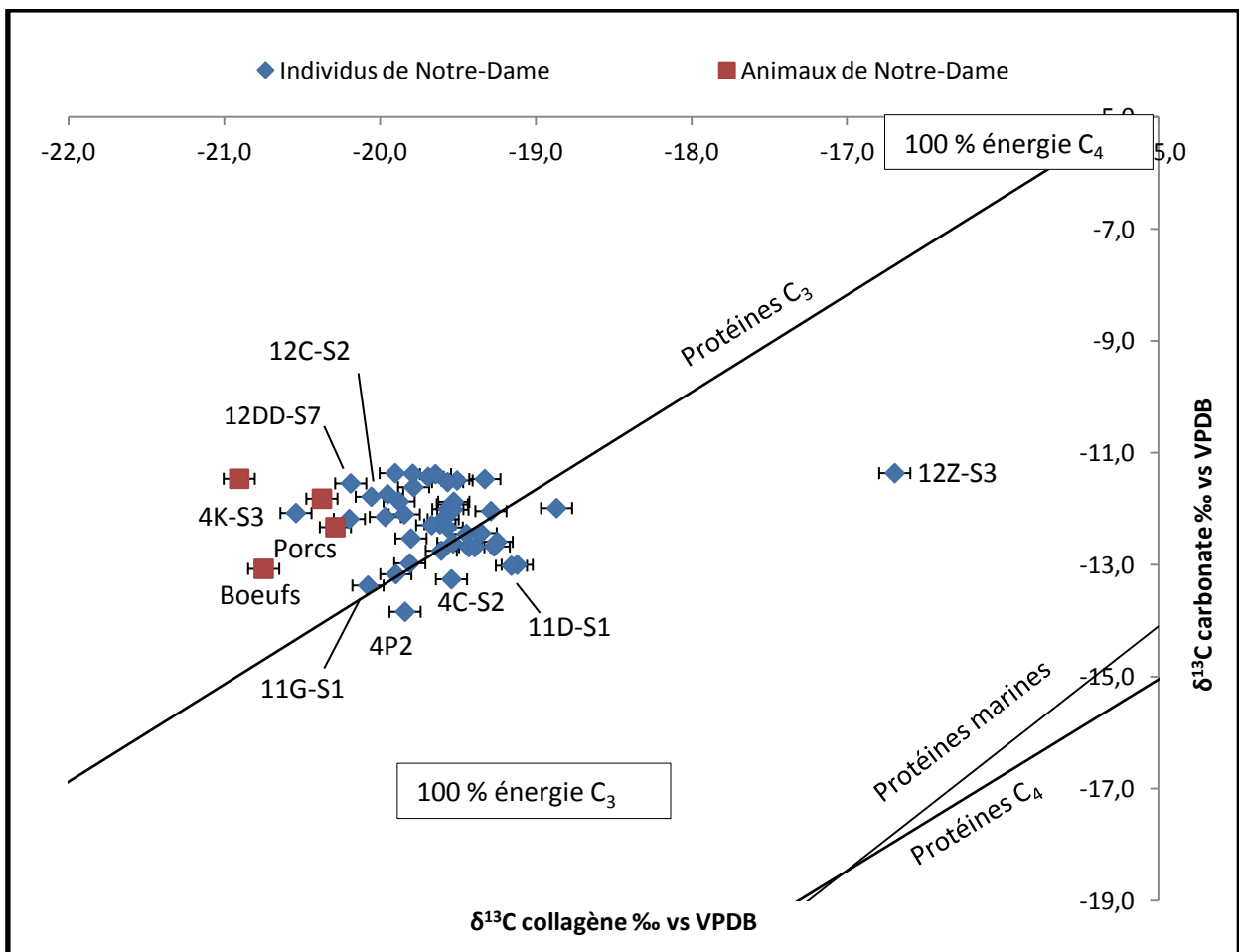


Figure 21. Distribution des $\delta^{13}\text{C}$ du collagène et du carbonate des populations archéologiques en fonction du modèle linéaire de Kellner et Schoeninger 2007 (N= 43)

La distribution combinée des $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate et du collagène des individus de Notre-Dame se trouvent sur la droite des protéines C_3 , ainsi qu'au-dessus de celle-ci. Les points sont assez compacts, si ce n'est de l'homme mature 12Z-S3 et du jeune 4K-S3. La tangente de l'homme mature 12Z-S3 vers les ressources marines perçue plus tôt est, dans ce graphique, très marquée. La position du jeune individu 4K-S3, entre les porcs et les bœufs, est intrigante. Elle semble indiquer une alimentation comprenant un faible apport en protéines, ce que confirme son $\delta^{15}\text{N}$ de 10,9 ‰ vs AIR. Le régime alimentaire de celui-ci se retrouve près de celui de la jeune femme 12DD-S7, discuté précédemment, qui consommait une bonne proportion de plantes C_4 , si ce n'est que la jeune femme a un $\delta^{15}\text{N}$ plus enrichi (12,4 ‰ vs AIR). Ce $\delta^{15}\text{N}$ plus élevé résulte peut-être d'une plus grande consommation de ressources marines, puisque le jeune individu 4K-S3 est plus éloigné de la droite. De plus, leurs parcours migratoires sont assez similaires (revoir figure 19). Tel que discuté précédemment, leur alimentation et leur histoire migratoire concorde avec le schéma attendu pour un « coureur des bois », du moins pour quelqu'un s'étant aventuré dans le « Pays d'en Haut ».

Une fois de plus, les deux hommes matures 4C-S2 et 11D-S1 se retrouvent proches l'un de l'autre (voir aussi sur figure 20); ces similitudes, laissent de plus en plus penser que les deux hommes étaient reliés.

La source d'énergie de l'alimentation est indiquée par le $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$. Théoriquement, puisqu'une alimentation composée à 100 % d'énergie C_3 fournit un $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de -17 ‰ vs VPDB et que celle constituée à 100 % d'énergie C_4 se situe à -5 ‰ vs VPDB, la moyenne (-11 ‰) devrait représenter une alimentation mixte. Ainsi, les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de l'échantillon qui se situent entre -11 ‰ et -14 ‰ vs VPDB, devraient indiquer, de manière globale, un régime alimentaire mixte avec une tendance vers une source d'énergie C_3 . Les deux jeunes 11G-S1 et 12C-S2, que nous avons mis en relief dans la figure 20 en raison de leur faible composition isotopique en azote, se caractérisent par cette variation quant à la source d'énergie. L'individu 11G-S1 tend vers une source d'énergie C_3 . Il se trouve directement positionné sur la droite de protéines C_3 ; ce fait est étrange compte tenu de son $\delta^{15}\text{N}$ peu élevé. Le jeune individu 12C-S2

semble avoir eu une alimentation incluant plus de ressources C₄. Puisque son décès semble être survenu peu de temps après son arrivée à Montréal, il se peut que cette teneur isotopique soit associée à la consommation d'un autre type de plante C₄ que le maïs, soit la canne à sucre (antillaise), le millet (européen) ou le sorgho (africain). Ainsi, l'échantillon montréalais semble montrer deux tendances pour la source d'énergie : les individus comme 4K-S3, 12DD-S7 et 12C-S2, qui consomment des plantes C₄ ont un $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ autour de -11 ‰ vs VPDB, se situent majoritairement au-dessus de la droite des protéines C₃ et les personnes comme 11G-S1, 4P2, 4C-S2 et 11D-S1, qui présentent une alimentation plus orientée vers l'énergie purement C₃ ont un $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ situé autour de -13 ‰ vs VPDB et se trouvent sur la droite des protéines C₃ en dessous de celle-ci.

En somme, outre l'homme mature 12Z-S3 dont l'alimentation tend vers les ressources marines, la source de protéine des Montréalais est de type C₃. Toutefois, deux tangentes semblent se détacher concernant la source d'énergie : un groupe ayant une alimentation mixte et quelques individus tendant vers une source C₃. Le graphique semble montrer une variation du régime alimentaire au sein de l'échantillon montréalais concernant la consommation de plantes C₄, soit le maïs, principale plante indigène.

4.1.6. Comment le régime alimentaire montréalais s'inscrit-il dans son milieu et dans son époque?

L'alimentation de la population montréalaise aux XVII^e et XVIII^e siècles a la particularité de mélanger aliments européens et produits indigènes. Cette section des résultats présentera le positionnement de ce régime alimentaire particulier par rapport à l'alimentation d'une population européenne contemporaine (La Rochelle, France, 1765 à 1792) et de populations autochtones de la région des Grands Lacs (datées entre 1300 et 1636). Deux échantillons de populations américaines, une provenant de la Virginie (1609-1675) et l'autre, du Maryland (1658-1680), ont été incluses afin de comparer l'adaptation des comportements alimentaires dans ces deux situations coloniales : Nouvelle-France et Nouvelle-Angleterre.

Le tableau XXVIII dresse la liste des différents échantillons utilisés dans le cadre de la comparaison interpopulationnelle des combinaisons de $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{15}\text{N}$ de l'alimentation (figure 22). Les sites autochtones de Moatfield et d'Uxbridge, datés respectivement à 1300 et 1490, ont été utilisés en raison de leur apport numéraire à l'échantillon, et ce, malgré qu'ils soient beaucoup plus anciens que l'établissement colonial à Montréal.

Tableau XXVIII. Liste des sites servant à la comparaison pour l'alimentation locale et contemporaine

Site	N	Date	Auteur
Notre-Dame (Québec)	43	1691-1796	Notre étude
La Rochelle (France)	13	1765-1792	Notre étude
Virginie (États-Unis)	11	1609-1675	Ubelaker et Owsley (2003)
Maryland (États-Unis)	16	1658-1680	Ubelaker et Owsley (2003)
Moatfield (Ontario)	53	1300	Van Der Merwe et coll. (2003)
Uxbridge (Ontario)	9	1490	Harrison et Katzenberg (2003)
Kleinberg (Ontario)	3	1600	Schwarcz et coll. (1985)
Ossossane (Ontario)	5	1636	Harrison et Katzenberg (2003)

Sur la figure 22, nous pouvons observer des regroupements des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$: vers les teneurs moins appauvries en ^{13}C pour les populations autochtones (entre -1 et -7 ‰ vs VPDB) et plus appauvries (entre -11 et -14 ‰ vs VPDB) pour les populations montréalaise et rochelaise; les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des populations coloniales américaines varient entre les deux groupes (entre -5 et -12 ‰ vs VPDB).

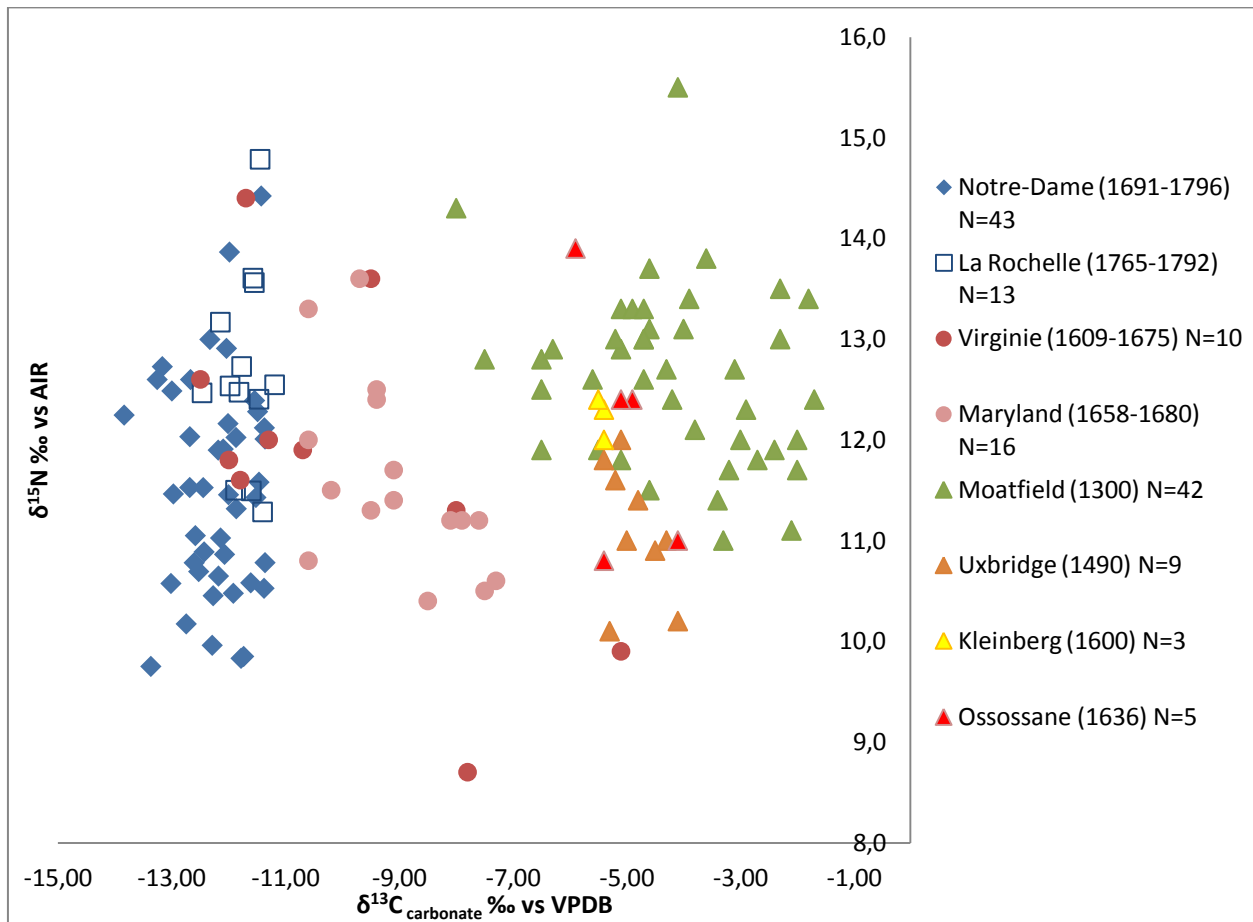


Figure 22. Comparaison de la distribution combinée des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{15}\text{N}$ de Notre-Dame avec une population française contemporaine, des populations autochtones et des populations coloniales américaines

Les compositions isotopiques en ^{13}C des populations autochtones, malgré la variation temporelle entre les sites, demeurent comparables; ce sont toutes des populations pratiquant l'agriculture (maïs, fève et courge) (Van Der Merwe et coll. 2003). En ce qui concerne l'alimentation des populations coloniales (Virginie, Maryland et Notre-Dame), la variation des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ semble correspondre à l'adaptation du régime alimentaire à la nouvelle réalité américaine. L'échantillon de la Virginie, qui remonte presque à la fondation de la colonie (1607), comprend des individus qui ont introduit à différents degrés le maïs, un aliment indigène, dans leur alimentation. La moitié des individus conservent une alimentation majoritairement de type européenne, certains individus présentent un régime alimentaire transitoire et un individu a une alimentation similaire à celle des populations autochtones.

L'échantillon du Maryland est un peu plus récent que la fondation de la colonie (fondée en 1632); le régime alimentaire des individus qu'il comporte est composé d'un amalgame entre les aliments européens et autochtones. L'échantillon de Notre-Dame date de près de 50 ans après la fondation de la ville et d'autres cimetières (dont Pointe-à-Callière) ont été utilisés entre-temps. De plus, il est le seul cimetière colonial dont l'utilisation s'échelonne durant le XVIII^e siècle. L'alimentation des individus de cet échantillon montre, tel que discuté plus tôt, une adoption du maïs à divers degrés; toutefois, le régime alimentaire demeure majoritairement de type européen. La comparaison de ces trois sites coloniaux pourrait possiblement refléter le processus d'adaptation alimentaire associé à la colonisation. Dans un premier temps, les immigrants européens sont confrontés à un nouvel environnement qui les oblige à modifier leurs pratiques agricoles et alimentaires; certains résistent, mais la majorité finit par s'adapter. Puis, au fur et à mesure que la colonie s'implante, une seconde phase d'adaptation se produit durant laquelle se développerait une culture alimentaire autonome; un mélange des pratiques alimentaires de la métropole, adaptée aux conditions du nouvel environnement. Il s'agit là d'une hypothèse qui serait à confirmer par une analyse synchronique de l'alimentation.

L'alimentation de Montréal semble assez semblable à celle de La Rochelle, bien que de manière générale plus appauvrie en ¹⁵N et en ¹³C. Les tests statistiques (tableau XXIX) indiquent d'ailleurs que les deux populations diffèrent significativement sur la distribution de ces deux éléments. La ville de La Rochelle étant un port de mer, il semble probable que la consommation de ressources marines y ait été plus grande qu'à Montréal, entraînant un enrichissement en ¹³C et en ¹⁵N. D'ailleurs, la consommation de ressources marines devait y être supérieure à celle de l'ensemble de la France. Cet échantillon a été pris en raison de sa disponibilité pour l'analyse. Malgré son enrichissement, il semble tout de même être un référent convenable pour le régime alimentaire européen. En somme, l'alimentation montréalaise semble inclure plusieurs aliments européens – des végétaux de type C₃, du poisson et de la viande – auxquels s'ajoute, en moindre proportion, du maïs (et peut-être du sucre de canne [et produits dérivés : rhum]).

Tableau XXIX. Comparaison de moyenne de t de Student confrontant les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{15}\text{N}$ des échantillons de Notre-Dame (1691-1796) et de La Rochelle (1765-1792)

Groupe	Échantillon	N	Moyenne	Écart-type	Test de variance		Test t de Student		
					F	P	t	dl	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$	Notre-Dame	45	-12,226	0,6125	4,813	0,032	-3,821	36,172	0,001
	La Rochelle	13	-11,718	0,3439					
$\delta^{15}\text{N}$	Notre-Dame	45	11,529	1,0610	0,368	0,547	-4,031	58	0,000
	La Rochelle	15	12,780	0,9756					

La figure 23, qui confronte le $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et le $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de ces mêmes échantillons, cette fois en fonction du modèle linéaire de Kellner et Schoeninger (2007), fournit un schéma d'analyse plus détaillé de l'alimentation de ces populations archéologiques.

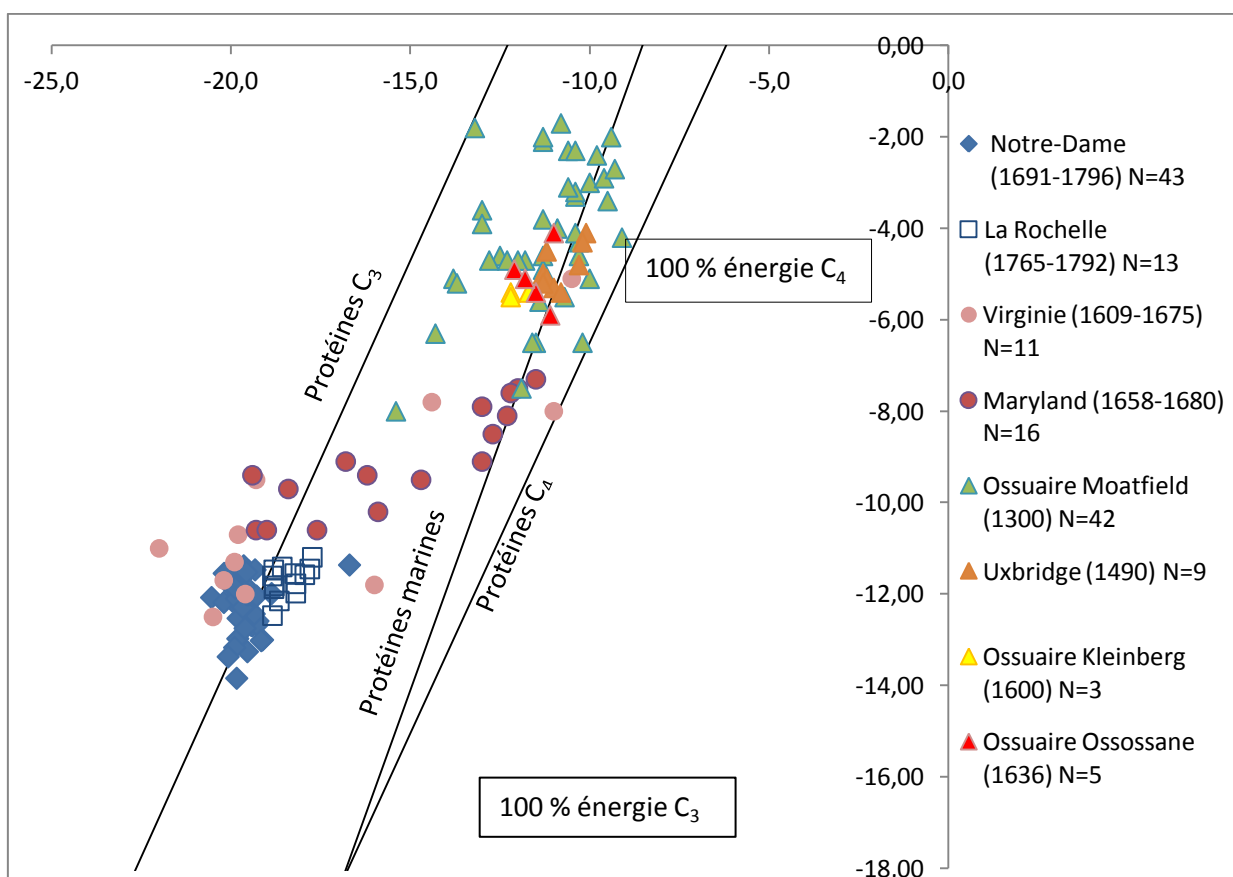


Figure 23. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame, d'une population française contemporaine, de populations autochtones et de populations coloniales américaines en fonction du modèle linéaire de Kellner et Schoeninger (2007)

La tendance de l'alimentation des populations autochtones vers le maïs est soulignée par des valeurs égales à une alimentation dont la source d'énergie est à 100 % de type C₄ (maïs). La variabilité de la consommation de maïs par les colons de la Nouvelle-Angleterre et de la Nouvelle-France est une fois de plus démontrée : parmi les trois échantillons, ce sont les Montréalais qui ont l'alimentation la plus mixte, avec une tendance vers les végétaux de type C₃. Tel que discuté précédemment, il serait pertinent de se demander si ce fait indique une baisse de la consommation des produits autochtones engendrée par une plus grande adaptation des pratiques agricoles européennes au nouvel environnement? Et il serait aussi intéressant de comparer à d'autres sites coloniaux du XVIII^e siècle, pour tester l'hypothèse d'une « seconde phase d'adaptation ». En ce qui concerne la source des protéines, les populations autochtones semblent avoir été très orientées vers les ressources marines. On remarque la même tendance chez certains colons de la Virginie et du Maryland. L'échantillon de La Rochelle tend aussi plus vers ces ressources que celui de Montréal. Un seul individu de l'échantillon de Notre-Dame présente une disposition semblable : il s'agit de l'homme mature 12Z-S3, dont nous avons discuté précédemment. En général, la source des protéines de l'alimentation montréalaise est de type C₃, ce qui a été corroboré par notre analyse de la composition isotopique en ¹³C et en ¹⁵N d'animaux de ferme (figures 19 et 20). En somme, le régime alimentaire montréalais est beaucoup plus orienté vers les ressources de type C₃ (protéines et énergie) que ceux des populations auxquels il a été comparé.

4.1.7 Quel lien y a-t-il entre l'origine géographique et l'alimentation durant la jeunesse? Quel lien y a-t-il entre l'origine géographique et l'alimentation à l'âge adulte?

Nous allons maintenant confronter les données obtenues pour l'origine géographique à celles obtenues sur le carbonate des dents (période juvénile) et des os (période adulte). Un tableau de la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires, des troisièmes molaires et des os en fonction de l'origine géographique et du parcours migratoire est disponible à l'annexe 8.

La comparaison statistique des compositions isotopiques en ¹³C et en ¹⁵N selon les trois zones géographiques (région appauvrie en ¹⁸O, région de Montréal et région enrichie en ¹⁸O)

n'indique pas de différence significative de l'alimentation durant la jeunesse et à l'âge adulte en fonction de l'origine géographique des individus (tableau XXX).

Tableau XXX. Analyse de variance Anova de la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des dents et des os et du $\delta^{15}\text{N}$ en fonction de l'origine géographique

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires	Origine géographique	57	1,146	0,325
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des dents des M3		33	0,457	0,637
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os		41	2,416	0,103
$\delta^{15}\text{N}$		43	1,273	0,291

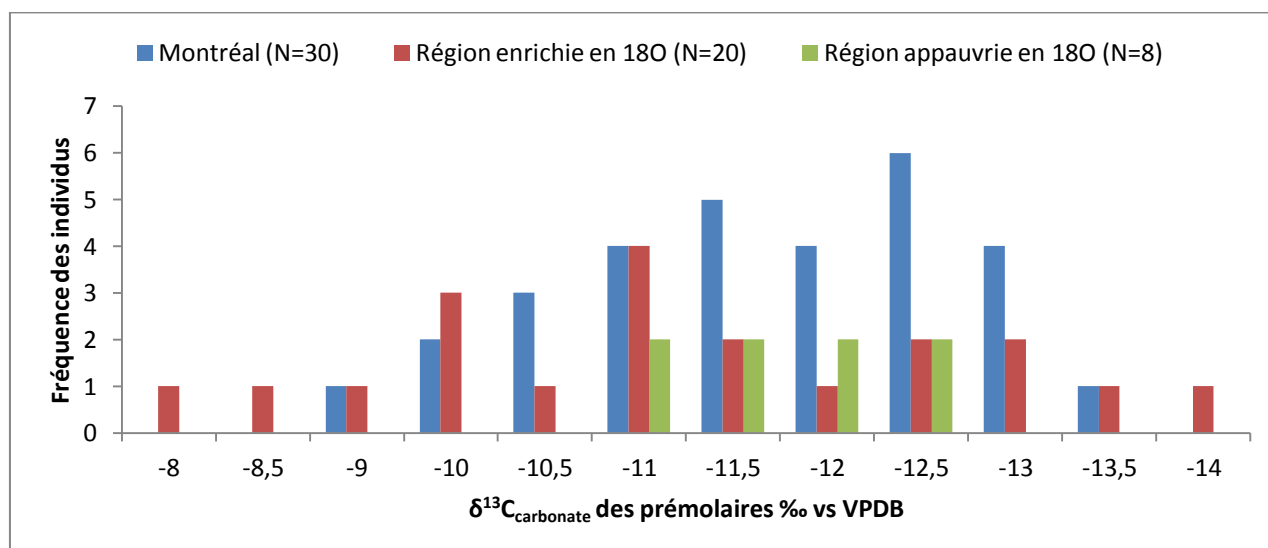


Figure 24. Distribution des teneurs isotopiques en $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires en fonction de l'origine géographique

La figure 24 indique une différence de distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires. Ainsi, le mode de la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de la région de Montréal est plus appauvri en ^{13}C que celui de la distribution associée à la région enrichie en ^{18}O (-12,5 et -11 ‰ vs VPDB, respectivement). Les enfants des régions enrichies en ^{18}O semblent avoir eu une alimentation plus enrichie en ^{13}C , comprenant plus de plantes C_4 ou de ressources marines. Par contre, la moyenne des deux distributions est assez similaire (-11,8 et -11,9 ‰ vs VPDB, respectivement); cette similitude peut avoir été engendrée par l'effet des extrêmes pour la distribution de la région enrichie en ^{18}O . La dispersion des compositions isotopiques en ^{13}C

pour cette région laisse croire que ce groupe est composé d'individus d'origines et de pratiques cultures variées : certains viennent d'Europe, mais d'autres proviennent aussi possiblement des colonies anglaises, de la Louisiane, des Antilles et peut-être de l'Afrique (tel que 12C-S2 qui serait peut-être un esclave noir ?). Les individus provenant d'un environnement plus appauvri en ^{18}O que Montréal ont des $\delta^{13}\text{C}$ regroupés, dans la moyenne des régimes alimentaires des autres régions.

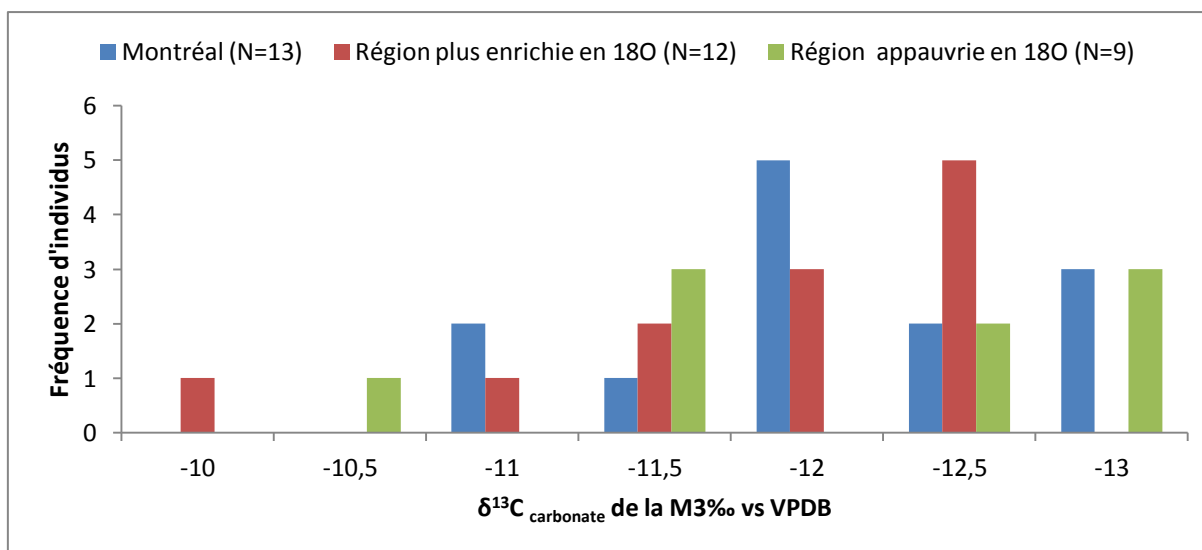


Figure 25. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des troisièmes molaires en fonction de l'origine géographique

Sur la figure 25, la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des troisièmes molaires en fonction de l'origine géographique est assez similaire pour les trois régions. La moyenne est de -11,8 ‰ vs VPDB pour les individus provenant d'un milieu plus enrichi en ^{18}O , de -12,1 ‰ vs VPDB pour ceux originaires de la région montréalaise et de -12,2 ‰ vs VPDB pour les personnes provenant d'un environnement plus appauvri en ^{18}O . Ces variations sont trop minimales pour indiquer une quelconque tendance entre le régime alimentaire à l'âge de 10 à 16 ans et l'origine géographique. D'ailleurs, comme nous l'avons vu précédemment au tableau XXIII, 14 des individus avaient connus un épisode de mobilité entre leur enfance et l'âge préadulte.

La figure 26 de la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os selon les régions d'origine indique cependant une différence marquée. Les Montréalais d'origine ont une alimentation plus

enrichie en ^{13}C à l'âge adulte, donc comprenant un plus grand apport en énergie C_4 (probablement en raison de la consommation de maïs) que le régime alimentaire des individus ayant immigrés à Montréal, spécialement ceux originaires d'une région plus enrichie en ^{18}O . Ces derniers pourraient, par exemple, avoir conservés les pratiques culinaires en usage dans leur région d'origine. En effet, il semble que ce groupe puisse refléter plusieurs origines et diverses pratiques culturelles.

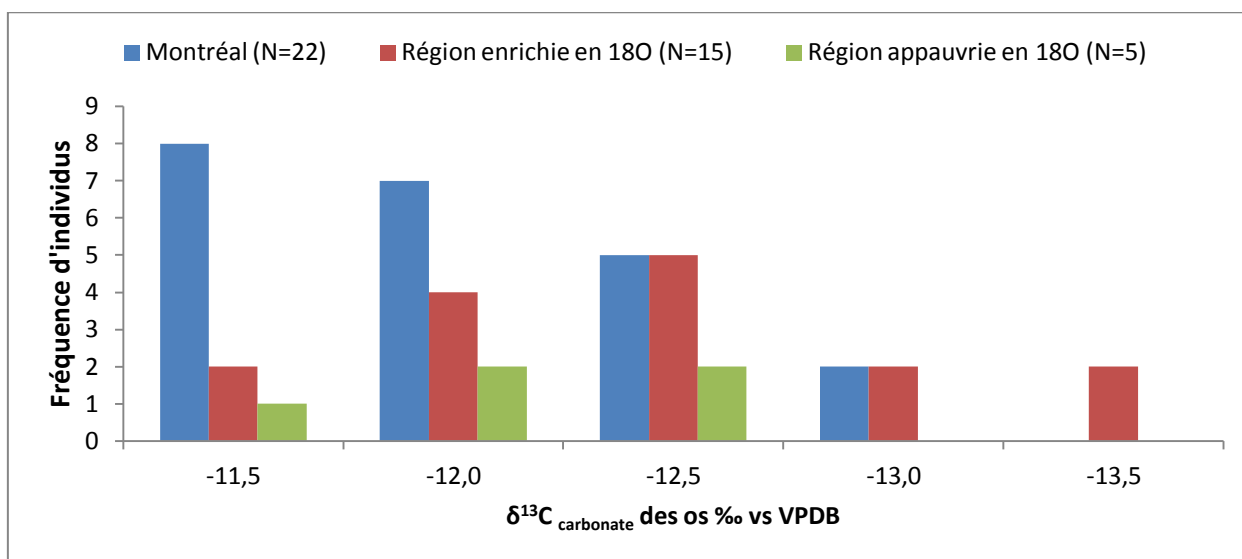


Figure 26. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os de l'échantillon de Notre-Dame en fonction de l'origine géographique

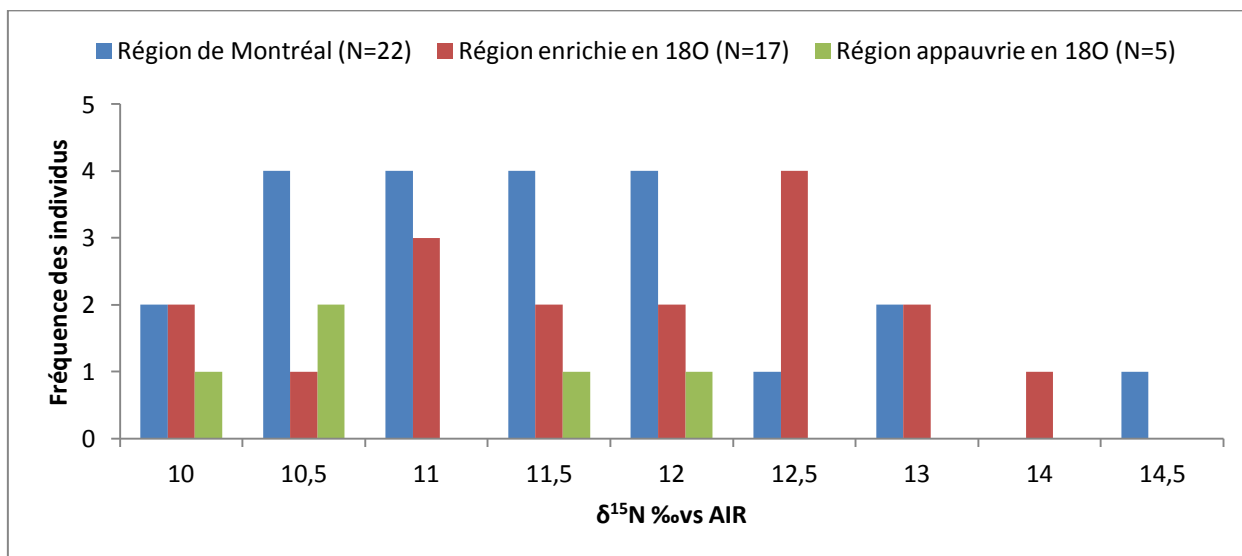


Figure 27. Distribution des $\delta^{15}\text{N}$ de l'échantillon de Notre-Dame en fonction de l'origine géographique

La distribution des $\delta^{15}\text{N}$ varie peu en fonction de l'origine géographique des individus (figure 27). Toutefois, les individus originaires d'une région appauvrie en ^{18}O tendent à présenter des $\delta^{15}\text{N}$ moins enrichis que les autres, il se peut que cette observation reflète réellement une différence alimentaire - les individus de l'intérieur des terres ou provenant de régions plus nordiques consommeraient moins de viandes et de poisson que les autres - ou cela peut résulter de la taille réduite de l'échantillon. Il est intéressant de constater que la distribution des $\delta^{15}\text{N}$ des individus provenant d'un environnement enrichi en ^{18}O est bimodale, ce qui reflète certainement la variété de régions et de pratiques culturelles représentées.

Nous allons maintenant confronter les distributions des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires, des M3 et des os par région d'origine afin de discerner s'il existe une variation du régime alimentaire en fonction de l'âge. Les tests statistiques n'indiquent aucune différence pour la région montréalaise et celle appauvrie en ^{18}O . Par contre, la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de la région plus enrichie en ^{18}O est statistiquement distincte, ce qui indique que l'alimentation varie avec l'âge (enfance, période préadulte et âge adulte) dans cette région.

Tableau XXXI. Analyse de variance Anova de la distribution des $^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os selon la région géographique d'origine

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires, des M3 et des os	Région enrichie en ^{18}O	46	4,741	0,014
	Région montréalaise	64	1,907	0,157
	Région appauvrie en ^{18}O	16	0,695	0,515

Tableau XXXII. Test *post hoc* de la différence la moins significative effectué pour cibler la source de la différence perçue statistiquement entre les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des dents de la petite enfance, des M3 et des os pour la région enrichie en ^{18}O

Confrontations	P
Enfance et âge préadulte	0,115
Enfance et âge adulte	0,004
Âge préadulte et âge adulte	0,247

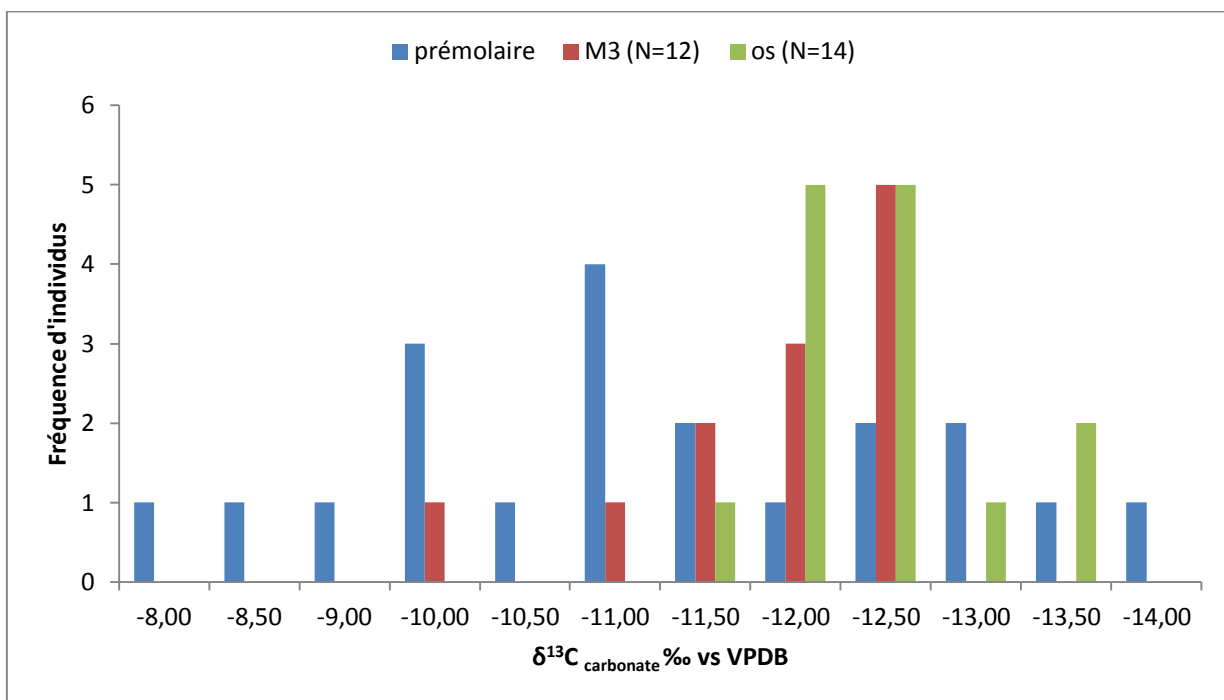


Figure 28. Distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des individus originaires d'une région enrichie en ^{18}O

Le tableau XXXIII et la figure 28 montrent bien la différence de distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ entre les prémolaires, les troisièmes molaires et les os, ou entre l'enfance et le reste de la vie (plus particulièrement l'âge adulte, $p = 004$). Encore une fois, la distribution des teneurs isotopiques des prémolaires indique la diversité des origines et des pratiques culturelles liées à la région enrichie en ^{18}O et appuie le besoin d'études reposant sur l'analyse du strontium et du plomb pour affiner les interprétations possibles. Tout de même, le mode de la distribution des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires est de -11 ‰ vs VPDB , comparativement à une fourchette de $-12,5$ à -12 ‰ vs VPDB pour les préadultes et les adultes. De manière générale, les enfants de ces régions semblent avoir eu un régime alimentaire comprenant un apport plus enrichi en ^{13}C qui pourrait avoir été acquis par une plus grande consommation de ressources marines ou, par exemple, par la consommation de gruau de millet (plante C_4) (Tafari et coll. 2009). L'analyse de la dentine fournirait le $\delta^{13}\text{C}$ et le $\delta^{15}\text{N}$ du collagène, ce qui permettrait d'utiliser les méthodes analytiques d'Harrison et Katzenberg (2003) et de Kellner et Schoeninger (2007), afin de mieux cerner la source de cet enrichissement en ^{13}C .

4.1.8. Le régime alimentaire varie-t-il en fonction du parcours migratoire?

Cette section a pour but de discerner des tendances alimentaires liées à un parcours migratoire semblable. Les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des trois éléments anatomiques échantillonnés par individus ont été confrontés statistiquement aux parcours migratoires (tableau XXXIII) sans qu'aucune différence significative n'ait été perçue.

Tableau XXXIII. Analyse de variance Anova de la distribution des teneurs isotopiques en ^{13}C des prémolaires, des troisièmes molaires et des os en fonction du parcours migratoire

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des prémolaires	Parcours migratoire	28	0,224	0,982
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des troisièmes molaires			0,325	0,947
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des os		26	1,819	0,146

La figure 28 illustre la variation temporelle de la teneur isotopique en ^{13}C selon la période de vie; ainsi, la distribution des $\delta^{13}\text{C}$ des prémolaires (à gauche en bleu), des troisièmes molaires (au centre en vert) et des os (à la droite en blanc) figure pour chacun des sept parcours migratoires. Une seule tendance est perceptible : les individus ayant demeuré toute leur jeunesse dans une région enrichie en ^{18}O ou ayant migré d'une telle région avant l'âge préadulte tendent à montrer un enrichissement en ^{13}C entre la distribution des $\delta^{13}\text{C}$ des troisièmes molaires et celle des os. Ces distributions ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ des M3 et des os) demeurent toutefois à l'intérieur de la variation observé pour le $\delta^{13}\text{C}$ des prémolaires.

La limite majeure de cette analyse est le nombre restreint d'individus par parcours migratoire; certains parcours ne sont représentés que par 1 ou 2 individus et le nombre maximal d'individus par parcours est de 7. L'échantillon est trop petit pour qu'il soit possible de distinguer une réelle tendance au niveau populationnel L'analyse « individuelle » des données, telle que présentée précédemment, permet dans ce cas-ci d'extraire des résultats plus intéressants.

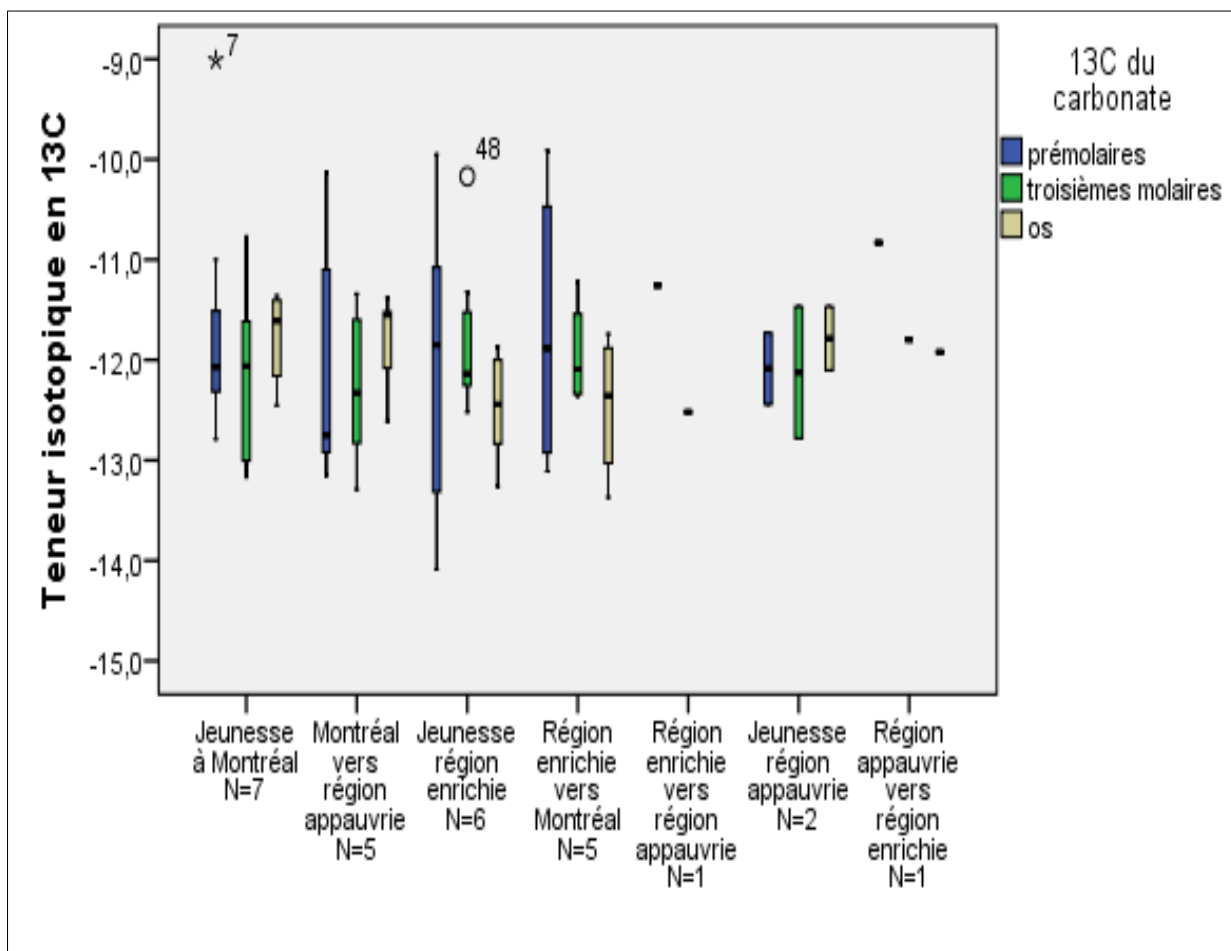


Figure 29. Distribution des $^{13}\text{C}_{\text{Carbonate}}$ des prémolaires, des troisièmes molaires et des os selon le parcours migratoire

4.2. Objectif secondaire : géochimie des isotopes et archéologie funéraire

4.2.1. Y a-t-il une distribution spatiale des sépultures dans le cimetière Notre-Dame?

Afin de déterminer la présence d'une organisation spatiale dans le cimetière à partir de regroupements de sépultures par origine géographique commune, nous avons d'abord vérifié s'il y avait une différence entre les zones d'inhumation sur la base de l'origine géographique des individus inhumés. Les résultats montrent qu'il n'y a pas de différence statistique entre les trois aires d'inhumation (tableau XXXIV). Ce résultat doit cependant être mis en perspective, car seulement deux individus trouvés à l'intérieur de l'église faisaient partie de l'échantillon.

Tableau XXXIV. Test Anova de la distribution des teneurs isotopique en ^{18}O selon la zone d'inhumation

Variable dépendante	Variable indépendante	dl	F	P
Zone d'inhumation dans le cimetière	$\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires	57	0,778	0,464

Sur le plan de la figure 30, nous avons illustré différents symboles à l'emplacement des sépultures analysées, afin d'indiquer le sexe, l'âge au décès et l'origine de l'individu. Nous avons discuté à la question 4.1.3 du possible lien entre les deux individus retrouvés dans la sépulture 12DD-S2 et les deux hommes 4C-S2 et 4D-S1 qui, en plus de présenter un $\delta^{18}\text{O}$ similaire pour la prémolaire, sont inhumés tout près l'un de l'autre. L'autre homme, 11C-S1, dont nous avons aussi soulevé le possible lien avec 4C-S2 (père et fils?) est inhumé plus loin. Une possible concentration (en vert) de sépultures d'individus natifs d'une région appauvrie en ^{18}O (soit l'intérieur des terres ou plus au nord) semble se trouver dans la partie sud-est du cimetière d'origine.

L'inégalité des effectifs pour chacune des aires d'inhumation dans le cimetière, de même que le fait que le cimetière n'ait pas fait l'objet de fouilles extensives et exhaustives, ne permet de conclure ni à la présence ni à l'absence d'une organisation spatiale des sépultures.

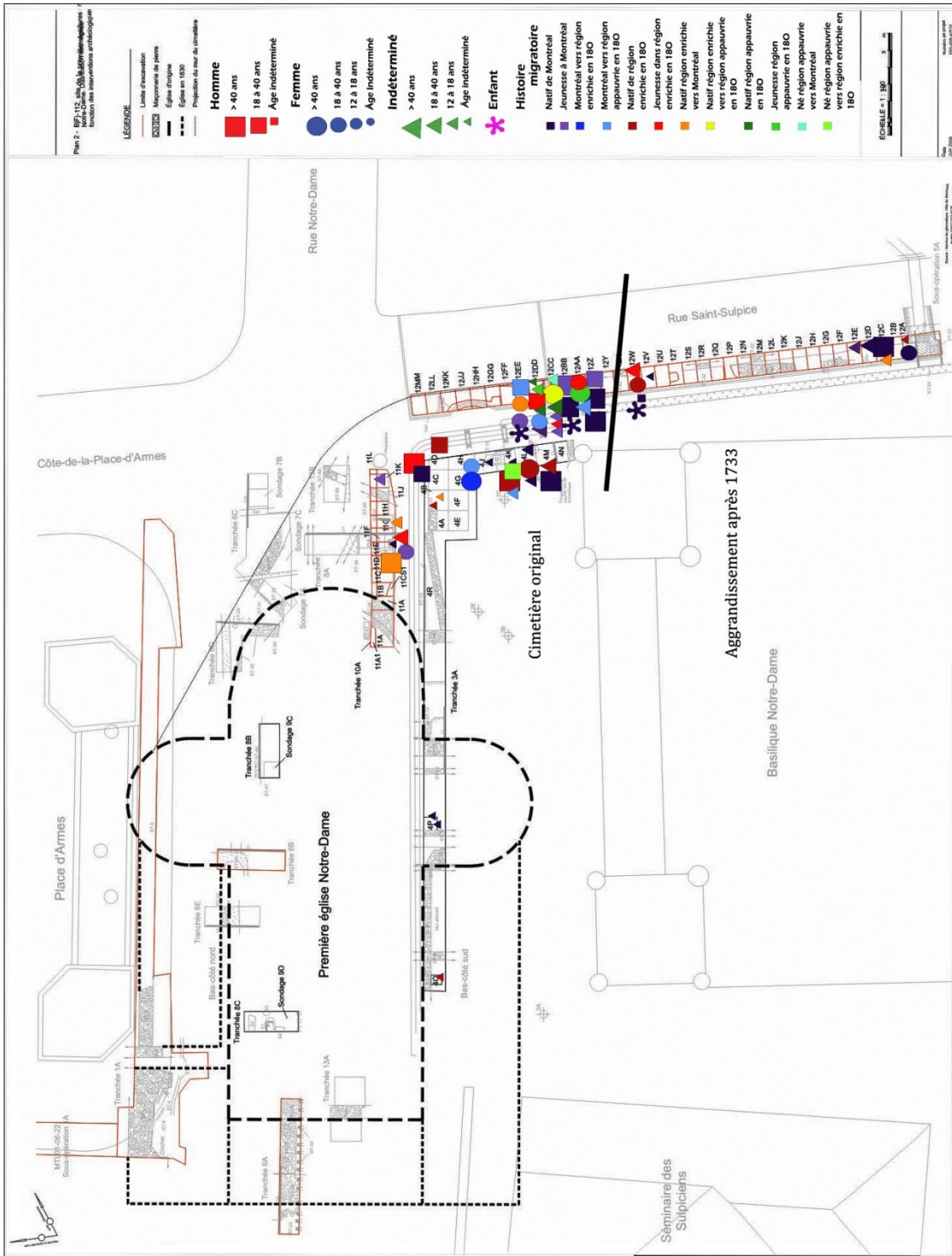


Figure 30. Plan du cimetière Notre-Dame, avec distribution des sépultures échantillonnées. Le sexe, le groupe d'âge au décès et l'histoire de mobilité (origine géographique ou parcours migratoire) sont ajoutés.

CHAPITRE 5 Conclusion

En somme, cette étude a démontré le potentiel interprétatif des analyses isotopiques appliquées au domaine de la bioarchéologie humaine et de l'archéologie funéraire, Ainsi, plusieurs questions touchant à la mobilité (origine géographique et parcours migratoire), à l'alimentation et à l'organisation spatiale des sépultures dans un cimetière ont pu être explorées.

Durant le cadre de nos travaux nous avons fait face à certaines contraintes qui ont limité l'apport de cette étude. Ainsi, nous avons essayé de trouver une méthode nous permettant d'obtenir des $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des os adéquats pour l'interprétation, mais nous n'avons pu y parvenir à temps, étant donné la courte période de temps qu'implique la rédaction d'un projet de maîtrise. Cependant, nous continuerons à essayer d'obtenir des informations sur le lieu de résidence des individus à l'âge adulte et de raffiner notre analyse de l'histoire migratoire afin de mieux percevoir son influence sur l'alimentation adoptée par les Montréalais aux XVII^e et XVIII^e siècles.

D'un autre côté, le choix du matériel ostéologique aura été judicieux. En effet, l'analyse de l'émail de prémolaires et de troisièmes molaires ainsi que l'analyse de la portion organique et minérale de l'os de la mâchoire aura permis d'assurer l'individualisation des spécimens, tout en amassant jusqu'à sept teneurs isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ du collagène, $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate de l'apatite des os et $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de deux dents [prémolaire et troisième molaire]) et deux données ostéologiques (sexe et âge au décès), pour un total allant jusqu'à neuf données par individu.

Les analyses aux niveaux individuel et interindividuel ont fourni des résultats plus intéressants que les analyses intrapopulationnelles. En effet, l'analyse de l'origine géographique des individus inhumés au cimetière Notre-Dame sur la base du $\delta^{18}\text{O}$ de prémolaires d'enfants retrouvés sur le site n'a finalement permis que de diviser le groupe en trois régions d'origines,

qui peuvent correspondre à de nombreux endroits : la région enrichie en ^{18}O peut inclure des individus provenant de Nouvelle-France (Acadie et Louisiane), de la Nouvelle-Angleterre, des Antilles, d'Europe et d'Afrique. Des études complémentaires comprenant l'utilisation de plusieurs isotopes liés à l'environnement naturel devront être menées afin de tempérer cette limite interprétative. D'ailleurs, nous avons pu constater lors de l'interprétation que l'utilisation de plusieurs données provenant de l'analyse de tissus ou d'isotopes différents fournit un supplément d'informations : la combinaison des teneurs isotopiques en ^{18}O des prémolaires et des troisièmes molaires a permis de former sept parcours migratoires (deux individus ont été retranchés car l'enrichissement de leurs compositions isotopiques pouvait possiblement avoir été induit par leur alimentation). Ces parcours migratoires se sont avérés très utiles pour les analyses individuelles.

L'analyse de la paléonutrition à Montréal aux XVII^e et XVIII^e siècles a permis d'estimer que le régime alimentaire montréalais devait contenir une variété de végétaux de type C_3 , des plantes C_4 en moindre proportion et des ressources animales, piscicoles et marines. Nous avons d'ailleurs perçu deux tendances liées à la consommation de plantes de type C_4 (majoritairement maïs, mais aussi canne à sucre et rhum) : un régime alimentaire mixte comprenant un apport équivalent entre les végétaux de type C_3 et C_4 , ainsi qu'une alimentation plus orientée vers les ressources de type C_3 , que nous avons associée à une rétention du régime alimentaire européen. Toutefois, il nous a été impossible d'explorer cette hypothèse, car l'absence de $\delta^{18}\text{O}$ pour les os ne permettait pas d'évaluer combien de temps la personne était demeurée à Montréal avant son décès. Compte tenu que le temps de remodelage peut varier entre 3 et 30 ans, cette information nous aurait permis de distinguer les individus décédés peu de temps après leur arrivée de ceux qui sont demeurés plusieurs années dans la colonie (les données pour ces derniers indiqueraient une rétention du régime alimentaire européen). La question du respect des exigences alimentaires liées à la religion catholique (plus de poisson et moins de viande) n'a pu être abordée, car les teneurs isotopiques en ^{13}C et en ^{15}N des organismes des lacs et des rivières se situent parmi la

variation des animaux. L'analyse isotopique du soufre pourrait permettre de mieux évaluer l'apport de ces aliments au régime alimentaire.

Nous avons émis l'hypothèse d'une variation de l'alimentation des colons européens en fonction du nombre d'années passées depuis la fondation de la colonie. Ainsi, lors de la comparaison du régime alimentaire montréalais à celui de groupes autochtones plus anciens provenant de la région des Grands Lacs et de populations coloniales anglaises (Virginie et Maryland), nous avons cru déceler un continuum de l'alimentation C₃ vers l'alimentation C₄ entre ces groupes d'immigrants européens. Ainsi, l'échantillon de la Virginie, qui date de peu de temps après la fondation de la colonie, montre une grande variation du régime alimentaire : la majorité des gens semblent avoir conservés une alimentation de type européenne à laquelle s'ajoutait peut-être le maïs, mais quelques-uns présentaient une alimentation limitrophe avec celle des peuples autochtones; le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate d'un des individus se superpose même aux teneurs isotopiques des populations des premières nations. Pour sa part, l'échantillon du Maryland, qui date d'environ 30 ans après l'établissement de la colonie, indique une alimentation intermédiaire entre les régimes alimentaires européen et amérindien. De son côté, l'échantillon du cimetière Notre-Dame, qui date de près de 50 ans après la fondation de Montréal, semble indiquer une alimentation européenne, à laquelle se sont ajoutées des ressources locales (dont le maïs). La comparaison avec une population française contemporaine a donné des résultats mitigés : le site est en port de mer et est associé à un hôpital. Toutefois, il semble refléter la tendance du $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de l'alimentation à se situer dans les teneurs isotopiques appauvries en ¹³C ou associées à des diètes composées majoritairement de ressources de type C₃. Il serait intéressant d'aborder ces deux sujets : l'évolution de l'alimentation dans les colonies et la comparaison entre le régime alimentaire des dites colonies avec celle de leur métropole.

Finalement, au plan intrapopulationnel, lorsque nous avons cherché à explorer notre problématique centrale, nous avons eu peu de résultats concluants en combinant les données obtenues sur la migration à celles provenant de l'alimentation. Nous avons ainsi pu observer

que, chez les individus originaires d'une région enrichie en ^{18}O , le $\delta^{13}\text{C}$ des prémolaires était moins appauvri en carbone que celui des troisièmes molaires et des os. Cependant, en raison de la probable hétérogénéité géographique et culturelle de ce groupe d'individus, aucune conclusion ne peut être tirée de ce résultat. En somme, nous avons pu explorer notre problématique centrale de recherche, mais nous ne pouvons statuer sur la façon dont l'histoire migratoire a influé l'alimentation adoptée par les Montréalais des XVII^e et XVIII^e siècles.

Par contre, tel que mentionné plus tôt, le choix de matériel et d'isotopes de notre étude a permis une analyse individuelle et interindividuelle d'intérêt de la collection Notre-Dame. Ainsi, en ce qui concerne la mobilité, nous avons pu déterminer que l'homme 4K1 était celui qui avait effectué le déplacement le plus long entre 7 et 16 ans et nous avons proposé des itinéraires possibles (tableau XXXV). De plus, il nous a semblé possible d'identifier une femme (12AA-S1) inhumée dans la partie ancienne du cimetière et ayant possiblement fait partie des premières vagues de migration avant 1680; peut-être même était-elle une « fille du roi ». Une autre femme a, quant à elle, été associée à une origine amérindienne.

Tableau XXXV. Synthèse des individus ayant un schéma de mobilité d'intérêt

Individu	Sexe	Âge au décès	Mobilité	Hypothèse
4K1	H	18 à 40	Grande distance	A vécu aux États-Unis, en France?
12AA-S1	F	18-40	Migration d'une région enrichie	Premières vagues de migration, « fille du roi »?
12AA-S5	F	>40	Originnaire d'une région appauvrie en ^{18}O	Amérindienne des « Pays d'en Haut »?

Certains parcours migratoires combinés à des alimentations contenant une proportion plus élevée de ressources C_4 nous ont aussi amené à considérer cette possible origine pour deux autres individus (4K-S3 et 12DD-S7) (tableau XXXVI). Des analyses de l'ADN ancien de ces individus permettraient d'explorer davantage cette possibilité.

Tableau XXXVI. Synthèse des individus ayant une possible origine amérindienne.

Individu	Sexe	Âge	Mobilité	Alimentation	Hypothèse
4K-S3		12-18	Jeunesse à Montréal puis région appauvrie en ¹⁸ O	Bonne proportion de C ₄ , moins de protéines de 12DD-S7	Métiers des bois : traite de la fourrure ou coupe de bois ? Amérindien ? Métis ?
12DD-S7	F	18-40		Bonne proportion de C ₄ .	Amérindienne ? Métisse ?

Nous avons discuté plus tôt de la possibilité que 4K-S3 et 12DD-S7 aient participé au commerce de la traite de fourrure ou de la coupe de bois. Les individus 4M1, 11G-S1 et 12C-S2 semblent aussi avoir participé à des activités économiques de l'époque. Ainsi, l'homme 4M1, a fait la traversée durant ses jeunes années, peut-être était-il mousse ? Les jeunes 11G-S1 et 12C-S2 ont aussi migrés à la même période (tableau XXXVII); toutefois, leur alimentation pauvre en azote semble indiquer de la malnutrition; peut-être était-ce le traitement des jeunes mousses ou le sort réservé aux esclaves. Le régime alimentaire plus orienté vers les plantes C₄ de 12C-S2 semble indiquer une origine tropicale, antillaise ou africaine.

Tableau XXXVII. Synthèse des individus ayant migrés à l'âge préadulte d'une région enrichie en ¹⁸O

Individu	Sexe	Âge	Mobilité	Alimentation	Hypothèse
4M1	H	18-40	Migration entre 7 et 16 ans d'une région enrichie en ¹⁸ O	$\delta^{15}\text{N}$ plus élevé que 11G-S1 et 12C-S2	Mousse ?
11G-S1		12-18		Peu de protéines, plus C ₃ que 12C-S2	Mousse ? Esclave ? Décédé peu de temps après son arrivée à Montréal
12C-S2		12-18	Idem que 4M1 et 11G-S1. Aurait migré après les années 1730.	Peu de protéines, plus C ₄ que 11G-S1	Esclave noir ? Antillais ou Africain ? Décédé peu de temps après son arrivée à Montréal

Deux groupes d'individus semblent avoir migrés de la même région et avoir possiblement été reliés (tableau XXXVIII). Peu d'information ont été trouvées sur le possible lien des deux individus de la sépulture 12DD-S2. Au contraire, la relation entre 4C-S2 et 11D-S1 semble démontrée : les deux hommes présentent des $\delta^{18}\text{O}$ et pourraient donc provenir de la même région, et ils partagent un régime alimentaire identique en plusieurs points ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ et $\delta^{15}\text{N}$ similaires, différence entre $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ ressemblants et combinaison du $\delta^{13}\text{C}_{\text{collagène}}$ et du $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ comparables). En raison de l'âge à la migration des deux individus, nous avons émis l'hypothèse qu'il puisse s'agir d'un père et de son fils, 4C-S2 ayant effectué la migration à l'âge adulte, alors que 11D-S1 était un préadulte.

Tableau XXXVIII. Synthèse des individus ayant un possible lien de parenté

Individu	Sexe	Âge	Mobilité	Alimentation	Hypothèse
12DD-S2 (2 individus)			Originaire d'une région appauvrie en ^{18}O		Inhumés ensemble, lien de parenté ? Se connaissaient-ils ?
4C-S2	H	>40	Jeunesse, région enrichie semblable à 4D-S1 et 11D-S1	Identique à 11D-S1	Lien de parenté avec 11D-S1, père ? Inhumé près de 4D-S1, se connaissaient-ils ?
4D-S1	H	>40	Âge préadulte, région enrichie, idem que 4C-S2		Inhumé près de 4C-S2, se connaissaient-ils ?
11D-S1	H	>40	Aurait migré d'une région enrichie (avec sa famille ?) entre 7 et 16 ans	Identique à 4C-S2	Lien de parenté avec 4C-S2, fils ?

Sur le plan de l'alimentation, l'homme 12Z-S3 présente un régime alimentaire qui diffère nettement de l'image d'ensemble de l'échantillon montréalais. Son alimentation est très orientée vers les ressources marines; il s'agit peut-être d'un marin décédé lors d'une escale. Pour sa part, l'individu 4P2 présente l'alimentation la plus appauvrie en ^{13}C . Il était enterré

dans l'enceinte de l'église, sous la nef latérale, ce qui témoigne d'un statut particulier, soit celui d'un notable ou d'un ecclésiaste. En raison des contraintes lors de l'analyse du $\delta^{18}\text{O}$ des os, il a été impossible de déterminer s'il est natif de Montréal ou s'il a migré. Toutefois, il semble avoir perpétué les pratiques culinaires européennes, par prestige social ou par effet de nouvel immigrant, car il ne consommait pratiquement pas de maïs, la principale plante indigène de type C_4 .

Tableau XXXIX. Synthèse des individus présentant une alimentation variant de la moyenne de Notre-Dame

Individu	Sexe	Âge	Mobilité	Alimentation	Hypothèse
4P2			Inconnue	Plus C_3 , peu de C_4	Notable ou religieux (inhumé dans l'église), conservation du régime européen, nouvel arrivant ? Statut social ?
9B1-S3	F	18-40	Originaire de la région de Montréal	$\delta^{15}\text{N}$ le plus élevé	
12Z-S3	H	> 40	Originaire de la région de Montréal	Ressources marines	Marin décédé lors d'une escale ?

Outre la proximité de 12DD-S2 et de 4C-S2 avec 4D-S1, l'étude de l'organisation spatiale du cimetière Notre-Dame n'a permis que d'entrevoir une possible concentration de sépultures d'individus natifs d'une région plus appauvrie en ^{18}O . Ce sont soit des gens provenant de l'intérieur des terres, peut-être des autochtones, soit des personnes originaires d'endroits situés plus au nord. Toutefois, seules des sections éparses du cimetière ont été fouillées, et ce, de manière non exhaustive. De plus, l'échantillon disponible ne permettait pas une représentation équivalente des différentes aires d'inhumation. Il est donc ardu de conclure à la présence ou à l'absence d'organisation de l'espace funéraire.

En somme, cette étude de bioarchéologie humaine appliquant la géochimie des isotopes stables à des populations archéologiques des XVII^e et XVIII^e siècles aura permis de démontrer le potentiel de ces études sur des questions à l'échelle de l'individu. Cette approche permet

aussi d'explorer des questions plus générales du domaine de l'archéologie funéraire. Il serait intéressant de pouvoir mener de telles études à grande échelle afin de mieux comprendre la mobilité et l'alimentation des individus qui ont forgé notre histoire.

Bibliographie

Ambrose, S. H. (1990). « Preparation and Characterization of Bone and Tooth Collagen for Isotopic Analysis », *Journal of Archaeological Science*, vol. 17, p. 431-451.

Ambrose, S. H. (1991). « Effects of Diet, Climate and Physiology on Nitrogen Isotope Abundances in Terrestrial Foodwebs », *Journal of Archaeological Science*, vol. 18, p. 293-317.

Ambrose, S. H. (2003). « Bone chemistry and bioarchaeology », *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 22, n° 3, p. 193-199.

Ambrose, S. H., J. Buikstra et H. W. Krueger (2003). « Status and gender differences in diet at Mound 72, Cahokia, revealed by isotopic analysis of bone », *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 22, n° 3, p. 217-226.

Ambrose, S. H. et M. J. Deniro (1986). « Reconstruction of African human diet using bone collagen carbon and nitrogen isotope ratios », *Nature*, vol. 319, n° 23 January p. 321-324.

Ambrose, S. H. et L. Norr (1993), « Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate », p. 1-37.

Anonyme (1961). *Premier Registre de l'Église Notre-Dame de Montréal*. Montréal.

Arkéos (2008). *Intervention archéologiques sur le site de la première église Notre-Dame (BjFj-112), Vieux-Montréal*, Montréal: Montréal Service de la mise en valeur du territoire et du patrimoine Bureau du patrimoine, de la toponymie et de l'expertise.

Aykroyd, R. G., D. Lucy, A. M. Pollard et C. A. Roberts (1999). « Nasty, brutish, but not necessarily short: A reconsideration of the statistical methods used to calculate age at death from adult human skeletal and dental age indicators », *American Antiquity*, vol. 64, n° 1, p. 55-70.

Baccino, E. et A. Schmitt (2006), « Determination of Adult Age at Death in the Forensic Context », Eugénia Cunha Aurore Schmitt, Joao Pinheiro, *Forensic anthropology and Medecine: Complementary Science From Recovery to Cause of Death*, otowa, New Jersey: Humana Press, Coll. « Forensic anthropology and Medecine: Complementary Science From Recovery to Cause of Death », chap 11.

Bass, W. M. (1987). *Human Osteology A Laboratory and Field Manual*. Missouri Archaeological Society.

Bedford, M. E., K. F. Russell, C. O. Lovejoy, R. S. Meindl, S. W. Simpson et P. L. Stuart-Macadam (1993). « Test of the Multifactorial Aging Method Using Skeletons With Known Age-at-Death From the Grant Collection », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 91, p. 287-297.

Bell, L. S., G. Cox et J. Sealy (2001). « Determining Isotopic Life History Trajectories Using Bone Density Fractionation and Stable Isotope Measurements: A New Approach », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 116, p. 66-79.

Bender, M. M. (1968). « Mass Spectrometric Studies of carbon 13 Variations in Corn and Other Grass », *Radiocarbon*, vol. 10, n° 2, p. 468-472.

Brettell, R., J. Montgomery et J. Evans (2012). « Brewing and stewing: the effect of culturally mediated behaviour on the oxygen isotope composition of ingested fluids and the implications for human provenance studies », *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, vol. 27, n° 5, p. 778-785.

Brooks, S. et J. M. Suchey (1990). « Skeletal age determination based on the os pubis: a comparison of the Acsfidi-Nemeskéri and Suchey-Brooks methods », *Human Evolution*, vol. 5, n° 3, p. 227-238.

Bruzek, J. et P. Murail (2006), « Methodology and Reliability of Sex Determination From the Skeleton », E. Cunha A. Schmitt, and J. Pinheiro *From Forensic Anthropology and Medicine: Complementary Sciences From Recovery to Cause of Death*, Totowa, NJ: Humana Press Inc., Coll. « From Forensic Anthropology and Medicine: Complementary Sciences From Recovery to Cause of Death », chap 9.

Buckberry, J. L. et A. T. Chamberlain (2002). « Age estimation from the auricular surface of the ilium: a revised method », *Am J Phys Anthropol*, vol. 119, n° 3, Nov, p. 231-9.

Buikstra, J. E. et D. H. Ubelaker (1994). *Standards for data collection from human skeletal remains Proceedings of a Seminar at The Field Museum of Natural History* Coll. « Arkansas Archaeological Survey Research Series No.44 ».

Buzon, M. R. et G. J. Bowen (2010). « Oxygen and Carbon Isotope Analysis of Human Tooth Enamel from the New Kingdom Site of Tombos in Nubia », *Archaeometry*, vol. 52, n° 5, p. 855-868.

Carpin, G. (2001). *Le réseau du Canada: Étude du mode migratoire de la France vers la Nouvelle-France 1628-1662*. Paris: Les Presses de l'Université Paris-Sorbonne.

Charbonneau, H. (1975). *Vie et mort de nos ancêtres Étude démographique*. Montréal: Les Presses de l'Université de Montréal.

Charbonneau, H., A. Guillemette, J. Légaré, B. Desjardins, Y. Landry et F. Nault (1987). *Naissance d'une population Les Français établis au Canada au XVII^e siècle*. Montréal: Presses de l'Université de Montréal.

Charbonneau, H. et J. Légaré (1984). *Répertoire des actes de baptême mariage sépulture et des recensements du Québec Ancien*, Montréal: Presse de l'Université de Montréal.

Chenery, C., H. Eckardt et G. Müldner (2011a). « Cosmopolitan Catterick? Isotopic evidence for population mobility on Rome's Northern frontier », *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, n° 7, p. 1525-1536.

Chenery, C. A., V. Pashley, A. L. Lamb, H. J. Sloane et J. A. Evans (2011b). « The oxygen isotope relationship between the phosphate and structural carbonate fractions of human bioapatite », *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, vol. 26, n° 3, Feb, p. 309-319.

Chisholm, B. S., D. E. Nelson et H. P. Schwarcz (1982). « Stable-Carbon Isotope Ratios as a Measure of Marine versus Terrestrial Protein in Ancient Diets », *Science*, vol. 216, n° 4550, p. 1131-1132.

Clementz, M. T., K. Fox-Dobbs, P. V. Wheatley, P. L. Koch et D. F. Doak (2009). « Revisiting old bones: coupled carbon isotope analysis of bioapatite and collagen as an ecological and palaeoecological tool », *Geological Journal*, vol. 44, n° 5, p. 605-620.

Coplen, T. B. (1996). « New guidelines for reporting stable hydrogen, carbon and oxygen isotope-ratio data », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 60, n° 17, p. 3359-3360.

Dansgaard, W. (1964). « Stable isotopes in precipitation », *Tellus*, vol. 16, n° 4, p. 436-468.

Daux, V.C. Lécuyer M.-A. Héran R. Amiot L. Simon F. Fourel F. Martineau N. Lynnerup H. Reyhler et G. Escarguel (2008). « Oxygen isotope fractionation between human phosphate and water revisited », *J Hum Evol*, vol. 55, n° 6, p. 1138-1147.

de Charlevoix, P.-F. X. (1976). *Histoire et description générale de la Nouvelle France avec Le journal historique d'un voyage fait par ordre du roi dans l'Amérique septentrionale*. Montréal.

Dechêne, L. (1974). *Habitants et marchands de Montréal au XVII^e siècle*. Paris et Montréal, Coll. « Civilisations et mentalités ».

DeNiro, M. J. (1985). « Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction », *Nature*, vol. 317, p. 806-809.

Deniro, M. J. et S. Epstein (1978). « Influence of diet in distribution of carbon isotopes in animals », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 42, p. 495-506.

Deniro, M. J. et S. Epstein (1981). « Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 45, n° 3, p. 341-351.

Desjardins, B. (1990). « Homogénéité ethnique de la population québécoise sous le Régime français », *Cahiers québécois de démographie*, vol. 19, n° 1, printemps 1990, p. 63-76.

Desjardins, B. (1996). « Demographic Aspects of the 1702-03 Smallpox Epidemic in the St-Lawrence Valley », *Canadian Studies in Population*, vol. 23, n° 1, p. 49-67.

Dupras, T. L. et H. P. Schwarcz (2001). « Strangers in a Strange Land: Stable Isotope Evidence for Human Migration in the Dakhleh Oasis, Egypt », *Journal of Archaeological Science*, vol. 28, n° 11, p. 1199-1208.

Ehleringer, J. R., T. E. Cerling et B. R. Helliker (1997). « C4 photosynthesis, atmospheric CO₂, and climate », *Oecologia*, vol. 112, n° 3, p. 285-299.

Fitch, A., A. Grauer et L. Augustine (2012). « Lead isotope ratios: Tracking the migration of European-Americans to Grafton, Illinois in the 19th century », *International Journal of Osteoarchaeology*, vol. 22, n° 3, p. 305-319.

Fournier, M. (2004). *Jardins et potagers en Nouvelle-France Joie de vivre et patrimoine culinaire*. Québec.

Fry, B. (2006). *Stable Isotopes Ecology*. New York: Springer.

Gagnon, A. et R. Mazan (2009). « Does exposure to infectious diseases in infancy affect old-age mortality? Evidence from a pre-industrial population », *Soc Sci Med*, vol. 68, n° 9, May, p. 1609-16.

Garvie-Lok, S., T. L. Varney et M. A. Katzenberg (2004). « Preparation of bone carbonate for stable isotope analysis: the effects of treatment time and acid concentration », *Journal of Archaeological Science*, vol. 31, n° 6, p. 763-776.

Gauvreau, D. (1998), « Vingt ans d'études sur la population durant le Régime français: bilan et perspectives », Sylvie Dépatie, *Habitants et marchands, vingt ans après : lectures de l'histoire des XVIIe et XVIIIe siècles canadiens*, Montréal, Québec: McGill-Queens University Press, Coll. « Habitants et marchands, vingt ans après : lectures de l'histoire des XVIIe et XVIIIe siècles canadiens », chap 1, p. 31-50.

Harrison, R. G. et M. A. Katzenberg (2003). « Paleodiet studies using stable carbon isotopes from bone apatite and collagen: examples from Southern Ontario and San Nicolas Island, California », *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 22, n° 3, p. 227-244.

Hartnett, K. M. (2010). « Analysis of Age-at-Death Estimation Using Data from a New, Modern Autopsy Sample—Part II: Sternal End of the Fourth Rib*,† », *J Forensic Sci*, vol. 55, n° 5, p. 1152-1156.

Hedges, R. E. M., J. G. Clement, C. D. L. Thomas et T. C. O'Connell (2007). « Collagen Turnover in the Adult Femoral Mid-Shaft: Modeled From Anthropogenic Radiocarbon Tracer Measurements », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 133 p. 808-816.

Hluszko, A. (2009). *Le terrain de chasse du roi Les capitaineries royales de chasse en Île-de-France à la fin de l'ancien régime et sous la Révolution*. Paris.

Işcan, M. Y., S. R. Loth et R. K. Wright (1984). « Age estimation from the rib by phase analysis: white males », *J Forensic Sci*, vol. 29, n° 4, p. 1094-1104.

Işcan, M. Y., S. R. Loth et R. K. Wright (1984). « Metamorphosis at the sternal rib end: A new method to estimate age at death in white males », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 65, n° 2, p. 147-156.

Jennings, J. et K. J. Warr (2003). « Environmental correlates of large-scale spatial variation in the $d^{15}N$ of marine animals », *Marine Biology*, vol. 142, p. 1131-1140.

Jim, S., S. H. Ambrose et R. Evershed (2004). « Stable carbon isotopic evidence for differences in the dietary origin of bone cholesterol, collagen and apatite: Implications for their use in palaeodietary reconstruction », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 68, n° 1, p. 61-72.

Katzenberg, M. A. et S. R. Saunders (2008). *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. New York, Toronto: Wiley.

Kellner, C. M. et M. J. Schoeninger (2007). « A simple carbon isotope model for reconstructing prehistoric human diet », *Am J Phys Anthropol*, vol. 133, n° 4, Aug, p. 1112-27.

Kjellström, A. (2004). « Evaluations of sex assessment using weighted traits on incomplete skeletal remains », *International Journal of Osteoarchaeology*, vol. 14, n° 5, p. 360-373.

Koch, P. L., N. Tuross et M. L. Fogel (1997). « The Effects of Sample Treatment and Diagenesis on the Isotopic Integrity of Carbonate in Biogenic Hydroxylapatite », *Journal of Archaeological Science*, vol. 24, p. 417-429.

Kohn, M. J. (1999). « You Are What You Eat », *Science*, vol. 283, n° 5400, January 15, 1999, p. 335-336.

Kohn, M. J. et T. E. Cerling (2002), « Stable Isotope Compositions of Biological Apatite », *Mineralogy Society of America, Phosphates, Geochemical, Geobiological, and Materials Importance. Reviews 48*, Washington, Coll. « Phosphates, Geochemical, Geobiological, and Materials Importance. Reviews ».

Krueger, H. W. et C. H. Sullivan (1984). « Models for Carbon Isotope Fractionation Between Diet and Bone », *ACS Symposium Series No. 258 "Stable Isotopes in Nutrition"*.

Lanctot, G. (1942). *Montréal au temps de la Nouvelle-France (1642-1760)*. Montréal: Ducharme.

Landry, S. I. d. d. Y. (1992). *Pour le Christ et le Roi, La vie au temps des premiers Montréalais*. Montréal: Libre Expression.

Lazenby, R. A. (1998). « Second Metacarpal Midshaft Geometry in an Historic Cemetery Sample », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 106, p. 157-167.

Lazenby, R. A. (2002). « Population variation in second metacarpal sexual size dimorphism », *Am J Phys Anthropol*, vol. 118, n° 4, Aug, p. 378-84.

Leach, S., M. Lewis, C. Chenery, G. Müldner et H. Eckardt (2009). « Migration and diversity in Roman Britain: A multidisciplinary approach to the identification of immigrants in Roman York, England », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 140, n° 3, p. 546-561.

Lee-Thorp, J. et M. Sponheimer (2006). « Contributions of biogeochemistry to understanding hominin dietary ecology », *Am J Phys Anthropol*, vol. Suppl 43, p. 131-48.

Lee-Thorp, J. A. (2008). « On Isotopes and Old Bones », *Archaeometry*, vol. 50, n° 6, p. 925-950.

Lefrançois, A. (2007). « Compétence et formation des marins du XVI^e au XVIII^e siècles », *Neptunus*, [En ligne], Date, vol. 13. Consulté le Access Date.

Levinson, A. A., B. Luz et Y. Kolodny (1987). « Variations in oxygen isotopic compositions of human teeth and urinary stones », *Applied Geochemistry*, vol. 2, n° 4, p. 367-371.

Linteau, P.-A. (2007). *Brève histoire de Montréal*. Montréal: Boréal.

Longinelli, A. (1984). « Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research? », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 48, p. 385-390.

Losier, C. (2005). *Les bouteilles de verre du château de Vaudreuil : une archéologie de l'alcool à Montréal, au XVIIIe siècle* Maîtrise, Montreal: Université de Montréal.

Lovejoy, C. O. (1985). « Dental Wear in the Libben Population: Its Functional Pattern and Role in the Determination of Adult Skeletal Age at Death », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 68, p. 47-56.

Luz, B., Y. Kolodny et M. Horowitz (1984). « Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 48, n° 8, p. 1689-1693.

Mazan, R., Alain Gagnon, Bertrand Desjardins (2007). « The Measles Epidemic of 1714-1715 in New-France », *XIVème Colloque National de démographie*.

Metcalf, J., F. Longstaffe et C. White (2009). « Method-dependent variations in stable isotope results for structural carbonate in bone bioapatite », *Journal of Archaeological Science*, vol. 36, n° 1, p. 110-121.

Minagawa, M. et E. Wada (1984). « Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: Further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 48, p. 1135-1140.

Miyake, Y. et E. Wada (1968). « The Nitrogen Cycle in the Sea », *Records of Oceanographic Works in Japan*, vol. 9, n° 2,

Moorrees, C., E. Fanning et E. Hunt (1963). « Age variation of formation stages for ten permanent teeth », *Dental Research*, vol. 42, n° 6, p. 1490-1502.

Murail, P., J. Bruzek, F. Houët et E. Cunha (2005). *DSP: A tool for Probabilistic Sex Diagnose using Worldwide Variability in Hip-Bone Measurements*:

Naud, J.-F. (1997). *Lieux d'établissement des immigrants en Nouvelle-France*, Maîtrise, Montréal: Université de Montréal.

Nier, A. O. et E. A. Gulbransen (1939). « Variations in the Relative Abundance of the Carbon Isotopes », *Journal of the American Chemical Society*, vol. 61, n° 3, 1939/03/01, p. 697-698.

O'Connell, T. C. et R. E. M. Hedges (1999). « Investigations Into the Effect of Diet on Modern Human Hair Isotopic Values », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 108, p. 409-425.

Olivier-Lloyd, V. (2008). *Le patrimoine archéologique des cimetières euroquébécois.*, Québec: Ministère de la Culture, des Communications et de la Condition Féminine.

PACEA téléchargement de publication <http://www.pacea.u-bordeaux1.fr/publication/logiciel/?id=2> Consulté le 11 septembre 2012.

Perry, M. A., D. S. Coleman, D. L. Dettman et A. H. al-Shiyab (2009). « An isotopic perspective on the transport of Byzantine mining camp laborers into southwestern Jordan », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 140, n° 3, p. 429-441.

Pothier, L. (1996), « Réseaux d'eau potable et d'eaux usées: L'hygiène publique dans la société montréalaise (1642-1910) », Louise (dir.) Pothier, *L'eau, l'hygiène publique et les infrastructures*: Groupe PGV diffusion de l'archéologie, Coll. « L'eau, l'hygiène publique et les infrastructures », p. 25-46.

Poussou, J., P. Bonnichon et X. Huetz de Lemps (1998). *Espaces coloniaux et espaces maritimes au XVIIIe siècle: Les deux Amériques et la (i.e. le) Pacifique.* Paris: Sedes.

Prowse, T. L., H. P. Schwarcz, P. Garnsey, M. Knyf, R. Macchiarelli et L. Bondioli (2007). « Isotopic Evidence for Age-Related Immigration to Imperial Rome », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 132, p. 510-519.

Ribot, I., F. Morland et É. Desrosiers (soumis). « Ce que la composition chimique des ossements humains nous apprend sur la nutrition », *Recherches Amérindiennes au Québec*, vol., n° Archéologie Montréalaise,

Richards, M. P. et E. Trinkaus (2009). « Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans », *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 106, n° 38, Sep 22, p. 16034-9.

Robinson, D. (2001). « $\delta^{15}\text{N}$ as an integrator of the nitrogen cycle », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 16, n° 3, p. 153-162.

Rousseau, J. et G. Béthune (1977). *Voyage de Pehr Kalm au Canada en 1749.* Montréal: Le Cercle du Livre de France Ltée.

Scherrer, B. (2007). *Biostatistiques.* Montréal: Gaëtan Morin.

Scheuer, L. et S. Black (2007). *Developmental Juvenile Osteology*. Oxford, UK: Elsevier Academic Press.

Schmitt, A. (2002). « Estimation de l'âge au décès des sujets adultes à partir du squelette : des raisons d'espérer », *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, vol. 14, n° 1-2, p. 51-73.

Schmitt, A. (2005). « Une nouvelle méthode pour estimer l'âge au décès des adultes à partir de la surface sacro-pelvienne iliaque », *Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris*, vol. 17, n° 1-2, p. 89-101.

Schmitt, A., P. Murail, E. Cunha et D. Rouge (2002). « Variability of the pattern of aging on the human skeleton: Evidence from bone indicators and implications on age at death estimation », *J Forensic Sci*, vol. 47, n° 6, Nov, p. 1203-1209.

Schoeninger, M. J. et M. J. DeNiro (1984). « Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 48, p. 625-639.

Schoeninger, M. J., M. J. DeNiro et H. Tauber (1983). « Stable Nitrogen Isotope Ratios of Bone Collagen Reflect Marine and Terrestrial Components of Prehistoric Human Diet », *Science*, vol. 220, n° 4604, p. 1381-1383.

Schroeder, H., T. C. O'Connell, J. A. Evans, K. A. Schuler et R. E. M. Hedges (2009). « Trans-Atlantic Slavery: Isotopic Evidence for Forced Migration to Barbados », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 139, p. 547-557.

Schwarcz, H. P. (1991). « Some Theoretical Aspects of Isotope Paleodiet Studies », *Journal of Archaeological Science*, vol. 18, p. 261-275.

Schwarcz, H. P., L. Gibbs et M. Knyf (1991), « Oxygen Isotopie Analysis as an Indicator of Place of Origin », *Snake Hill*, Coll. « Snake Hill », chap 12, p. 263-268.

Schwarcz, H. P., J. Melbye, M. A. Katzenberg et M. Knyf (1985). « Stable Isotopes in Human Skeletons of Southern Ontario - Reconstructing Paleodiet », *Journal of Archaeological Science*, vol. 12, n° 3, p. 187-206.

Schwarcz, H. P. et M. J. Schoeninger (1991). « Stable Isotope Analyses in Human Nutritional Ecology », *Yearbook of Physical Anthropology*, vol. 34, p. 283-321.

Sealy, J. (2006). « Diet, Mobility, and Settlement Pattern among Holocene Hunter-Gatherers in Southernmost Africa », *Current Anthropology*, vol. 47, n° 4, p. 569-595.

Sealy, J. et N. J. van der Merwe (1986). « Isotope Assessment and the Seasonal- Mobility Hypothesis in the Southwestern Cape of South Africa », *Current Anthropology*, vol. 27, n° 2, p. 135-150.

Shaw, B., H. Buckley, G. Summerhayes, C. Stirling et M. Reid (2011). « Prehistoric migration at Nebira, South Coast of Papua New Guinea: New insights into interaction using isotope and trace element concentration analyses », *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 30, n° 3, p. 344-358.

Smith, B. H. (1991), « Standards of human tooth formation and dental age assesment », M.A. Kelley and C.S. Larsen, *Advances in Dental Anthropology*, New York: Wiley-Liss, Coll. « Advances in Dental Anthropology », p. 143-168.

Smith, B. N. et S. Epstein (1971). « Two Categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratios for Higher Plants », *Plant Physiology*, vol. 47, n° 3, March 1971, p. 380-384.

Sullivan, C. H. et H. W. Krueger (1981). « Carbon isotope analysis of separate chemical phases in modern and fossil bone », *Nature*, vol. 292, n° 5821, p. 333-335.

Tafari, M. A., O. E. Craig et A. Canci (2009). « Stable isotope evidence for the consumption of millet and other plants in Bronze Age Italy », *Am J Phys Anthropol*, vol. 139, n° 2, Jun, p. 146-53.

Tauber, H. (1981). « ^{13}C evidence for dietary habits of prehistoric man in Denmark », *Nature*, vol. 292, n° 23 july p. 332-333.

Tieszen, L. L. et T. Fagre (1993), « Effect of Diet Quality and Composition on the Isotopic Composition of Respiratory CO_2 • Bone Collagen. Bioapatite. and Soft Tissues », p. 121-155.

Trudel, M. (2001), « Dans l'assiette de 1749 », Cahier du Québec, *Mythes et réalités dans l'histoire du Québec, Tome 3*, Tome 3, Canada: Hurtubise, Coll. « Mythes et réalités dans l'histoire du Québec, Tome 3 », chap IV, p. 59-69.

Trudel, M. (2004). *Deux siècles d'esclavage au Québec*. Montréal, Coll. « Cahiers du Québec, Collection Histoire ».

Tykot, R. H. (2004), « Stable isotopes and diet: You are what you eat », M. Milazzo and M. Piacentini M. Martini, *Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" Course CLIV*, Amsterdam, Coll. « Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi" Course CLIV », p. 433-444.

Tykot, R. H., F. Falabella, M. T. Planella, E. Aspillaga, L. Sanhueza et C. Becker (2009). « Stable isotopes and archaeology in central Chile: methodological insights and interpretative problems for dietary reconstruction », *International Journal of Osteoarchaeology*, vol. 19, n° 2, p. 156-170.

Ubelaker, D. H. et D. W. Owsley (2003). « Isotopic Evidence for Diet in the Seventeenth-Century Colonial Chesapeake », *American Antiquity*, vol. 68, n° 1, p. 129-139.

Urey, H. C. (1947). « The Thermodynamic Properties of Isotopic Substances. », *Journal of Chemical Society*, vol., p. 562-581.

Van der Merwe, N. J. (1989), « Natural variation in ^{13}C concentration and its effect on environmental reconstruction using $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio in animal bones », Douglas T. Price, *The Chemistry of Prehistoric Human Bone*, Cambridge: Cambridge University Press, Coll. « The Chemistry of Prehistoric Human Bone », chap 5, p. 291.

Van der Merwe, N. J. et E. Medina (1989). « Photosynthesis and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in Amazonian rain forests », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 53, p. 1091-1094.

Van der Merwe, N. J. et E. Medina (1991). « The canopy effect, carbon isotope ratios and foodwebs in amazonia », *Journal of Archaeological Science*, vol. 18, n° 3, p. 249-259.

Van Der Merwe, N. J. et J. C. Vogel (1978). « ^{13}C Content of human collagen as a measure of prehistoric diet in woodland North America », *Nature*, vol. 276, n° 5690, p. 815-816.

Van der Merwe, N. J., R. F. Williamson, S. Pfeiffer, S. C. Thomas et K. O. Allegretto (2003). « The Moatfield ossuary: isotopic dietary analysis of an Iroquoian community, using dental tissue », *Journal of Anthropological Archaeology*, vol. 22, n° 3, p. 245-261.

Waterisotopes.org www.waterisotopes.org Consulté le 4 janvier 2013.

White, C. D., R. Storey, F. J. Longstaffe et M. W. Spence (2004). « Immigration, Assimilation, and Status in the Ancient City of Teotihuacan: Stable Isotopic Evidence from Tlajinga 33 », *Latin American Antiquity*, vol. 15, n° 2, p. 176-198.

Wiedemann, F. B., H. Bocherens, A. Mariotti, A. von den Driesch et G. Grupe (1999). « Methodological and Archaeological Implications of Intra-tooth Isotopic Variations ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) in Herbivores from Ain Ghazal (Jordan, Neolithic) », *Journal of Archaeological Science*, vol. 26, p. 697-704.

Wright, L. E. et H. P. Schwarcz (1998). « Stable Carbon and Oxygen Isotopes in Human Tooth Enamel: Identifying Breastfeeding and Weaning in Prehistory », *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 106, p. 1-18.

Yoder, C. J. et E. J. Bartelink (2010). « Effects of Different Sample Preparation Methods on Stable Carbon and Oxygen Isotope Values of Bone Apatite: A Comparison of Two Treatment Protocols* », *Archaeometry*, vol. 52, n° 1, p. 115-130.

Zazzo, A., C. Lécuyer et A. Mariotti (2004a). « Experimentally-controlled carbon and oxygen isotope exchange between bioapatites and water under inorganic and microbially-mediated conditions », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 68, n° 1, p. 1-12.

Zazzo, A., C. Lécuyer, S. M. F. Sheppard, P. Grandjean et A. Mariotti (2004b). « Diagenesis and the reconstruction of paleoenvironments: A method to restore original $\delta^{18}\text{O}$ values of carbonate and phosphate from fossil tooth enamel », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 68, n° 10, p. 2245-2258.

ANNEXE 1

A1. Principe de l'analyse au spectromètre de masse à ratios isotopiques

Le spectromètre de masse à ratios isotopiques mesure l'abondance des différentes masses atomiques d'un gaz. Le principe de l'instrument se définit par l'équation suivante :

$$\frac{M}{Z} = \frac{B^2 R^2}{2V}$$

Un ion de masse M et de charge Z , accéléré par un potentiel V , va, lorsqu'il sera injecté dans un champ magnétique B , se déplacer selon une orbite de rayon R . La combinaison des champs électrique et magnétique entraîne la formation du prisme de masse qui est mesuré par l'instrument (*IsoPrime-EA User Manual*).

La figure suivante illustre le procédé.

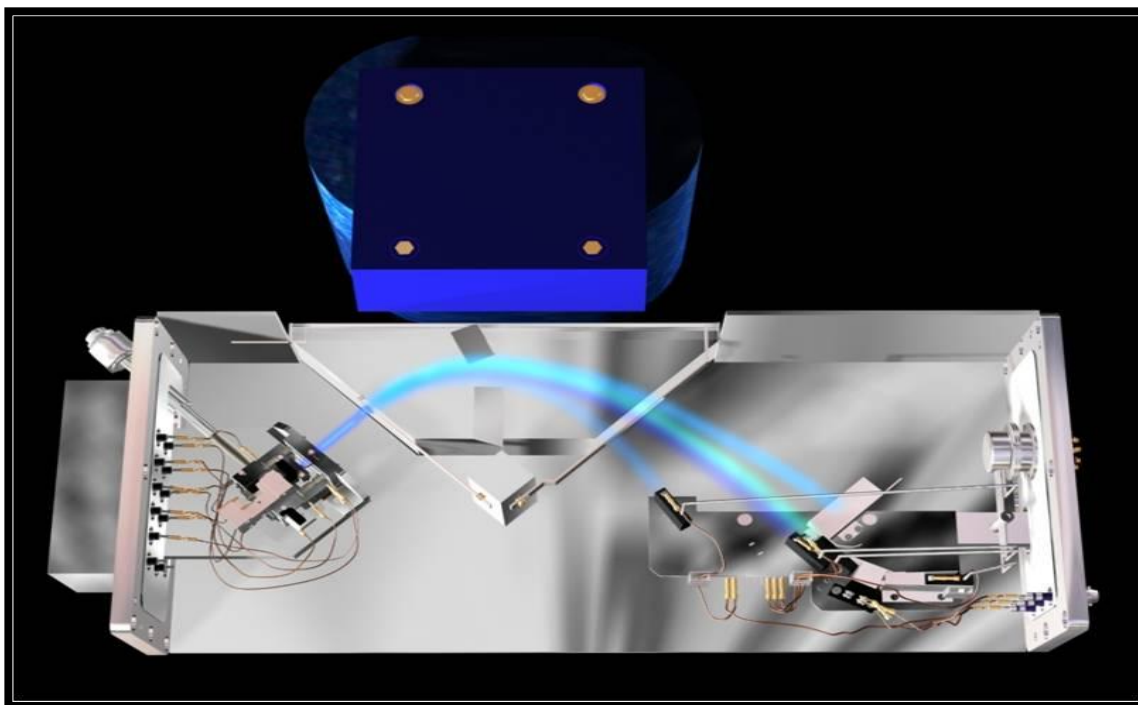


Figure 31. Illustration du principe du spectromètre de masse à ratios isotopiques. Image tirée de IsoPrime-EA User Manual

Une fois les résultats obtenus, la composition isotopique se calcule suivant cette équation :

$$\delta \text{ élément} = \left(\frac{\frac{\text{Isotope Lourd}}{\text{Isotope léger}} \text{échantillon}}{\frac{\text{Isotope Lourd}}{\text{Isotope léger}} \text{référence}} - 1 \right) 10^3$$

Les teneurs isotopiques sont si infimes que le résultat est multiplié par mille pour fournir une valeur en ‰. Les compositions isotopiques sont exprimées par rapport à un étalon international déterminé par l'Agence internationale de l'énergie atomique de Vienne. Le *Vienna Pee Dee Belemnite* (VPDB) est un carbonate marin, utilisé pour le carbone, l'*Ambiant Inhalable Reservoir* (AIR) est utilisé pour l'azote et le *Vienna Standard Mean Ocean Water* (VSMOW) pour l'oxygène (Coplen 1996). Ces standards ont une valeur de 0 ‰ par convention.

ANNEXE 2

A2. Transformer le $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate de l'apatite en $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de précipitation

La valeur approximative de l'eau bue ($\delta^{18}\text{O}_{\text{dw}}$), donc de l'eau de précipitation, peut être calculée à partir du $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate en utilisant deux fonctions de transfert. À ce jour, aucune relation directe entre la teneur en oxygène du carbonate et l'eau bue n'a pu être déterminée, il faut donc d'abord transformer le $\delta^{18}\text{O}_{\text{Ca}}$ en $\delta^{18}\text{O}$ du phosphate (Chenery et coll. 2011b). La formule est la suivante :

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{phosphate}} = 1,0322 (\pm 0,008) \times \delta^{18}\text{O}_{\text{carbonate}} - 9,6849 (\pm 0,187)$$

Le résultat est ensuite transformé en valeur de l'eau bue grâce à la fonction de transfert développée par Daux et collaborateurs (2008) qui combine leurs données propres à celles des trois études précédentes menées sur le sujet (Levinson et coll. 1987, Longinelli 1984, Luz et coll. 1984). La formule est :

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau bue}} = 1,54 (\pm 0,09) \times \delta^{18}\text{O}_{\text{phosphate}} - 33,72 (\pm 1,51)$$

Point négatif de l'utilisation de ces fonctions de transfert, les erreurs types sont élevées (> de $\pm 1,51$) en raison de l'imprécision des équations. Il s'agit d'ailleurs de la raison pour laquelle les teneurs isotopiques du carbonate de l'apatite (erreur analytique de $\pm 0,05$) ont été préférées pour l'interprétation des résultats.

ANNEXE 3

A3. Résultats de l'analyse ostéologique

Les tableaux de résultats débutent à la page suivante.

Sépulture	NMI	Sexe Gagnon (Buikstra et Ubelaker 1994)	Os coxal (Murail et coll. 2005)	Crâne (Buikstra et Ubelaker 1994)	MC et MT	Sacrum (Bass 1987)	Sexe	Âge au décès Gagnon	Croissance dentaire (Smith 1991)	Fusion (Scheuer et Black 2007)	Usure dentaire (Lovejoy 1985)	4e côte (Hartnett 2010)	Symphyse pubienne (Brooks et Suchey 1990)	Surface auriculaire (Schmitt 2005)	Intervalle d'âge	Note
4B1	1						Ind				20-30				Ind	Dent isolée
4B-S1	2	?					Ind	25-35			25-40				Ind	Dent isolée
4C-S1	1	H			H		H	20-30			jeune	Phase 3 (27-37)		20-59	18 à 40	
4C-S2	1	H		H?	H		H	45-55			>35	Phase 6-7 (57-97)	Phase V (27-66)		>40	
4D-S1	1	H			H		H	40-65			>35	Phase 6 (57-70)	Phase III (21-46)	30-59	18 à 40	
4G-S1	1	F		F	F		F	30-40			25-50	Phase 5 (47-58)		>50	>40	Dents en pelles, couturière?
4H-S1	3				F		F				24-35				18 à 40	
4J1	nd						Ind				18-35				Ind	Dent isolée
4K1	2				H		H				20-30				18 à 40	
4K1	2						Ind								Ind	
4K-S2	3	F	H (99 %)	A	H		H	40-45			>40		Phase IV (26-70)	>40	>40	
4K-S3	3				H		Ind	16,4 à 16,9	11 à 17	16-22		Phase 1 (18-22)	Phase I (15 à 24)		12 à 18	
4L-S3	1	H (?)				H	Ind	14-18	14	< de 18	16-22	Phase 1 (18-22)			12 à 18	
4L-S4	2	F	F (99,9 %)	F	F		F	45-55				Phase 5 (47-58)	Phase VI (42-87)	>50 à 100%	>40	

Sépulture	NMI	Sexe	Os coxal	Crâne	MC	Sacrum	Sexe	Âge au décès	Croissance dentaire	Fusion	Usure dentaire	4e côte	Symphyse pubienne	Surface auriculaire	Intervalle d'âge	Note
		Gagnon (Buikstra et Ubelaker 1994)	(Murail et coll. 2005)	(Buikstra et Ubelaker 1994)	et MT	(Bass 1987)		Gagnon	(Smith 1991)	(Scheuer et Black 2007)	(Lovejoy 1985)	(Hartnett 2010)	(Brooks et Suchey 1990)	(Schmitt 2005)		
4L-S6	2						Ind			< de 18	16-22	Phase 1 (18-22)			12 à 18	
4M1	4				H		H				18-22	Phase 3 (27-38)			18 à 40	
4M1	4						H				35-40				18 à 40	Robuste
4P2	3						Ind								Ind	
4P2	3						Ind								Ind	
4P2	3						Ind								Ind	
4Q2	4				H		Ind				20-24				Ind	Dent isolée
9B1-S2	1			A			Ind				25-40				18 à 40	
9B1-S3	2		F 96 %	F	F		F				20-30				18 à 40	
9B1-S3	2						Ind								Ind	
11D-S1	Nd	H		H?	H		H	35-50			35-55	Phase 5 (45-59)			>40	
11G-S1	3	?					Ind	15	14,8 à 15,2	11 à 17					12 à 18	
11K-S4	Nd	?					Ind	14-18	14,8 à 15,2						12 à 18	
12A	3				H		Ind				30-40				Ind	
12A-S2	1	F		F	F		F	20-30			20-30				18 à 40	
12C-S1	1	H					H	50			40-55	Phase 5-6 (45-70)			>40	
12C-S2	2	N/A					Ind	11 à 13		11 à 17	12 à 16	Phase 1 (18-22)			12 à 18	

Sépulture	NMI	Sexe	Os coxal	Crâne	MC	Sacrum	Sexe	Âge au décès	Croissance dentaire	Fusion	Usure dentaire	4e côte	Symphyse pubienne	Surface auriculaire	Intervalle d'âge	Note
		Gagnon (Buikstra et Ubelaker 1994)	(Murail et coll. 2005)	(Buikstra et Ubelaker 1994)	et MT	(Bass 1987)		Gagnon	(Smith 1991)	(Scheuer et Black 2007)	(Lovejoy 1985)	(Hartnett 2010)	(Brooks et Suchey 1990)	(Schmitt 2005)		
12D	2	?					Ind	2-4 12-15 16-25 (?)			17-21	Phase 2 (21-28)			18 à 40	
12D-S1	2	H		H	H		H	55-65			>25					Ind
12E	2						Ind		<12,3	<18		Phase 2 (21-28)			12 à 18	
12V-S2 (c)	1						Ind				mature				Ind	Dent isolée
12W-S11	3	H		A			Ind	18-25			20-30				18 à 40	
12W-S11	3						Ind		4 à 5						<10	
12W-S13	2			F			F				20-30				18 à 40	
12W-S14	1	H		F?			H	Adulte			jeune adulte				Ind	Dent isolée
12Z-S1	1	H		A			H	20-30			20-30				18 à 40	fumeur de pipe, microdentie
12Z-S2	1	H		H			H	> 50			30-55				>40	microdentie
12Z-S3	4	H		H			H	45-55			24-45	Phase 5-6 (45-70)			>40	fumeur de pipe
12AA-S1	1	F					F	25-35			24-40				18 à 40	
12AA-S5	1	F					F	45-55			>35	Phase 6 (60-73)			>40	
12AA-S10	2	?					Ind	Adulte	11		16-20				18 à 40	

Sépulture NMI	Sexe	Os coxal (Murail et coll. 2005)	Crâne (Buikstra et Ubelaker 1994)	MC et MT	Sacrum (Bass 1987)	Sexe	Âge au décès Gagnon	Croissance dentaire (Smith 1991)	Fusion (Scheuer et Black 2007)	Usure dentaire (Lovejoy 1985)	4e côte (Hartnett 2010)	Symphyse pubienne (Brooks et Suchey 1990)	Surface auriculaire (Schmitt 2005)	Intervalle d'âge	Note
12BB-S3	2	H	H			H	50-60			>40	Phase 6 (57-70)			>40	
12BB-S10	2	H	H			H	60-70				Phase 6-7 (57-97)			>40	
12BB-S13	3					Ind	5- 5 1/2 6- 6 1/2	6						<10	
12CC-S1	2	N/A				Ind	16-18	<18 à 25		16-20	Phase 1 (18-22)			12 à 18	
12CC-S2	2	F				F	30-40			18-30	Phase 4 (39-49)		30-59	>40	
12CC-S2	2					Ind				18-30	Phase 1 (18-22)		20-49	18 à 40	
12CC-S2 (A)	1					Ind		16		12 à 18				12 à 18	
12CC-S2 (B)	1					Ind				18-22				18 à 40	
12CC-S3	2	H				Ind	16-20	15-16		16-20				18 à 40	
12DD-S2	2	H				Ind	18-25			20-30				Ind	
12DD-S2	2					Ind				20-30				Ind	Dent isolée
12DD-S5	1	H		H		H	18-25	18-25		16-20	Phase 1 (18-22)			18 à 40	
12DD-S6	2	N/A				Ind	14-18	<17		16-20				12 à 18	

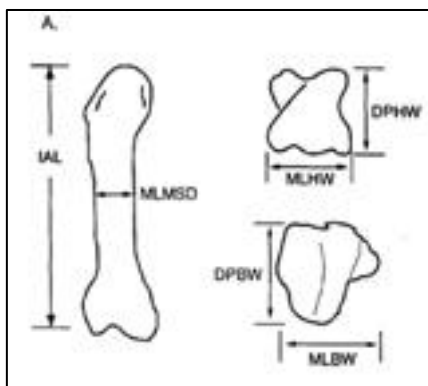
Sépulture	NMI	Sexe	Os coxal (Murail et coll. 2005)	Crâne (Buikstra et Ubelaker 1994)	MC et MT	Sacrum (Bass 1987)	Sexe	Âge au décès Gagnon	Croissance dentaire (Smith 1991)	Fusion (Scheuer et Black 2007)	Usure dentaire (Lovejoy 1985)	4e côte (Hartnett 2010)	Symphyse pubienne (Brooks et Suchey 1990)	Surface auriculaire (Schmitt 2005)	Intervalle d'âge	Note
12DD-S7	1	F			F		F	18-25	14-19		16-20	Phase 2 (24-27)			18 à 40	
12DD-S10	1	F (?)					Ind	18-25			18-22				18 à 40	
12EE-S1	3	H					H				30-35				18 à 40	
12EE-2	3						Ind		7 à 8						<10	
12EE-S2	2	F			F		F	35-40			30-35	Phase 4 (39-49)		>30	18 à 40	
12EE-S5	2	F			F		F	25-35			20-30	Phase 3 (27-38)		20-49	18 à 40	

ANNEXE 4

A4. Méthode de détermination du sexe à partir des métacarpes 1 et 2 et métatarse 1

Afin de déterminer si la population archéologique du cimetière de Notre-Dame présente un dimorphisme sexuel au niveau des métacarpes et métatarses, les métacarpes 1 et 2 (MC1 et MC2) ainsi que le métatarse 1 (MT1) ont fait l'objet d'une analyse discriminante. Seuls les éléments non pathologiques ont été utilisés.

Les éléments ont été séparés par côté, afin de tenir compte de la variation liée à la latéralité. Un total de six mesures ont été prises, soit la longueur intra-articulaire (LIA), le diamètre à



dorso-ventral à mi-diaphyse (MDV) et le diamètre dorso-ventral et latéral de l'articulation proximale (PDV et PL) et le diamètre dorso-ventral et latéral de l'articulation distale (DVD et DL). Les mesures ont été prises avec un pied à coulisse permettant une précision de l'ordre du micron (μm). Les mesures étaient compilées dans un fichier Excel; elles ont par la suite été assignées à des classes différentes.

La taille des classes varie de l'ordre du demi-millimètre ou du millimètre. La présence de distributions bimodales a indiqué la faisabilité des analyses discriminantes.

Figure 32. Mesures prises sur les MC et MT lors de l'analyse discriminante visant à déterminer le sexe des individus de la collection de Notre-Dame. Exemple sur un MC2 tiré de Lazenby 2002

Les classes ont ensuite fait l'objet d'une analyse discriminante dans le programme statistique SPSS.

Les résultats sont présentés à la page suivante.

Préalablement les données ont fait l'objet d'un « step wise analysis » afin de diviser notre échantillon selon le sexe. À partir de ces résultats nous avons ensuite pu effectuer l'analyse discriminante des métacarpes (1 et 2) et métatarses (1) de la collection Notre-Dame.

Premièrement le test d'égalité de moyenne, le lambda de Wilks permet de connaître la proportion de variance non expliquée par l'appartenance au groupe. Ainsi, un λ Wilks bas indique une différence intergroupe élevée. Les résultats mis en grisé sont significatifs.

Tableau XL Test d'égalité des moyennes des groupes de l'analyse discriminante des MC1, MC2 et MT1 pour la détermination du sexe des individus de la collection ostéologique Notre-Dame (1691-1796)

Mesure	MC1 gauche		MC1 droit		MC2 gauche		MC2 droit		MT1 gauche		MT1 droit	
	λ Wilks	P	λ Wilks	P	λ Wilks	P	λ Wilks	P	λ Wilks	P	λ Wilks	P
LIA	,833	,212	,563	,004	,605	,029	,898	,227	,762	,077	,938	,336
MDV	,468	,011	,753	,042	,601	,027	,979	,594	,441	,002	,928	,299
PDV	,463	,010	,275	,000	,266	,000	,622	,011	,805	,114	,985	,636
PL	,406	,005	,362	,000	,340	,001	,712	,032	,596	,015	,997	,831
DDV	,669	,064	,372	,000	,396	,003	,827	,109	,499	,005	,941	,350
DL	,505	,016	,380	,000	,431	,005	,928	,314	,407	,001	,889	,191

Les résultats les plus importants sont le pourcentage de la variance expliquée par la fonction, la corrélation canonique qui indique la force de l'association entre la fonction discriminante et les groupes (ici femme et homme) et le lambda de Wilks qui permet d'évaluer s'il y a des différences significatives sur la fonction discriminante entre les groupes.

Tableau XLI. Résultats des fonctions discriminantes canoniques effectuées sur les MC1, MC2 et MT1 de la collection ostéologique de Notre-Dame (1691-1796)

Élément	% de la variance	Corrélation canonique	Lambda de Wilks
MC1 gauche	100 %	,908	,175
MC1 droit	100 %	,935	,125
MC2 gauche	100 %	,889	,209
MC2 droit	100 %	,818	,332
MT1 gauche	100 %	,901	,187
MT1 droit	100 %	,542	,706

Les fonctions discriminantes produites sont les suivantes.

Tableau XLII. Fonctions discriminantes produites à partir des MC1, MC2 et MT1 pour déterminer le sexe des individus de la collection Notre-Dame (1691-1796)

Élément	Fonction discriminante	Résultat du classement
MC1 gauche	$- 0,841 \text{ LIA} + 3,083 \text{ MDV} - 1,642 \text{ PDV} - 1,774 \text{ PL} + 1,166 \text{ DDV} + 2,377 \text{ DL}$	100 %
MC1 droit	$0,717 \text{ LIA} - 0,810 \text{ MDV} + 0,951 \text{ PDV} - 0,210 \text{ PL} + 0,189 \text{ DDV} + 0,755 \text{ DL}$	100 %
MC2 gauche	$- 0,135 \text{ LIA} + 0,449 \text{ MDV} + 0,787 \text{ PDV} + 0,171 \text{ PL} + 0,135 \text{ DDV} - 0,019 \text{ DL}$	91,7 %
MC2 droit	$0,612 \text{ LIA} + 0,410 \text{ MDV} + 4,848 \text{ PDV} - 4,039 \text{ PL} - 0,376 \text{ DDV} + 0,415 \text{ DL}$	93,8 %
MT1 gauche	$- 1,072 \text{ LIA} + 0,875 \text{ MDV} + 1,101 \text{ PDV} + 1,160 \text{ PL} + 0,841 \text{ DDV} - 0,533 \text{ DL}$	92,9 %
MT1 droit	$- 0,375 \text{ LIA} + 0,019 \text{ MDV} + 0,638 \text{ PDV} + 0 \text{ PL} + 0,971 \text{ DDV} - 0,658 \text{ DL}$	76,5 %

Pour la détermination du sexe des individus de Notre-Dame, seules les classifications affichant un taux de classement de 100 % ont été retenues. Ainsi, le sexe de 43 individus de la collection, dont 21 font partie de l'échantillon analysé en géochimie des isotopes, ont pu être évalués. De ce nombre, une seule détermination différait de celle produite par l'une des autres méthodes utilisées; par prudence, elle n'a pas été conservée.

ANNEXE 5

En raison des résultats mitigés obtenus sur la phosphate lors de l'étude de la collection militaire de Snake Hill (Schwarcz et coll. 1991) et compte tenu que nous allons analyser le carbonate de l'apatite qui est plus sujet aux altérations après déposition que le phosphate, et pour lequel il y a débat sur la méthode d'extraction à utiliser, nous avons décidé de procéder à certains tests méthodologiques sur l'analyse du carbonate.

A5. Résultats de l'essai méthodologique de l'analyse du carbonate

Ainsi, deux prétraitements ont été appliqués sur les os : un prétraitement *agressif* comprenant l'immersion dans une solution concentrée à 1M d'acide acétique durant une heure et un prétraitement sans acide. Les dents n'ont fait l'objet que du traitement sans acide.

A5.1. Effet du prétraitement sur le $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate des os

Les $\delta^{13}\text{C}$ obtenus à partir du carbonate des os varient peu en fonction de la méthode.

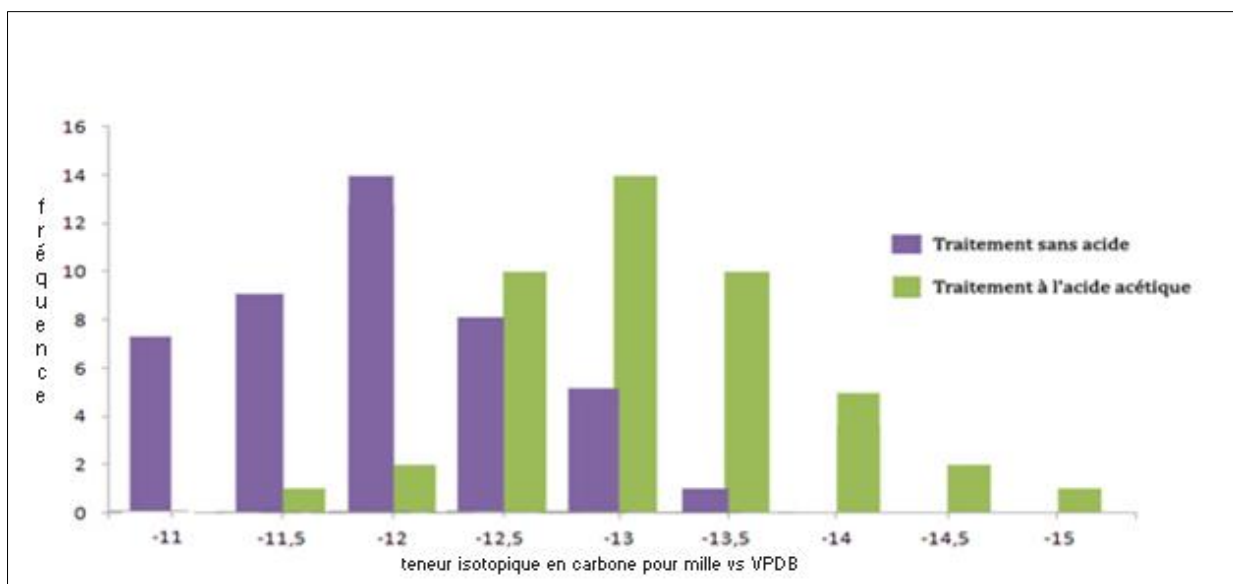


Figure 33. Distribution comparée des $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ de Notre-Dame selon le prétraitement: avec ou sans acide acétique

Tableau XLIII Comparaison de moyenne de t de Student confrontant les $\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$ obtenues du prétraitement à l'acide et du prétraitement sans acide

Variable dépendante	Variable indépendante	Moyenne	Écart-type	Test de levene		Test t de Student		
				F	P	t	dl	P
$\delta^{13}\text{C}_{\text{carbonate}}$	Prétraitement avec acide	-13,407	,6817	,171	,680	-8,590	87	,000
	Prétraitement sans acide	-12,226	,6125					

Bien que statistiquement différents la moyenne des $\delta^{13}\text{C}$ de chacun des deux groupes varie peu. La différence de composition isotopique entre les deux méthodes, de l'ordre du 1 ‰, n'entraînera pas de différence au niveau de l'interprétation des résultats pour des questions de paléonutrition.

Pour l'échantillon comparatif provenant de La Rochelle, la différence entre les $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate des os obtenus par les mêmes prétraitements, montre une différence assez similaire.

Tableau XLIV. Test t de Student confrontant les distributions des $\delta^{13}\text{C}$ du carbonate de l'apatite des os selon le prétraitement avec ou sans acide

Variable dépendante	Variable indépendante	Moyenne	Écart-type	Test de levene		Test t de Student		
				F	P	t	dl	P
$\delta^{13}\text{C}$	Prétraitement avec acide	-12,829	,9571	5,801	0,23	-4,194	18,015	0,001
	Prétraitement sans acide	-11,718	,3439					

Les interprétations et comparaisons portant sur le régime alimentaire de ces deux populations seront effectuées en utilisant les résultats obtenus avec la méthode sans acide.

A5.2. Effet du prétraitement sur les $\delta^{18}\text{O}$ des os et de l'émail des dents

L'analyse du carbonate de l'émail des dents a fourni des $\delta^{18}\text{O}$ assez constantes (figure 34).

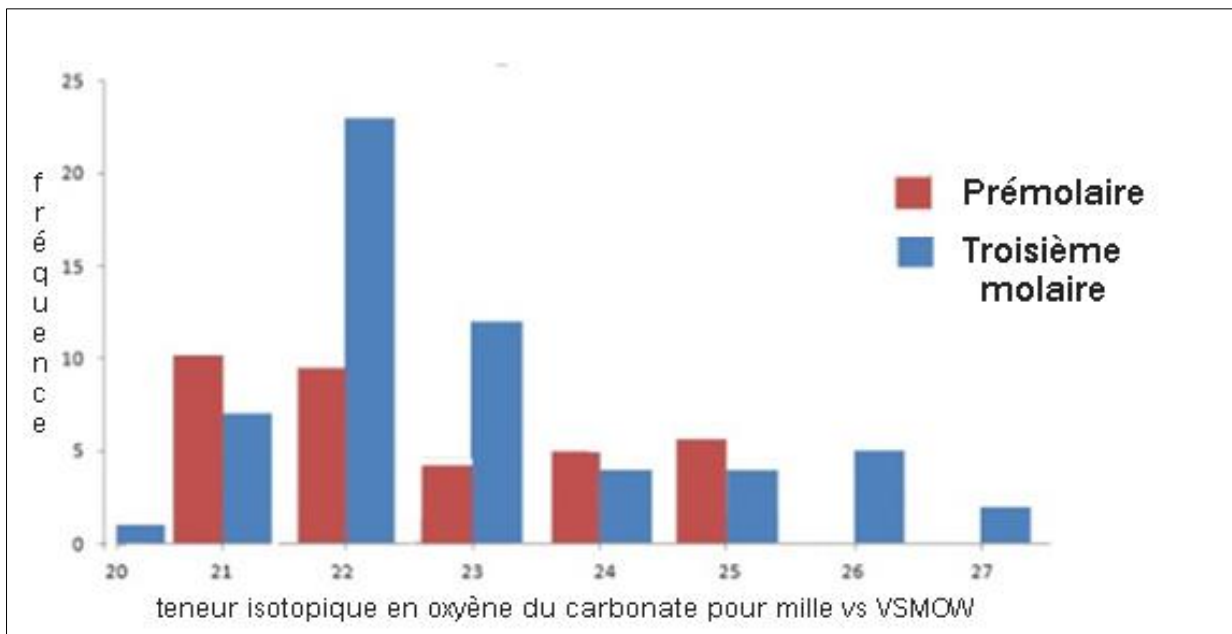


Figure 34. Distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des prémolaires et troisièmes molaires

Au contraire, l'analyse du carbonate des os fourni des résultats comprenant beaucoup de variation. L'application du prétraitement *agressif* a mené à la production de $\delta^{18}\text{O}$ aberrantes (figure 35).

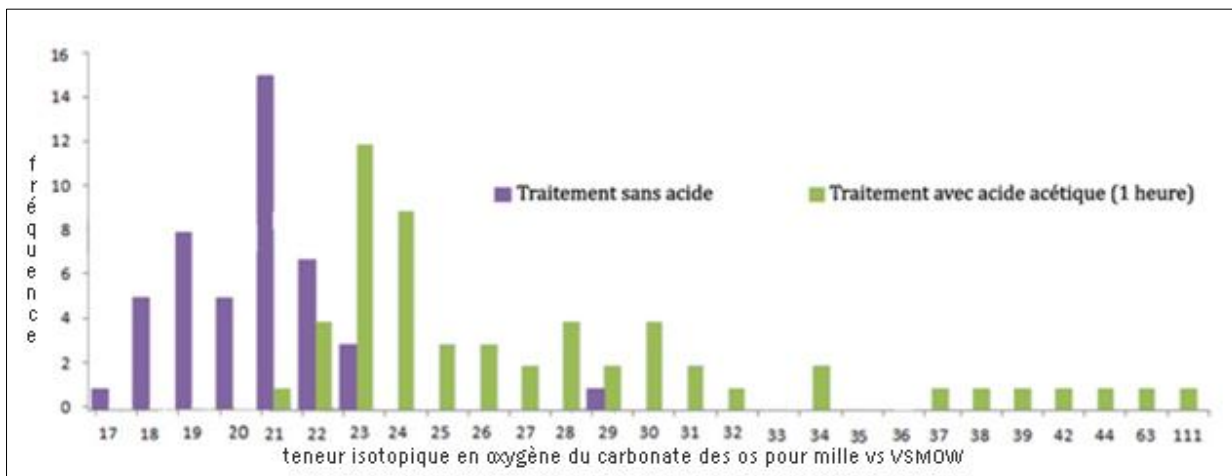


Figure 35. Distribution comparée des $\delta^{18}\text{O}$ du carbonate des os obtenus selon le prétraitement: avec ou sans acide

Tableau XLV. Test U de Mann-Whitney pour déterminer si la distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des os obtenus avec les deux prétraitements : avec acide ou sans, est identique

Hypothèse nulle	Test	P
La distribution des $\delta^{18}\text{O}$ des deux prétraitements est identique	Test U de Mann-Whitney	0,000

Ainsi, les $\delta^{18}\text{O}$ des os de 11 des 45 échantillons traités avec de l'acide acétique sont égaux ou supérieurs au $\delta^{18}\text{O}_{\text{carbonate}}$ de l'étalon interne (autour de 29) utilisé lors de l'analyse au spectromètre de masse. L'étalon interne est choisi en fonction de sa teneur isotopique extrême. Les échantillons présentant des $\delta^{18}\text{O}$ aussi élevés sont automatiquement contaminés. Le prétraitement sans acide a fourni des compositions isotopiques constantes, nonobstant l'échantillon 11G-S1. Celui-ci a fourni un $\delta^{18}\text{O}$ des os semblable à celui de l'étalon interne, cela peut avoir résulté d'une erreur survenue lors des manipulations.

En conclusion, les $\delta^{18}\text{O}$ des os ne seront pas utilisés dans le cadre de cette étude. Les $\delta^{18}\text{O}$ obtenus à partir du prétraitement à l'acide acétique sont trop enrichis en ^{18}O et ceux obtenus de la méthode sans acide sont trop appauvris en ^{18}O comparativement aux $\delta^{18}\text{O}$ obtenus à partir des prémolaires et des troisièmes molaires.

ANNEXE 6

A6. Statistiques descriptives des compositions isotopiques

A6.1 Collagène

Statistiques	Notre-Dame		La Rochelle	
	¹³ Cco ‰ vs VPDB	¹⁵ Nco ‰ vs AIR	¹³ Cco ‰ vs VPDB	¹⁵ Nco ‰ vs AIR
Moyenne	-19,58	11,529	-18,332	12,781
Écart-type	,5426	1,0610	,4467	,9765
Asymétrie	3,371	,446	,184	,342
Erreur std asymétrie	,354	,354	,580	,580
Aplatissement	17,950	,056	-1,634	-,026
Erreur std aplatissem.	,695	,695	1,121	1,121

A6.2 Carbonate de l'apatite

A6.2.1 Os

Statistiques	Notre-Dame				La Rochelle			
	¹³ Cca ‰ vs VPDB acide	¹⁸ Oca ‰ vs VSMOW acide	¹³ Cca ‰ vs VPDB	¹⁸ Oca ‰ vs VSMOW	¹³ Cca ‰ vs VPDB acide	¹⁸ Oca ‰ vs VSMOW acide	¹³ Cca ‰ vs VPDB	¹⁸ Oca ‰ vs VSMOW
Moyenne	-13,407	29,775	-12,226	21,056	-12,829	28,051	-11,718	24,280
Écart-type	,6817	13,4025	,6125	1,9547	,9571	1,2220	,3439	1,1089
Asymétrie	-,515	4,713	,375	1,530	,040	,971	-,765	-,560
Erreur std asymétrie	,354	,325	-,483	,354	,580	,580	,616	,616
Aplatissement	,587	26,526	-,239	6,677	-,007	1,116	,519	1,083
Erreur std aplatissem.	,695	,639	,702	,695	1,121	1,121	1,191	1,191

A6.2.1.1 Différence ^{13}C collagène – ^{13}C Carbonate

Statistiques	Notre-Dame
Moyenne	7,353
Écart-type	,7908
Asymétrie	-,372
Erreur std asymétrie	,361
Aplatissement	-,404
Erreur std aplatissem.	,709

A6.2.2. Émail des dents

Statistiques	Notre-Dame			
	$^{13}\text{Cca pm}^* \text{‰ vs}$	$^{18}\text{Oca pm} \text{‰ vs}$	$^{13}\text{Cca M3}^* \text{‰ vs}$	$^{18}\text{Oca M3} \text{‰ vs}$
	VPDB	VSMOW	VPDB	VSMOW
Moyenne	-11,534	23,334	-11,990	23,037
Écart-type	1,2768	1,6149	,7434	1,3766
Asymétrie	,583	1,028	,445	,547
Erreur std asymétrie	,314	,314	,403	,403
Aplatissement	,332	,216	,040	-,997
Erreur std aplatissem.	,618	,618	,788	,788

* pm=prémolaire, M3= troisième molaire

ANNEXE 7

A7. Ensemble des résultats

Voir les résultats des analyses isotopiques menées sur les individus de l'échantillon de La Rochelle.

Larochelle	sexe	$\delta^{13}\text{Cco}$	$\delta^{15}\text{N}$	C:N	$\delta^{13}\text{Cca}$	$\delta^{18}\text{Oca}$	$\delta^{18}\text{Oeau os}$	$\delta^{13}\text{Cca}$	$\delta^{18}\text{Oca}$	$\delta^{18}\text{Oeau os}$
		‰ vs VPDB	‰ vs AIR		os acide ‰ vs VPDB	acide ‰ vs VSMOW	acide ‰ vs VSMOW	os ‰ vs VPDB	‰ vs VSMOW	‰ vs VSMOW
SP 1009	I	-18,84	12,47	3,1	-13,54	27,42	-5,05 (±2,26)	-12,47	23,52	-11,25 (±2,00)
SP 1015	I	-17,64	14,12	3,2	-11,76	28,50	-3,33 (±2,33)			
SP 1022	F	-18,84	11,49	3,1	-10,93	26,72	-8,83 (±2,10)	-11,60	25,04	-6,16 (±2,21)
SP 1026	I	-17,73	12,55	3,1	-12,11	26,89	-5,89 (±2,22)	-11,20	23,98	-10,51 (±2,03)
SP 1028	H	-18,57	11,28	3,2	-12,29	27,67	-4,66 (±2,27)	-11,41	24,20	-10,17 (±2,04)
SP 1038	H	-18,22	13,56	3,2	-13,00	31,06	0,74 (±2,52)	-11,55	25,05	-8,81 (±2,10)
SP 1052	H	-18,80	11,50	3,1	-12,81	28,90	-2,69 (±2,36)	-11,88	24,22	-10,14 (±2,04)
SP 1061	H	-17,97	13,03	3,1	-14,11	28,62	-3,13 (±2,34)			
SP 1064	F	-18,79	12,47	3,1	-14,56	28,92	-2,66 (±2,36)	-11,82	23,77	-10,84 (±2,02)
SP 1069	F	-17,80	14,79	3,1	-13,03	29,39	-1,92 (±2,39)	-11,45	24,74	-9,31 (±2,08)
SP 1091	H	-17,94	13,61	3,1	-12,87	28,34	-3,58 (±2,32)	-11,58	26,09	-7,16 (±2,17)
SP 1094	F	-18,81	12,40	3,3	-12,89	27,25	-5,32 (±2,24)	-11,47	25,64	-7,88 (±2,14)
SP 1102	H	-18,19	12,73	3,3	-11,91	27,48	-4,96 (±2,26)	-11,78	24,37	-9,90 (±2,05)
SP 10116	F	-18,65	13,17	3,1	-13,92	26,46	-6,57 (±2,19)	-12,15	23,23	-11,71 (±1,98)
SP 10117	F	-18,19	12,54	3,1	-12,71	27,15	-5,48 (±2,24)	-11,98	21,79	-14,00 (±1,90)

Les résultats des analyses menées sur les individus de Notre-Dame sont présentés dans les pages suivantes.

Sépulture	Sexe	Âge	Dent	$\delta^{13}\text{C}$														
				$\delta^{13}\text{C}$ co vs VPDB	$\delta^{15}\text{N}$ ‰ vs AIR	C:N	ca pm ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ pm ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ dent ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ M3 ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ M3 ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ M3 ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ os ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ os ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ os ‰ vs VSMOW
Notre-Dame																		
Dans l'église																		
4P2	I	I	Pm2				-10,5	23,4	-11,5 (±2,0)									
4P2	I	I								-12,1	24,0	-10,4 (±2,0)						
4P2	I	I		-19,8	12,2	3,4							-14,8	27,4	-5,1 (±2,3)	-13,8	22,2	-13,3 (±1,9)
4Q2	I	I	I2				-9,2	26,07	-7,4 (±2,2)									
Dans le cimetière d'origine																		
4B1	Ind	Ind	Pm1				-7,9	26,2	-7,1 (±2,2)									
4B-S1	Ind	Ind	Pm1	-19,4	11,5	3,3	-9,9	24,4	-9,9 (±2,1)	-12,4	22,9	-12,3 (±2,2)	-13,0	23,5	-11,3 (±2,0)	-12,7	22,3	-13,2 (±1,9)
4C-S1	H	18-40	Pm2				-10,5	23,1	-12,0 (±2,0)									
4C-S2	H	>40	Pm2	-19,5	12,6	3,3	-10,0	26,0	-7,3 (±2,2)	-12,1	25,5	-8,1 (±2,1)	-13,7	24,2	-10,2 (±2,0)	-13,3	22,2	-13,4 (±1,9)
4D-S1	H	18-40								-12,1	25,4	-8,2 (±2,12)						
4G-S1	F	>40	Pm1	-19,4	12,0	3,3	-12,1	23,3	-11,6 (±2,0)	-12,5	24,0	-10,5 (±2,0)	-12,6	23,4	-11,4 (±2,0)	-12,7	22,3	-13,1 (±1,9)
4H-S1	F	18-40	Pm2	-19,5	10,8	3,5	-10,1	22,3	-13,3 (±1,9)	-12,3	21,6	-14,4 (±1,9)	-12,9	23,1	-11,9 (±2,0)	-12,6	21,7	-14,2 (±1,9)
4J1	Ind	Ind	M2				-12,3	22,0	-13,7 (±1,9)									
4K1	H	18-40	Pm2	-19,5	10,5	3,4	-10,8	21,8	-14,1 (±1,9)	-11,8	25,6	-8,0 (±2,1)	-12,9	22,8	-12,5 (±2,0)	-11,9	20,6	-15,9 (±1,8)
4K1	Ind	Ind								-11,0	24,2	-10,2 (±2,0)						

Sépulture	Sexe	Âge	Dent	$\delta^{13}\text{C}$																				
				$\delta^{13}\text{C}$ co ‰ vs VPDB	$\delta^{15}\text{N}$ ‰ vs AIR	C:N	ca pm ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ pm ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ dent ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ M3 ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ M3 ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ M3 ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ os ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ os ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ os ‰ vs VSMOW						
4K-S2	H	>40	Pm2	-19,5	12,3	3,3	-8,5	25,4	-8,3 (±2,1)									10,97 -13,5 -13,7	37,5 44,0	(±3,0) 21,32 (±3,6)	-11,49	19,9	-17,0 (±1,8)	
4K-S3	Ind	12 à 18	Pm2	-20,5	10,9	3,4	-12,9	22,7	-12,6 (±2,0)	-13,3	21,7	-14,1 (±1,9)	-14,0	30,4	-0,3 (±2,5)	-12,1	18,8							-18,7 (±1,8)
4L-S3	Ind	12 à 18	Pm2	-19,8	11,5	3,4	-10,9	22,2	-13,4 (±1,9)				-12,7	23,6	-11,1 (±2,0)	-13,0	21,8							-13,9 (±1,9)
4L-S4	F	>40	Pm2	-19,2	11,0	3,3	-10,9	23,9	-10,7 (±2,0)				-13,3	23,0	-12,1 (±2,0)	-12,6	22,0							-13,7 (±1,9)
4L-S6	Ind	12 à 18	Pm2	-19,9	12,7	3,4	-10,0	22,9	-12,3 (±2,0)				-13,4	24,3	-10,1 (±2,1)	-13,2	21,2							-15,0 (±1,9)
4M1	H	18-40	Pm2	-19,6	13,0	3,2	-10,0	27,5	-5,0 (±2,3)				-13,7	26,7	-6,2 (±2,2)	-12,3	21,4							-14,7 (±1,9)
4M1	H	18-40									-11,9	22,1	-13,5 (±1,9)								-12,5	22,3		-13,1 (±1,9)
9B1-S2	Ind	18-40	Pm2	-18,9	13,9	3,2	-13,1	26,2	-7,0 (±2,2)	-12,2	24,3	-10,0 (±2,1)	-14,6	28,4	-3,5 (±2,3)	-12,0	20,2							-16,5 (±1,8)
9B1-S3	F	18-40	Pm2	-19,7	14,4	3,2	-12,8	23,1	-11,9 (±2,0)	-13,2	23,1	-11,9 (±2,0)	-14,0	26,2	-7,0 (±2,2)	-11,4	17,3							-21,1 (±1,7)
9B1-S3	Ind	Ind	Pm2				-12,9	22,3	-13,2 (±1,9)															
11D-S1	H	>40	Pm1	-19,1	12,5	3,3	-11,1	26,0	-7,3 (±2,2)	-12,3	23,4	-11,5 (±2,0)	-13,8	24,9	-9,1 (±2,1)	-13,0	22,8							-12,4 (±2,0)
11G-S1	Ind	12 à 18	Pm2	-20,1	9,8	3,3	-12,7	24,3	-10,1 (±2,1)	-12,3	22,3	-13,2 (±1,9)	-13,4	24,6	-9,6 (±2,1)	-13,4	29,5							-1,8 (±2,4)
11K-S4	Ind	12 à 18	Pm2	-19,8	10,6	3,3	-11,0	22,6	-12,8 (±1,9)	-12,1	22,0	-13,7 (±1,9)	-13,8	27,9	-4,2 (±2,3)	-11,6	18,7							-18,9 (±1,7)
12Z-S1	H	18-40	Pm2	-19,4	11,5	3,3	-12,1	22,3	-13,3 (±1,9)	-13,1	22,7	-12,5 (±2,0)	-13,8	23,3	-11,6 (±2,0)	-12,5	21,8							-14,0 (±1,9)
12Z-S2	H	>40	Pm2	-19,6	10,2	3,4	-12,6	22,3	-13,2 (±1,9)				-14,5	23,3	-11,6 (±2,0)	-12,8	22,2							-13,3 (±1,9)

Sépulture	Sexe	Âge	Dent	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$ ‰ vs AIR	$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{18}\text{O}_{\text{ca}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Ca}}$ ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Ca}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Ca}}$ ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Ca}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{C}_{\text{Ca}}$ ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{O}_{\text{Ca}}$ ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$ ‰ vs VSMOW
				co ‰ vs VPDB		C:N	ca pm ‰ vs VPDB											
12Z-S3	H	>40	Pm2	-16,7	12,0	3,3	-10,4	23,3	-11,7 (±2,0)				-11,9	24,2	-10,2 (±2,0)	-11,4	23,2	-11,8 (±2,0)
12AA-S1	F	18-40	Pm1	-19,4	10,9	3,4	-11,9	26,7	-6,3 (±2,2)	-11,3	25,2	-8,6 (±2,1)	-13,1	25,9	-7,4 (±2,2)	-12,4	23,1	-12,0 (±2,-0)
12AA-S5	F	>40	Pm2	-19,8	11,9	3,9	-12,4	21,4	-14,6 (±1,9)	-12,8	21,0	-15,3 (±1,9)	-13,7 -13,8	29,2 28,4	-2,2 (±2,4) -3,5 (±2,3)	-12,1	19,8	-17,2 (±1,8)
12AA-S10	Ind	18-40	Pm2	-19,6	10,5	3,2	-13,2	22,1	-13,5 (±1,9)	-11,6	21,8	-14,0 (±1,9)	-14,1	25,0	-8,9 (±2,1)	-11,4	19,5	-17,6 (±1,8)
12BB-S3	H	>40	Pm1	-19,6	10,5	3,3	-12,1	22,2	-13,4 (±,9)	-12,9	22,4	-13,1 (±1,9)	-13,7	24,2	-10,1 (±2,0)	-12,3	20,0	-16,8 (±1,8)
12BB-S10	H	>40	I1	-19,7	10,0	3,5	-11,8	21,8	-14,0 (±1,9)				-13,2	23,5	-11,3 (±2,0)	-12,3	20,3	-16,5 (±1,8)
12BB-S13	Ind	<10	Pm1						-11,6	22,4	-13,1 (±1,9)							
12CC-S1	Ind	12 à 18	I1						-11,9	21,5	-14,5 (±1,9)	-12,2	22,1	-13,6 (±1,9)				
12CC-S2	F	>40	Pm2	-19,4	12,7	3,4	-11,3	23,9	-10,7 (±2,0)	-12,5	21,8	-13,9 (±1,9)	-13,6 -13,3	32,7 24,8	3,3 (±2,1) -9,2 (±2,1)	-13,2	21,2	-14,9 (±1,9)
12CC-S2	Ind	18-40								-10,5	21,6	-14,3 (±1,9)						
12CC-S2 (A)	Ind	12 à 18	Pm2	-19,9	10,8	3,2	-12,0	22,4	-13,0 (±1,9)	-11,3	22,4	-13,0 (±1,9)	-13,1 -13,0	34,8 30,9	6,7 (±2,5) 0,4 (±2,5)	-11,4	20,4	-16,2 (±1,8)

Sépulture	Sexe	Âge	Dent	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C:N	$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{18}\text{Oca}$	$\delta^{18}\text{Oeau}$	$\delta^{13}\text{Cca}$	$\delta^{18}\text{Oca}$	$\delta^{18}\text{Oeau}$	$\delta^{13}\text{Cca}$	$\delta^{18}\text{Oca}$	$\delta^{18}\text{Oeau}$	$\delta^{13}\text{Cca}$	$\delta^{18}\text{Oca}$	$\delta^{18}\text{Oeau}$
				co ‰ vs VPDB			‰ vs AIR	ca pm ‰ vs VPDB											
12CC-S2 (B)	Ind	18-40	Pm2	-19,5	12,0	3,3	-11,0	24,3	-10,1 (±2,1)	-10,2	25,1	-8,8 (±2,1)	-14,1 -14,7	42,2 63,8	18,4 (±3,4)	52,8 (±5,3)	-11,9	19,5	-17,7 (±1,8)
12CC-S3	Ind	18-40	Pm2	-19,8	12,1	3,3	-9,0	22,5	-13,0 (±1,9)	-10,8	23,1	-11,9 (±2,0)	-13,8	25,6	-8,0 (±2,1)	-11,4	20,0	-16,9 (±1,8)	
12DD-S2	Ind	Ind	Pm2	-19,3	11,6	3,3	-11,7	21,3	-14,8 (±1,9)	-11,5	21,5	-14,4 (±1,9)	-13,3 -13,4	31,5 30,2	1,4 (±2,6)	-0,7 (±2,5)	-11,5	19,5	-17,7 (±1,8)
12DD-S2	Ind	Ind	Pm2				-10,8	20,9	-15,4 (±1,9)										
12DD-S5	H	18-40	Pm2	-19,6	11,5	3,2	-13,6	24,2	-10,2 (±2,0)	-12,5	24,3	-10,0 (±2,1)	-16,3 -14,4	111,2 39,8	128,1 (±9,6)	14,6 (±3,2)	-12,0	21,0	-15,3 (±1,9)
12DD-S6	Ind	12 à 18	Pm1				-12,4	21,6	-14,4 (±1,9)										
12DD-S7	F	18-40	Pm2	-20,2	12,4	3,3	-12,8	23,1	-11,9 (±2,0)	-11,3	21,5	-14,4 (±1,9)	-12,4	24,0	-10,5 (±2,0)	-11,6	18,4	-19,4 (±1,7)	
12DD-S10	Ind	18-40	Pm2	-19,9	11,3	3,5	-12,3	23,0	-12,0 (±2,0)				-13,1 -13,2	28,7 31,9	-3,0 (±2,3)	2,0 (±2,6)	-11,9	19,6	-17,5 (±1,8)
12EE-S1	H	18-40	Pm2				-11,5	22,9	-12,2 (±2,0)										
12EE-2	Ind	<10	Pm2	-19,6	11,4	3,5	-11,1	22,7	-12,6 (±2,0)	-12,8	21,8	-14,0 (±1,9)	-12,9 -12,6	38,2 25,3	12,1 (±3,1)	-8,4 (±2,1)	-11,5	21,5	-14,4 (±1,9)

Sépulture	Sexe	Âge	Dent	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$			$\delta^{18}\text{O}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$	$\delta^{13}\text{C}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{ca}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{eau}}$		
				$\text{co } \text{‰ vs VPDB}$		‰ vs AIR	C:N	ca pm ‰ vs VPDB												‰ vs VSMOW	‰ vs VSMOW
12EE-S2	F	18-40	Pm2	-19,5	12,2	3,4	-13,1	23,6	-11,1 ($\pm 2,0$)	-11,2	23,2	-11,8 ($\pm 2,0$)	-13,0	30,5	-13,0	28,3	-0,1 ($\pm 2,5$)	-3,7 ($\pm 2,3$)	-12,0	19,7	-17,3 ($\pm 1,8$)
12EE-S5	F	18-40	Pm2	-19,3	12,9	3,5	-12,5	22,8	-12,5 ($\pm 2,0$)	-11,9	22,0	-13,7 ($\pm 1,9$)	-12,8	26,3	-12,8	26,3	-6,9 ($\pm 2,2$)	-3,7 ($\pm 2,3$)	-12,0	21,4	-14,6 ($\pm 1,9$)
Dans l'agrandissement du cimetière après 1733																					
12A	I	I	Pm2	-19,9	11,2	3,4	-11,5	25,6	-8,0 ($\pm 2,1$)				-13,0	23,4	-13,0	23,4	-11,5 ($\pm 2,0$)				
12A-S2	F	18-40	Pm2	-20,0	11,0	3,4	-11,7	22,7	-12,5 ($\pm 2,0$)				-12,9	22,8	-12,9	22,8	-12,4 ($\pm 2,0$)		-12,2	21,3	-14,8 ($\pm 1,9$)
12C-S1	H	>40	Pm1	-20,2	10,6	3,7	-13,3	22,9	-12,3 ($\pm 2,0$)				-12,8	34,6	-12,8	29,1	6,4 ($\pm 2,8$)	-2,4 ($\pm 2,4$)	-12,2	18,3	-19,5 ($\pm 1,7$)
12C-S2	I	12 à 18	Pm2	-20,0	9,8	3,3	-11,0	25,3	-8,4 ($\pm 2,1$)	-11,9	22,8	-12,5 ($\pm 2,0$)	-13,2	23,1	-13,2	23,1	-12,0 ($\pm 2,0$)		-11,8	18,2	-19,7 ($\pm 1,7$)
12D	I	12 à 18	Pm2	-19,8	10,7	3,3	-12,0	21,9	-13,8 ($\pm 1,9$)				-12,8	22,9	-12,8	22,9	-12,2 ($\pm 2,0$)		-12,5	22,0	-13,7 ($\pm 1,9$)
12D-S1	H	I	Pm2	-19,6	11,9	3,3	-11,5	22,5	-12,9 ($\pm 1,9$)				-12,3	22,0	-12,3	22,0	-13,6 ($\pm 1,9$)		-12,2	21,9	-13,8 ($\pm 1,9$)
12E	I	12 à 18	C				-13,1	22,1	-13,6 ($\pm 1,9$)												
12V-S2 (c)	I	I	C				-10,7	22,2	-13,3 ($\pm 1,9$)												
12W-S11	I	18-40	Pm2	-19,3	12,6	3,5	-14,1	27,5	-4,9 ($\pm 2,3$)	-11,7	25,0	-8,8 ($\pm 2,1$)	-13,5	24,8	-13,5	24,8	-9,3 ($\pm 2,1$)		-12,7	21,9	-13,8 ($\pm 1,9$)
12W-S11	I	<10	Pm2				-11,4	22,7	-12,6 ($\pm 2,0$)												
12W-S13	F	18-40	Pm2	-19,2	10,6	3,3	-12,5	23,7	-10,9 ($\pm 2,0$)				-13,3	23,7	-13,3	23,7	-11,0 ($\pm 2,0$)		-13,0	21,3	-14,8 ($\pm 1,9$)

Sépulture	Sexe	Âge	Dent	$\delta^{13}\text{C}$			$\delta^{18}\text{Oca}$ pm ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ dent ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ M3 ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ M3 ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ M3 ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ os acide ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ os acide ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ os acide ‰ vs VSMOW	$\delta^{13}\text{Cca}$ os ‰ vs VPDB	$\delta^{18}\text{Oca}$ os ‰ vs VSMOW	$\delta^{18}\text{Oeau}$ os ‰ vs VSMOW
				$\delta^{13}\text{C}$ co ‰ vs VPDB	$\delta^{15}\text{N}$ ‰ vs AIR	C:N ‰ vs VPDB											
12W-S14	H	I	Pm1	-20,1	9,8	3,3	-11,2	22,3				-13,7	21,9	-13,9 (±1,9)	-11,8	23,5	-11,4 (±2,0)
Animaux																	
4C				-20,8	6,3	3,3						-12,4	27,1	-5,6 (±2,2)	-13,1	23,8	-10,9 (±2,0)
4M1				-20,4	8,8	3,3						-13,9 -10,4	51,6 26,9	33,3 (±4,2) -5,9 (±2,2)	-11,8	22,2	-13,4 (±1,9)
4J-S2				-16,7	11,0	nd						-5,1	33,8	5,0 (±2,7)			
12E-S1				-20,3	5,9	3,4						-12,5	26,9	-5,9 (±2,2)	-12,3	19,5	-17,6 (±1,8)
12DD-2				-20,9	8,5	3,5						-12,0 -11,6	47,2 30,6	26,4 (±3,8) -0,1 (±2,5)	-11,5	23,1	-11,92 (±2,0)

ANNEXE 8

A8. Tableau des compositions isotopiques en ^{13}C du carbonate en fonction de l'origine géographique et de l'histoire migratoire

Sépulture	Sexe	Âge au décès	$\delta^{13}\text{Cca pm } \text{‰}$ vs VPDB	$\delta^{13}\text{C ca M3}$ ‰ vs VPDB	$\delta^{13}\text{C ca os } \text{‰}$ vs VPDB
Natif de Montréal					
1 seule dent					
4C-S1	H	18-40	-10,5		
4J1	Ind	Ind	-12,3		
4K1 (M3)	Ind	Ind	-11,0		
4L-S3	Ind	12 à 18	-10,9		-13,0
4L-S6	Ind	12 à 18	-9,9		-13,2
4M1	H	18-40		-11,9	-12,5
4P2	Ind	Ind	-10,5		
4P2 (M3)	Ind	Ind	-12,1		
9B1-S3	Ind	Ind	-12,9		
12A-S2	F	18-40	-11,7		-12,2
12C-S1	H	> 40	-13,3		-12,2
12D	Ind	18-40	-12,0		-12,5
12D-S1	H	Ind	-11,5		-12,2
12E	Ind	12 à 18	-13,1		
12V-S2 (c)	Ind	Ind	-10,7		
12W-S11	Ind	<10	-11,4		
12W-S14	H	Ind	-11,2		-11,8
12Z-S2	H	> 40	-12,6		-12,8
12Z-S3	H	> 40	-10,4		-11,4
12BB-S10	Ind	12 à 18	-11,8		-12,3
12BB-S13	Ind	< 10	-11,6		
12DD-S10	Ind	18-40	-12,3		-11,9
12EE-2	Ind	< 10	-11,5		
3 éléments					
A : Jeunesse à Montréal					
9B1-S3	F	18-40	-12,8	-13,2	-11,4
11K-S4	Ind	12 à 18	-11,0	-12,1	-11,6

Sépulture	Sexe	Âge au décès	$\delta^{13}\text{Cca pm } \text{‰}$ vs VPDB	$\delta^{13}\text{C ca M3}$ ‰ vs VPDB	$\delta^{13}\text{C ca os } \text{‰}$ vs VPDB
12Z-S1	H	18-40	-12,1	-13,1	-12,5
12BB-S3	H	> 40	-12,1	-12,9	-12,3
12CC-S2 (A)	Ind	12 à 18	-12,0	-11,3	-11,4
12CC-S3	Ind	18-40	-9,0	-10,8	-11,4
12EE-S5	F	18-40	-12,5	-11,9	-12,0
B : Natif de Montréal puis déplacement vers une région plus enrichie en ^{18}O					
4G-S1	F	>40	-12,1	-12,5	-12,7
C : Natif de Montréal puis déplacement vers une région plus appauvrie en ^{18}O					
4H-S1	F	18-40	-10,1	-12,3	-12,6
4K-S3	Ind	12 à 18	-12,9	-13,3	-12,1
12AA-S10	Ind	18-40	-13,2	-11,6	-11,4
12DD-S7	F	18-40	-12,8	-11,3	-11,6
12EE-S1	H	18-40	-11,1	-12,8	-11,5
Natif de région plus enrichie en ^{18}O					
1 seule dent					
4B1	Ind	Ind	-7,9		
4D-S1	H	18-40		-12,1	
4K-S2	H	>40	-8,5		-12,1
4L-S4	F	> 40	-10,9		-12,3
4M1	H	18-40	-10,0		-12,6
4Q2	Ind	Ind	-9,2		
12A	Ind	Ind	-11,5		
12W-S13	F	18-40	-12,5		-13,0
3 éléments					
D : Jeunesse dans une région plus enrichie en ^{18}O					
4C-S2	H	>40	-10,0	-12,1	-13,3
9B1-S2	Ind	18-40	-13,1	-12,2	-12,0
12W-S11	Ind	18-40	-14,1	-11,7	-12,7
12AA-S1	F	18-40	-11,9	-11,3	-12,4
12CC-S2 (B)	Ind	18-40	-11,0	-10,2	-11,9
12DD-S5	H	18-40	-13,6	-12,5	-12,0
E : Natif de région plus enrichie en ^{18}O puis migration à Montréal avant l'âge <i>préadulte</i>					
4B-S1	Ind	Ind	-9,9	-12,4	-12,7
11D-S1	H	>40	-11,1	-12,3	-13,0
11G-S1	Ind	12à 20	-12,7	-12,3	-13,4

Sépulture	Sexe	Âge au décès	$\delta^{13}\text{Cca pm } \text{‰}$ vs VPDB	$\delta^{13}\text{C ca M3}$ ‰ vs VPDB	$\delta^{13}\text{C ca os } \text{‰}$ vs VPDB
12C-S2	Ind	12 à 18	-11,0	-11,9	-11,7
12EE-S2	F	18-40	-13,1	-11,2	-12,0
F : Natif de région plus enrichie puis déplacement vers région plus appauvrie en ^{18}O que Montréal					
12CC-S2	F	>40	-11,3	-12,5	-13,2
Natif de région plus appauvrie en ^{18}O que Montréal					
1 élément					
12CC-S2	Ind	18-40	-10,5		
12DD-S2	Ind	Ind	-10,8		
12DD-D6	Ind	12 à 18	-12,4		
G : Jeunesse dans région plus appauvrie en ^{18}O que Montréal					
12AA-S5	F	> 40	-12,4	-12,8	-12,1
12DD-S2	Ind	Ind	-11,7	-11,5	-11,5
H : Natif de région plus appauvrie en ^{18}O puis déplacement vers Montréal					
12CC-S1	Ind	12 à 18	-11,9	-12,2	
I : Natif de région plus appauvrie puis déplacement vers région plus enrichie en ^{18}O que Montréal					
4K1	H	18-40	-10,8	-11,8	-11,9

