



HAL
open science

Etat de santé et alimentation des sujets inhumés à Brandes-en-Oisans : approche paléoépidémiologique et isotopique

Estelle Herrscher, Guy André, Patrick Hervieu

► To cite this version:

Estelle Herrscher, Guy André, Patrick Hervieu. Etat de santé et alimentation des sujets inhumés à Brandes-en-Oisans : approche paléoépidémiologique et isotopique. *Mondes Médiévaux* (numéro 9). Vivre en montagne au Moyen Âge. Les objets racontent l'histoire de l'Argenteria de Brandis. Huez-Alpe d'Huez - XIIe-XIVe siècles, numéro 9, CIHAM, pp.504, 2024, *Mondes Médiévaux* (numéro 9), 9782956842699. hal-04684466

HAL Id: hal-04684466

<https://hal.science/hal-04684466v1>

Submitted on 2 Sep 2024

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

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

Etat de santé et alimentation des sujets inhumés à Brandes-en-Oisans : approche paléoépidémiologique et isotopique

Estelle Herrscher, Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Cult, LAMPEA

Patrick Hervieu, Anthropologie Bioculturelle

Guy André, Aix Marseille Univ, CNRS, Minist Cult, LAMPEA

1. Introduction

Occupé entre la première moitié du 12^e siècle et la seconde moitié du 14^e siècle (1220-1350), Brandes-en-Oisans était l'un des centres les plus productifs de minerai d'argent placé sous la puissance du Dauphin. Avec son village, son église et son cimetière implantés à plus de 1800 m d'altitude, les habitants ont dû faire face à des conditions de vie extrêmes, en altitude avec un climat rigoureux alpin, et dans un isolat saisonnier leur conférant un intérêt tout particulier pour l'étude du rapport que ces hommes ont pu entretenir avec leur environnement de proximité et l'environnement plus clément de la vallée. Pour appréhender cette relation Homme-milieu, c'est le prisme de l'alimentation qui a été retenu en raison de sa position privilégiée au carrefour du biologique, du naturel et du culturel. En effet, l'alimentation et ses pratiques associées se structurent en réponse à plusieurs contraintes de natures différentes. La première contrainte d'ordre environnemental concerne les caractéristiques physiques, climatiques, géologiques des environnements *sensu lato* fréquentés par les humains. En effet, les ressources disponibles dans l'environnement mais également le potentiel de production d'items alimentaires, qu'il s'agisse de plantes cultivées ou d'animaux domestiques, se déclinent dans un champ des possibles contraint par des conditions climatiques, un modelé géographique et un couvert végétal en rapport avec la latitude et la longitude des lieux de vie. La deuxième contrainte concerne les innovations techniques, liées à l'apparition de nouveaux outils (métallurgie), au développement des pratiques agricoles des techniques de stockage. A ces innovations techniques, s'ajoutent des innovations économiques, permettant d'optimiser la gestion des produits alimentaires, entre économie de production et de marché. Une troisième contrainte correspond à l'influence du groupe, de la société *via* les discours religieux et hygiénistes, les tabous alimentaires, les effets de mode et tout simplement les goûts individuels que chacun tente de satisfaire du mieux possible. Ainsi, en analysant les réponses apportées par l'Homme à l'ensemble de ces contraintes, il est possible à partir des choix alimentaires et des pratiques qui en découlent de caractériser une culture, une société, un groupe voire une famille. C'est dans cette perspective, à partir d'une analyse des vestiges bio-archéologiques mis au jour dans le cimetière, que l'étude de la population archéologique des mineurs de Brandes en Oisans a été réalisée.

En raison de la plasticité des tissus osseux et dentaires, les vestiges anthropo-biologiques constituent un matériel d'étude particulièrement favorable, comme en témoigne le développement important des études en bioarchéologie depuis les années 90, quelle que soit la période et la région considérée (eg [Larsen et al., 1991](#), [Manzi et al., 1999](#) ; [Palubeckaite et al., 2006](#) ; [Lieverse et al., 2007](#) ; [Lukacs, 2011](#)). L'alimentation est reconstituée à partir de deux types de marqueurs : les marqueurs macroscopiques qui s'intéressent à la sphère bucco-dentaire (usures dentaires, lésions alvéolo-dentaires) et à certaines lésions osseuses du squelette crâniens et post-crâniens et les marqueurs chimiques contenus dans les différentes fractions des tissus osseux et dentaires ([Goodman, Rose, 1988](#) ; [Larsen, 2000](#) ; [Ortner, Theobald, 2000](#) ; [Larsen, 2001](#)). Pour ces derniers, les marqueurs les plus robustes, utilisés en routine dans les laboratoires d'archéologie depuis maintenant plus de 40 ans, sont les rapports isotopiques du carbone et de l'azote dosés dans la fraction organique des ossements (eg [Katzenberg, 2000](#) ; [Herrscher et al., 2001, 2002](#) ; [Privat et al., 2002](#) ; [Polet, Katzenberg, 2003](#), [Muldner, Richards, 2007](#) ; [Mion et al., 2016, 2018](#) ; [Mion, 2019](#)). Ils permettent de caractériser l'origine du milieu d'où proviennent les aliments, offrant ainsi la possibilité de quantifier les choix alimentaires entre des produits issus de milieux fermés (animaux sauvages), de milieux ouverts (animaux domestiques), entre des produits végétaux *versus* animaux et d'inférer sur l'adéquation entre les choix opérés et le milieu de proximité. Quant aux vestiges dentaires (processus alvéolaires et dents), ils constituent également un matériel

privilegié en raison du contact direct qu'ils entretiennent avec les aliments (Lukacs, 1989). L'analyse des usures dentaires et des lésions dentaires et alvéolaires permet de caractériser la nature et la texture des aliments et d'inférer sur les techniques et les pratiques alimentaires (Molnar, 1972 ; Bernal *et al.*, 2007). Des marqueurs nutritionnels peuvent également être étudiés, il s'agit des indicateurs de stress, des traces de rachitisme ou de maladies métaboliques (Ortner, Theobald, 2000 ; Steckel, Rose, 2002). Ces marqueurs indirects permettent de statuer sur le niveau nutritionnel des sujets et sur les éventuelles carences alimentaires. Les sujets inhumés dans le cimetière de Brandes ont ainsi fait l'objet d'une étude couplée des marqueurs macroscopiques alvéolo-dentaires et isotopiques.

2. La série ostéo-archéologique de Brandes-en-Oisans : description du corpus humain

La série ostéoarchéologique de Brandes-en-Oisans, découverte par M.-C. Bailly-Maitre entre 1978 et 1994, a fait l'objet d'une première étude anthropologique, réalisée par Claude Olive en 1979 (Olive, 1983). Une seconde étude, centrée sur les activités professionnelles liées à la mine d'argent, a été menée par Bernard Simonel (Bailly-Maitre, Simonel, 1996). En revanche, aucune étude avait intégré la totalité des vestiges anthropo-biologiques découverts dans le cimetière. C'est dans cette perspective que cette étude, bien que centrée sur l'état sanitaire et les pratiques alimentaires des mineurs de Brandes, a également été menée. Pour cela, une étape préliminaire a consisté à la réalisation d'un état des lieux et d'un inventaire de l'ensemble du matériel anthropologique disponible (Voir les rapports d'études Herrscher, Hervieu, 2006, 2007, 2008).

Les vestiges anthropologiques, conservés au Musée d'Huez, à l'Alpe d'Huez, correspondent à la totalité du matériel mis au jour lors des 5 campagnes de fouille menées sous la direction de M.-Ch. Bailly-Maitre entre 1978 et 1993 auxquels il convient d'ajouter les 23 crânes et les 4 mandibules mis au jour par Hippolyte Müller en 1899 et 1901 (Figure 1). Le cimetière et les abords de l'édifice religieux ont fait l'objet d'une fouille exhaustive au niveau du parvis de la chapelle Saint-Jean. La répartition des cadavres, leur mode d'inhumation et leur position sont similaires à ce que l'on retrouve dans le monde occidental chrétien à cette époque. Notre étude a porté sur des squelettes correspondant à 3 types d'assemblages différents : 36 sépultures individuelles (squelettes en connexion¹), 14 réinhumations² correspondant à des dépôts secondaires et des os épars (fouilles 1980) auxquels ont été intégrés les 23 crânes d'Hippolyte Müller.

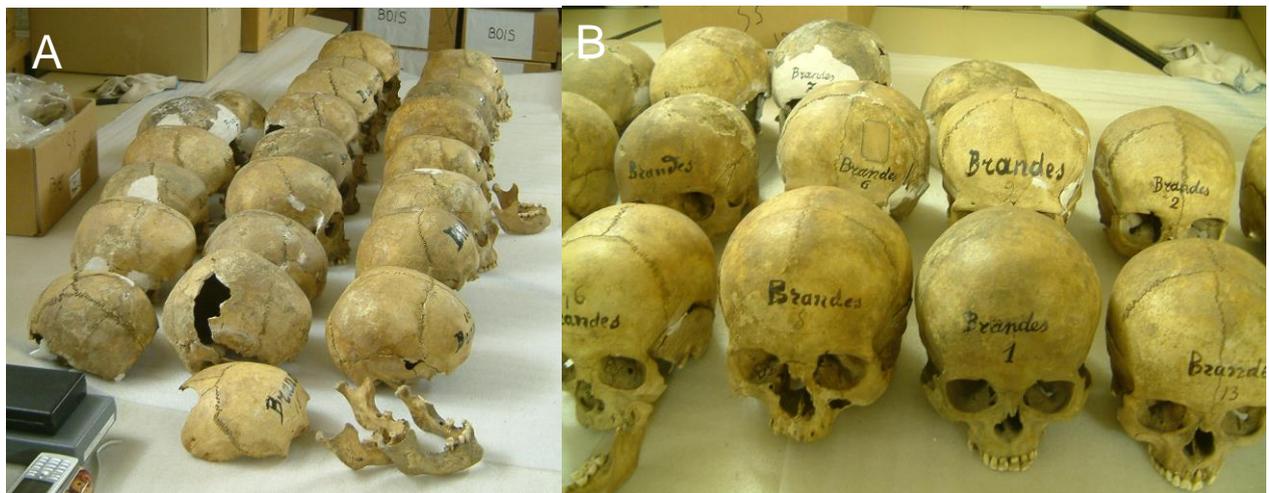


Figure 1. Crânes découverts par Hippolyte Müller entre 1899 et 1901 (23 crânes et 4 mandibules, Photos©EH)

¹36 sépultures sur les 56 fouillées ont été retrouvées et considérées dans cette étude.

²Seuls les assemblages notés « Réinhumation 1980 » ont été considérés en tant que tel. Les autres éléments squelettiques ont été tous été considérés comme « os épars ».

Le nombre minimum d'individus inhumés a été calculé grâce au NMI de fréquence de l'os le mieux conservé. Les os longs des membres inférieurs sont les os les mieux représentés dans la série de Brandes. Ainsi, l'analyse des différents assemblages révèle un NMI de 100 adultes pour le fémur droit et de 42 immatures le fémur gauche tandis que le tibia gauche révèle un NMI de 89 adultes et 33 immatures (Tableau 1). Ces décomptes montrent un rapport de sujets immatures par rapport aux sujets adultes compris entre 27 et 29 %, légèrement plus élevé que celui généralement obtenu pour une population dite de « cimetière », en raison d'un déficit pour des populations pré-jennériennes en raison de nombreux biais dont souffrent les séries ostéo-archéologiques, notamment d'ordre culturel et taphonomique (Séguy, Buchet, 2011, 2013). Ce rapport plus élevé à Brandes relativement aux autres séries pourrait s'expliquer, d'une part, en raison de la fouille exhaustive des zones funéraires et, d'autre part, car le calcul a intégré en plus des sépultures individuelles, les réinhumations et les os épars.

Tableau 1. Décompte du nombre d'individus inhumés à Brandes à partir des NMI de fréquence des os longs, selon la maturité et les différents assemblages

Nature des assemblages	Adultes	Immatures	Adultes	Immatures
	Fémur droit	Fémur gauche	Tibia gauche	Tibia gauche
Sépultures individuelles	21	3	21	1
Réinhumations	28	25	29	15
Os épars	51	14	39	17
Total	100	42	89	33
Rapport Immature/Adulte	29 %		27 %	

En raison d'une courte occupation du site funéraire (moins de 200 ans) et d'une fouille exhaustive, il était tentant de restituer quelques éléments démographiques plus précis. Afin de ne pas comptabiliser plusieurs fois un même individu, tout en intégrant les crânes d'Hippolyte Müller, un premier *sex ratio* a été estimé à partir des éléments crâniens et un second à partir des éléments du bassin. L'analyse des éléments crâniens crâniens, sur la base de la méthode Ferembach et collaborateurs (1979), révèle un *sex ratio* de 0,71 (14 sujets féminins, 10 masculins et 3 de sexe indéterminé) tandis que l'analyse des éléments coxaux, sur la base de la méthode morphoscopique de Bruzek (2002) révèle un *sex ratio* de 2,5 (6 sujets féminins, 15 masculins). De la même façon relativement à l'âge au décès, une première estimation a été réalisée sur les éléments crâniens de la série de Müller et ceux des sujets inhumés en sépultures individuelles, puis sur l'ensemble des éléments squelettiques à partir d'une méthodologie reposant sur l'étude de 4 critères de fusions tardives³ et l'évolution des surfaces auriculaires (Lovejoy et al., 1985). L'objectif vise la répartition des sujets en 3 groupes d'âges biologiques grâce à l'identification des adultes « jeunes », des adultes « matures » et des « adultes vieux ». Les résultats montrent que pour de nombreux sujets l'âge reste indéterminé (tandis que pour d'autres il est difficile de distinguer les adultes « matures » des adultes « vieux » ((Tableau 2). Que ce soit pour l'âge au décès ou le sexe des individus, les distributions obtenues sont très hétérogènes selon les assemblages, elles s'expliquent, d'une part, par l'utilisation de méthodes propres aux éléments anatomiques considérés et, d'autre part, par la petitesse des échantillons considérés. *In fine*, s'il reste difficile d'émettre quelque hypothèse sur la démographie de la série, la présence d'enfants et d'adultes, d'adultes de toutes les classes d'âges tout comme la présence de sujets féminins et masculins, renvoie à une mortalité non spécifique qui concorderait avec une mortalité de type familiale.

³Les critères sont la fusion de la synchondrose sphéno-occipitale, de l'extrémité sternale de la clavicule, de la crête iliaque et de la tubérosité calcanéenne et l'éruption de la 3^e molaire (voir Herrscher, 2001).

Tableau 2. Distribution par âge au décès des sujets adultes de la série de Brandes selon la nature de l'assemblage

	Crânes Hippolyte Müller ^a	Sépultures individuelles ^b
Adulte jeune	4	7
Adulte mature	0	8
Adulte mature ou vieux	5	4
Adulte vieux	0	1
Adulte indéterminé	14	12
Enfants (âgés entre 6 et 15 ans) ^c	0	4
Total	23	36

^aIdentification d'un adulte jeune, en présence de la synchondrose sphéno-occipitale non fusionnée, identification d'un adulte mature ou vieux en présence de la synchondrose sphéno-occipitale fusionnée et de l'éruption de la 3^e molaire.

^bEvaluation de plusieurs critères de fusion tardives (Herrscher, 2001) associées à l'observation de la surface auriculaire d'après la méthode de Lovejoy *et al.*, 1985. ^cEstimation à partir du degré de maturation osseuse et dentaire (Ubelaker, 1989 ; Ferembach *et al.*, 1979).

3. Reconstitution de l'état sanitaire : approche paléoépidémiologique

3.1. Approche méthodologique

Les marqueurs macroscopiques étudiés sont l'usure des surfaces occlusales des dents et les pathologies de l'os alvéolaire et de dents. La méthodologie retenue pour l'analyse des macro-usures dentaires repose sur la quantification de la disparition de l'émail et l'apparition de la dentine. Une cotation en 6 stades a été réalisée pour chaque dent (Herrscher, 2001). Pour des commodités d'interprétation, ces 6 stades ont été réduits en 2 stades (usure faible *versus* usure forte) (Herrscher *et al.*, 2006). Concernant les lésions bucco-dentaires, les pathologies retenues sont les lésions carieuses, elles correspondent à une déminéralisation de l'émail et des tissus sous-jacents, allant d'une micro-perforation visible à la surface de la dent jusqu'à l'invasion totale de la couronne dentaire (Lukacs, 1989, 2011 ; Hillson 1996, 2001). La présence de carie a été cotée pour chaque dent ainsi que leur sévérité et leur localisation. Les lésions des processus alvéolaires d'étiologies variées, sont regroupées aujourd'hui sous le terme de lésions ou abcès péri-apicaux (Hillson, 2001). Ils correspondent à l'inflammation de l'os alvéolaire au niveau de la racine des dents résultant soit de la propagation d'une atteinte carieuse jusque dans les racines dentaires ou d'une fracture. Les pathologies de l'os alvéolaires sont détectables car l'alvéole s'élargit, l'os présente une macroporosité importante et dans certain cas l'inflammation est telle que l'os alvéolaire peut présenter une perforation encore appelée fenestration. Pour chaque alvéole, la présence de ces critères a été relevée ainsi que la présence de fenestration en face vestibulaire ou linguale et la sévérité de la lésion en 3 stades. Les pertes dentaires *ante-mortem* ont également été cotées, elles correspondent à la chute des dents avant la mort du sujet (Lukacs, 2007). Si la perte de la dent a eu lieu plusieurs mois avant la mort du sujet, on observe une cicatrisation de l'os se matérialisant par un remodelage de l'os alvéolaire avec une réduction en hauteur significative de l'endroit de la mâchoire concernée. Un dernier marqueur sanitaire a été étudié, il s'agit des hypoplasies de l'émail dentaire qui correspondent à des perturbations du développement du tissu énamélaire au cours de la croissance (Hillson, 2001). Bien que considéré comme un marqueur non-spécifique de stress, cette lésion est fréquemment étudiée dans les études paléoépidémiologiques pour des raisons taphonomique (robustesse des dents) et physiologique (persistance à l'âge adulte sans remodelage) (Goodman, Rose, 1988, 1991), elle indique la survenue durant l'enfance de périodes de malnutrition, de maladies infectieuses ou parasitaires en relation avec un état sanitaire général déficient qui renvoie à des conditions socio-économiques difficiles. Les hypoplasies ont été étudiées sur toutes les dents, leur présence et leur nombre ont été cotés.

Une analyse paléo-épidémiologique a été menée pour chacune de ces lésions en suivant les recommandations classiquement admises (Waldron, 2007 ; Dutour, Ardagna, 2005 ; Dutour, 2011). Une prévalence des atteintes a été calculée à l'échelle individuelle et à l'échelle de l'élément (dent, alvéole). Elle correspond au rapport du nombre d'individus ou d'éléments lésés (n) sur le nombre total

d'individus d'éléments (N) (soit $P=n/N$), elle exprimée en pourcentage. Seules les prévalences pondérées ont été considérées dans cette étude, elles correspondent au nombre total d'individus ou d'éléments pour lesquels une observation a été faite (Waldron, 2007). Afin d'apprécier la sévérité des lésions par individu, un indice moyen a également été calculé, il correspond au nombre de lésions observées par maxillaire divisé par le nombre d'éléments observés.

Le matériel étudié de Brandes-en-Oisans intègre l'ensemble des restes dento-alvéolaires identifiés dans les 4 assemblages : les sépultures individuelles, les crânes de Müller, les réinhumations et les os épars. Le corpus est ainsi constitué de 728 dents et 1459 alvéoles correspondant à 59 sujets pour le maxillaire supérieur et à 53 sujets pour le maxillaire inférieur. Les processus alvéolaires présentent une meilleure préservation comparativement aux dents qui s'explique par le fait que l'ensemble des dents isolées n'a pas été considéré (Tableau 3). En raison de la nature de ces assemblages, il n'a pas été possible d'associer les maxillaires supérieurs et inférieurs, c'est pourquoi l'analyse a considéré les maxillaires de façon indépendante.

De façon à cerner l'originalité et les particularités de la population de Brandes, les résultats ont été comparés avec des données collectées, sur la population contemporaine inhumée dans le cimetière de l'Eglise de Saint-Laurent, situé dans un des faubourgs de la ville de Grenoble dans la vallée (Phase 13 et 14 d'inhumation, voir Herrscher, 2001). Ce corpus de comparaison correspond à 64 individus pour le maxillaire et 79 individus pour la mandibule pour un total de 1221 dents et 1458 alvéoles (Tableau 3). Seuls les individus ou les maxillaires et mandibules possédant plus de huit observations par maxillaire (dents+alvéoles) ont été conservés dans ces corpus. Les fréquences de lésions distribuées par éléments et par individu pour chaque maxillaire ont été comparées entre les 2 séries avec le Test du Chi2 et les indices moyens individuels par maxillaire avec le Test T-Student. Les différences sont considérées comme significatives lorsque la probabilité est inférieure à 0,05.

Tableau 3. Description du matériel dentaire et alvéolaire de Brandes-en-Oisans et de la série de comparaison

Datation		Brandes 1220- mi XVe s	St-Laurent 1220-1420
Maxillaire	Nb Individus	59	62
	Nb dents	347	535
	%Eod	36,8	53,9
Mandibule	Nb Individus	48	74
	Nb dents	381	686
	%Eod	49,6	57,9
Maxillaire	Nb Individus	59	64
	Nb Alvéoles	717	621
	%Eoa	76,0	60,6
Mandibule	Nb Individus	53	79
	Nb Alvéoles	742	837
	%Eoa	87,5	66,2

%Eod = Pourcentage d'éléments dentaires observés par rapport à l'effectif théorique maximal

%Eoa = Pourcentage d'éléments alvéolaires observés par rapport à l'effectif théorique maximal

3.2. L'usure dentaire des sujets adultes

Concernant la macro-usure dentaire, les résultats obtenus à Brandes montrent pour le maxillaire, qui compte 371 observations, une distribution de 190 dents avec une usure faible (regroupement des stades 1 à 3) contre 181 dents avec une usure prononcée (regroupement des stades 4 à 6), soit un indice moyen d'usure de 3,49 (Tableau 4). Pour le maxillaire inférieur, qui compte 370 observations, la distribution est de 175 dents avec une usure faible et de 195 dents avec une usure prononcée, et un indice moyen d'usure de 3,57. Ces résultats ont été comparés à la population de Saint-Laurent ayant vécu à Grenoble, dans la vallée, à des périodes contemporaines. On note que Brandes présente des patrons d'usures similaires à ceux de la série de comparaison (Figure 2). Ce résultat suggère donc une

alimentation de texture comparable entre les habitants de Brandes et ceux de la vallée. Un des aliments reconnu particulièrement abrasif à cette époque et largement consommé par toute la population est le pain. Une étude précédente réalisée sur les sujets de Saint-Laurent avait mis en évidence une étroite relation entre la qualité des pierres meulières utilisées pour faire le pain et le degré d'usure dentaire des sujets (Herrscher *et al.*, 2006). C'est pourquoi deux hypothèses peuvent être avancées : soit le village de Brandes s'approvisionne dans la vallée pour la farine et/ou le pain, soit, s'il y avait des moulins à Brandes alors ils devaient être équipés de meules de qualité identique à celles de Mont-Saint-Martin ou Quaix utilisées à cette période pour les habitants de Grenoble (Carrières de Mont-St Martin ou de Quaix, Belmont, 2005, 2006).

Tableau 4. Distribution des stades d'usure de la série de Brandes-en-Oisans et de la série de comparaison (Saint-Laurent de Grenoble) par dents et par individus

	Brandes	Saint-Laurent	Brandes	Saint-Laurent
	Maxillaire		Mandibule	
Nb_dents	371	536	370	693
Usu_f	190	241	175	343
Usu_F	181	295	195	346
Chi-2 p-value	0,063		0,440	
	Maxillaire		Mandibule	
Nb_Ind	59	62	48	74
I-moyen	3,49	3,68	3,57	3,57
Test T p-value	0,325		0,997	

Usure faible (stade 1 à 3) ; Usure Forte (stade 4 à 6) voir [Herrscher et al. 2006](#)

Usu_f = nb de dents stade 1- 3 ; Usu_F = nb dents stade 4-6

I-moyen = Indice d'usure moyen par individu

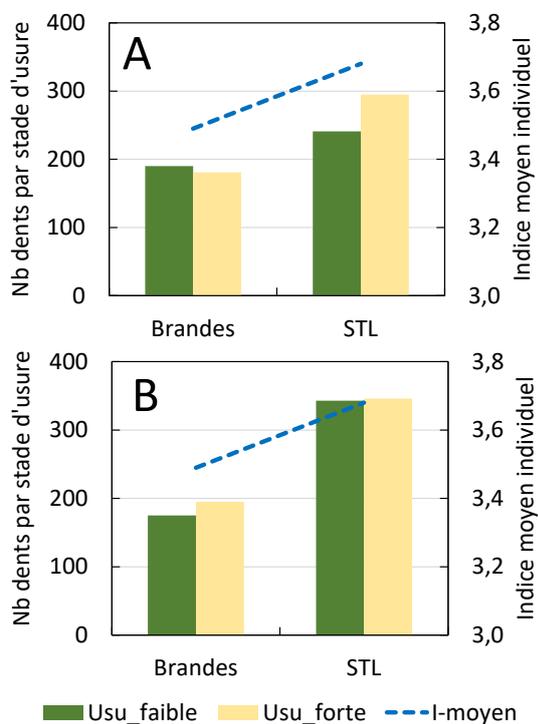


Figure 2. Distribution des stades d'usure dentaire et Indice moyen d'usure pour le maxillaire (A) et la mandibule (B) pour les sujets de Brandes-en-Oisans et ceux de Saint-Laurent (STL)

3.3. Etat sanitaire bucco-dentaires des sujets adultes

Concernant les lésions carieuses, la prévalence de dents cariées à Brandes est de 16,7 % pour le maxillaire supérieur et de 15,7 % pour le maxillaire inférieur pour une prévalence individuelle de 50 % pour les 2 maxillaires (Tableau 5, Figure 3). Si les prévalences des caries à Brandes apparaissent légèrement plus élevées que celles observées pour les grenoblois entre 1220 et 1420, les prévalences individuelles, tout comme les indices moyens montrent une tendance contraire. Les tests statistiques ne révèlent pas de différence significative. Ces résultats montrent toutefois que les sujets de Brandes seraient moins sévèrement atteints par les caries que les sujets de Saint-Laurent. Les usures dentaires étant comparables entre les 2 séries, l'hypothèse d'une compétition usure-carie conduisant à une sous-estimation des caries à Brandes n'est pas valable (Maat, van der Valde, 1987 ; Meiklejohn *et al.*, 1992). D'un autre côté, la carie dentaire est une maladie infectieuse en relation avec l'état sanitaire général de et l'âge au décès du sujet. Compte tenu de la nature de l'assemblage de la série de Brandes, pour laquelle les maxillaires et mandibules isolés ont également été considérés, il est difficile d'intégrer dans l'analyse la variable de l'âge. En revanche, il est possible d'analyser conjointement les résultats sur les lésions carieuses avec ceux des prévalences des hypoplasies de l'émail dentaire. Quel que soit le maxillaire, les résultats montrent des prévalences de dents hypoplasées, des prévalences individuelles ainsi que des indices moyens par individu, systématiquement et significativement, moins élevés à Brandes relativement à Saint-Laurent (Tableau 5, Figure 3). Ce résultat suggère que les sujets de Brandes-en-Oisans durant leur enfance aurait eu un meilleur état sanitaire renvoyant à des conditions socio-économiques qui auraient notamment assuré un accès suffisant aux denrées alimentaires. Ce résultat suggèrerait donc pour les habitants de Brandes une alimentation de bonne qualité, intégrant soit d'aliments cariogènes constitués de produits glucidiques (fruits, bouillies), soit d'aliments de texture collante comme les bouillies et le pain ou encore de plats plus élaborés.

Les lésions alvéolaires, pertes dentaires *ante mortem* et lésions périapicales, montrent des prévalences d'alvéoles lésées, des prévalences individuelles et des indices moyens homogènes pour le maxillaire supérieur (Tableau 5, Figure 3). Pour les lésions périapicales, quel que soit le maxillaire supérieur et inférieur, la prévalence d'alvéoles lésées est significativement plus importante pour les sujets de Brandes relativement à ceux de Saint-Laurent (P-MX : 7,4/4,1 et MX : 4,4/1,7 respectivement pour Brandes/Saint-Laurent ; PI-MD : 33,3 % à Brandes et 15,6 % à Saint-Laurent). Seuls les résultats obtenus pour les pertes *ante mortem* au niveau de la mandibule montrent des prévalences (P-MD, PI-MD) et un indice moyen significativement moins importants à Brandes. Ces distorsions entre maxillaires supérieurs et inférieurs sont difficiles à expliquer. Elles pourraient résulter d'un biais de l'échantillon lié à la conservation différentielle des éléments dentaires et alvéolaires entre maxillaires. Si la sévérité des caries apparaissait plus importante à Saint-Laurent, pour ces lésions, leur sévérité semble identique pour les sujets de 2 séries. Compte tenu des différences significatives obtenues, ces résultats pourraient suggérer l'hypothèse d'une consommation plus importante de produits cariogéniques (apport glucidique ou texture plus collante) pour les sujets de Brandes relativement à ceux de Saint-Laurent.

Tableau 5. Distribution des lésions dento-alvéolaires par élément anatomique et Prévalence pondérée des lésions pour la série de Brandes-en-Oisans et la série de comparaison (STL : Saint-Laurent de Grenoble)

Sites	Carie		Pertes <i>ante mortem</i>		Lésions péri-apicales		Hypoplasies	
	Brandes	STL	Brandes	STL	Brandes	STL	Brandes	STL
Maxillaire								
<i>Par élément</i>								
n-1	58	78	100	73	47	17	39	47
n-0	289	457	617	548	589	395	239	167
P-MX	16,7	14,6	13,9	11,8	7,4	4,1	14,0	22,0
Chi-2 p-value	0,391		0,23		0,031*		0,021*	
<i>Par individu</i>								
n-I1	29	37	27	20	23	17	24	34
n-I0	29	26	32	45	33	46	28	25
PI-MX	50,0	58,7	45,8	27,5	41,1	33,3	46,2	55,6
Chi-2 p-value	0,335		0,067		0,444		0,386	
IM-MX	0,21	0,30	0,13	0,12	0,10	0,05	0,18	0,30
Test T p-value	0,637		0,000*		0,235		0,258	
Mandibule								
<i>Par élément</i>								
n-1	60	108	80	121	31	10	49	81
n-0	321	628	662	753	675	576	258	189
P-MD	15,7	14,7	10,8	13,8	4,4	1,7	16,0	30,0
Chi-2 p-value	0,634		0,060		0,001*		0,000*	
<i>Par individu</i>								
n-I1	25	45	24	40	17	14	17	44
n-I0	25	29	29	36	34	59	31	26
PI-MD	50,0	60,8	45,3	58,7	33,3	15,6	35,4	68,3
Chi-2 p-value	0,234		0,183		0,045*		0,002*	
IM-MD	0,22	0,36	0,11	0,19	0,05	0,02	0,13	0,34
Test T p-value	0,056		0,000*		0,637		0,000*	

n-1 = nombre d'éléments porteurs d'une lésion; n-0 = nombre d'éléments sains

P-MX/P-MD = Prévalence pondérée des lésions par élément = $n-1/(n-1+n-0)*100$

n-I1 = nombre d'individus présentant au moins 1 lésion; n-I0 = nombre d'individus sains

P-MX/MD = Prévalence pondérée individuelle de la lésion = $n-I1/(n-I1+n-I0)*100$

IM-MX/MD = Indice moyen individuel de la lésion (nb d'éléments lésés/nb d'éléments observés par maxillaire)

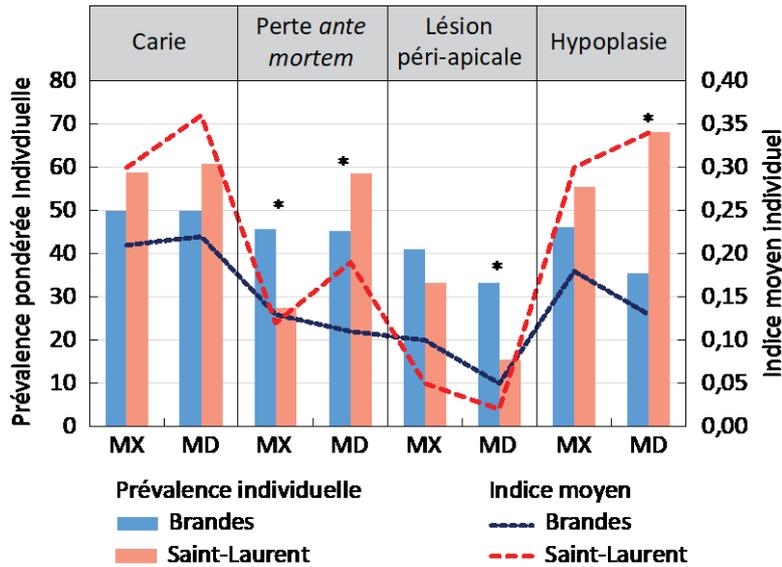


Figure 3. Prévalences pondérée individuelle et indice moyen par individu des 4 lésions étudiées pour le maxillaire (MX) et la mandibule (MD) pour les sujets de Brandes-en-Oisans et de Saint-Laurent (* : Différences significatives entre les 2 séries, voir [Tableau 5](#))

Dans la perspective de compléter l'étude des restes maxillo-dentaires, il est particulièrement intéressant de noter la présence de fréquents dépôts de tartres sur la majorité des dents des individus de Brandes ([Figure 4](#)). Au-delà du fait que ces dépôts pourraient corroborer un manque d'hygiène et probablement l'âge avancé des sujets, des études ont montré qu'une consommation importante et régulière de protéines animales pouvait induire le développement de telle formation ([Polet, Orban, 2001](#)). La conservation difficile de ces dépôts fragiles et un manque de données de comparaison ne permet toutefois pas d'aller plus loin dans l'interprétation quantitative de ces dépôts de tartre.

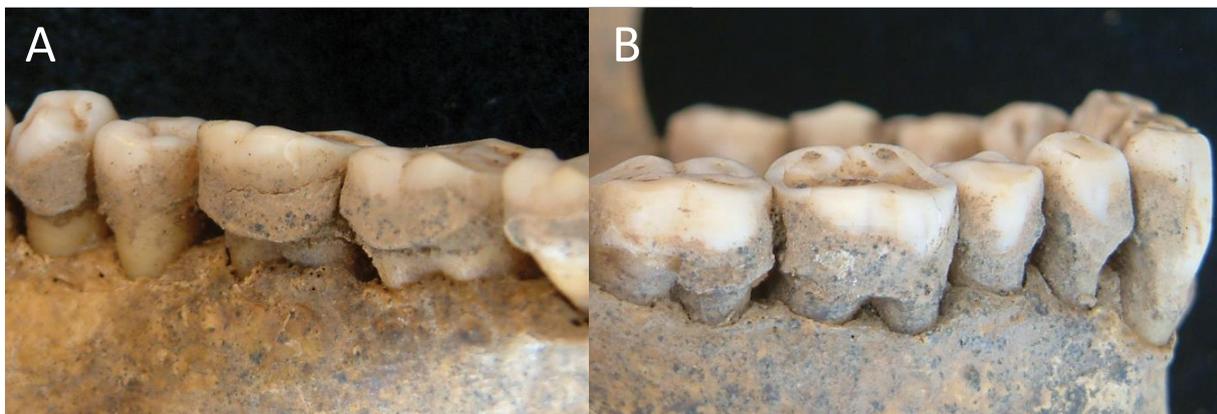


Figure 4. Dépôts de tartre observés sur le maxillaire inférieur d'un sujet de Brandes (B6-1986 HS, Photos©EH). A : Vue labiale des molaires droites avec d'importants dépôts de tartre. B : Vue vestibulaire des molaires droites.

L'analyse des restes maxillo-dentaires conforte donc plusieurs hypothèses établies précédemment : un approvisionnement en céréales et/ou une consommation de pain de qualité similaire à celle de leurs contemporains vivant dans la vallée ainsi qu'une alimentation vraisemblablement cariogène, ou sucrée, correspondant à une consommation de fruits, et d'aliments de texture collante, comme les céréales, pain ou bouillie. Quant à la présence des dépôts de tartre, elle questionne la consommation significative de protéines.

Bien que les résultats ne montrent pas tous rigoureusement les mêmes tendances entre maxillaire et mandibule, probablement en raison d'effectif différent, les habitants de Brandes partageaient

majoritairement des caractéristiques biologiques avec des sujets contemporains de la vallée. Un statut sanitaire de la population de Brandes probablement identique à celui des populations vivant à Grenoble pourrait être proposé. Autrement dit, les conditions de vie supposées difficiles à Brandes n'auraient pas altéré les fréquences de marqueur de stress relativement aux sujets grenoblois.

Il existe néanmoins des paramètres qu'il a été difficile de contrôler lors de l'analyse. Il s'agit de la différence d'effectif dans les échantillons comparés et de la nature des échantillons. En effet, à Brandes, d'une part, le corpus d'étude est exhaustif alors que pour la série de St-Laurent, seuls les restes alvéolo-dentaires des sujets en connexion ont été étudiés. Et d'autre part, il n'a pas été possible de contrôler les paramètres comme le sexe et l'âge au décès des sujets de Brandes.

4. Reconstitution des pratiques alimentaires : approche isotopique

Les compositions isotopiques de l'azote et du carbone enregistrées dans les tissus organiques sont corrélées à la nature du régime alimentaire et aux conditions environnementales du milieu dans lequel ont vécu les organismes. A ce titre, les isotopes stables de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$) et du carbone ($\delta^{13}\text{C}$), contenus dans la fraction protéique des ossements humains (collagène) sont des outils pertinents pour analyser le rapport entre les hommes et leur environnement à travers l'adéquation entre les ressources disponibles et leur consommation, permettant ainsi d'inférer sur les tendances des régimes alimentaires des populations passées et les pratiques alimentaires/culturelles associées (e.g. [Herrscher 2003](#), [Herrscher et al., 2014](#), [Herrscher, Goude, 2015](#)). Ainsi, dans un contexte où sont disponibles un référentiel isotopique des ressources alimentaires et des données anthropologiques, l'analyse inter-individuelle des signatures isotopiques au sein d'un groupe humain permet d'identifier des différences dans les préférences alimentaires des sujets en fonction de critères biologiques (âge au décès, sexe, pathologie) et archéologiques (datation, pratique funéraire, etc) permettant d'inférer sur l'homogénéité des pratiques au cours du temps et dans l'espace.

4.1. Principes des approches isotopiques

Les signatures isotopiques des aliments s'enregistrent dans les tissus des consommateurs avec un enrichissement systématique en isotope lourd (ou fractionnement isotopique). Ce fractionnement ou enrichissement est prédictible entre une proie et son prédateur (alimentation/consommateur). Les signatures isotopiques constituent donc un outil écologique permettant d'évaluer les relations entre les différents acteurs d'une chaîne alimentaire. Considérant un fractionnement isotopique entre deux niveaux trophiques (proie-prédateur) consécutifs entre 0 et 1 ‰ pour le carbone et entre 3 et 5 ‰ pour l'azote ([Bocherens, Drucker, 2003](#)), il est possible, dans un contexte où les ressources alimentaires sont isotopiquement distinctes, d'identifier la contribution préférentielle d'une ressource originale dans l'alimentation des humains.

Si la variabilité isotopique des grands types de ressources est connue en raison de l'écologie des organismes, des variations locales de l'environnement, du climat, tout comme certaines pratiques agricoles (utilisation d'engrais, l'irrigation) peuvent entraîner des modifications du couvert végétal et des plantes cultivées entraînant des signatures isotopiques différentes qui se répercuteront dans les tissus de l'ensemble des acteurs de la chaîne alimentaire, comme les herbivores et les omnivores (ie la viande des animaux consommés) et consécutivement dans les tissus des humains ([van der Merwe, Medina 1991](#), [Rodière et al., 1996](#), [Herrscher, Le Bras-Goude 2010](#)). Dans un tel contexte, se baser sur la variabilité théorique ou attendue de potentielles ressources alimentaires peut entraîner des interprétations erronées des pratiques de subsistance humaines. C'est pourquoi il est indispensable, pour chaque population archéologique considérée, de caractériser la variabilité isotopique des ressources alimentaires disponibles dans son environnement.

La réalisation de ce référentiel isotopique des ressources alimentaires constitue la première étape de l'approche isotopique. Pour ce faire, elle nécessite l'analyse d'échantillons de restes animaux et de restes carpologiques issus du même environnement et contemporains des sujets humains. Techniquement, ces référentiels sont établis à partir du matériel bio-archéologique disponible sur le

site étudié ou mis au jour dans de zones d'habitats à proximité du site funéraire. Dans un contexte favorable où l'analyse de tels matériaux bioarchéologiques est réalisable, il est alors possible de caractériser isotopiquement de nombreuses ressources alimentaires. Il peut s'agir par exemple de différents types de viande domestique (boeuf, chèvre/mouton, cochon, volaille) mais également de viande sauvage (comme celle de cervidés, de sangliers etc), ou de ressources aquatiques (poissons d'eau douce ou marins) ainsi que différentes sources alimentaires végétales, comme les céréales (blé, orge, avoine) ainsi que les légumineuses (lentilles, pois par exemple). Disposer ainsi des différents acteurs de la chaîne paléo-alimentaire permet une meilleure compréhension des transferts isotopiques propres à l'écosystème considéré et garantit une inférence plus fiable des reconstitutions paléo-alimentaires.

L'analyse des signatures isotopiques en azote ($\delta^{15}\text{N}$) présente un intérêt particulier pour restituer les différents niveaux trophiques d'une chaîne alimentaire. Le collagène des prédateurs présente des valeurs isotopiques en azote supérieures à celles du collagène de leurs proies. Ainsi, plus les sujets occupent le dernier maillon d'une chaîne alimentaire (niveau trophique élevé) et plus les signatures isotopiques en azote seront élevées. La distribution théorique des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ chez les végétaux, premiers maillons des chaînes alimentaires, est comprise globalement entre -2 et 2 ‰ pour les plantes fixatrices d'azote (légumineuses) et entre 0 et 6 ‰ pour les plantes non fixatrices d'azote (Virginia, Delwiche 1982, Hastorf, DeNiro 1985). En milieu terrestre, les signatures isotopiques des herbivores sont généralement comprises entre 2 et 7 ‰, celles de carnivores entre 7 et 12 ‰ (Bocherens 1999), tandis qu'en milieu marin, les vertébrés peuvent présenter des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ allant jusqu'à 22 ‰ (DeNiro, Epstein 1978, 1981, Schoeninger, DeNiro 1984). L'analyse des signatures isotopiques en carbone ($\delta^{13}\text{C}$) permet de cerner la source alimentaire du carbone et par conséquent le type d'environnement dans lequel l'homme s'approvisionne. Les sujets ayant vécu dans un environnement tempéré, fermé présentent des valeurs isotopiques en carbone plus faibles (ca. -34 à -22‰) que les sujets issus d'un environnement chaud, ouvert (ca. -19 à -6 ‰) (Smith, Epstein 1971, DeNiro, Epstein 1978, Deines, 1980). Les plantes marines présentent des valeurs intermédiaires comprises entre -18 et -10 ‰ (Tauber 1981, Chilsholm *et al.*, 1982).

4.2. Aspects techniques des analyses isotopiques

L'ensemble des étapes de préparation des échantillons bio-archéologiques a été réalisé sur le plateau technique de Biochimie du LAMPEA (AMU, CNRS, Ministère de la Culture ; <https://lampea.cnrs.fr/spip.php?article1085>). Chaque prélèvement osseux a été débarrassé de ses surfaces externes et internes ainsi que du tissu spongieux par abrasion (fraisage). Le protocole pour l'extraction du collagène d'ossements est basé sur une méthode classique acide-base-acide décrite dans Herrscher *et al.* (2018). Les échantillons de collagène, pré-pesés sont dosés au laboratoire IsoAnalytical par spectrométrie de masse isotopique (IRMS-EA Europa Scientific 20). Les rapports isotopiques sont notés δ et exprimés en ‰. Ils correspondent au rapport de l'isotope stable lourd (^{13}C , ^{15}N) sur l'isotope stable léger (^{12}C , ^{14}N) de l'échantillon comparé au même rapport de standards internationaux correspondants.

$$\delta^z\text{X} = \left[\frac{(^z\text{X}/^y\text{X})_{\text{échantillon}}}{(^z\text{X}/^y\text{X})_{\text{standard}}} - 1 \right] \times 1000 \text{ ‰}$$

$$\text{L } \delta^{13}\text{C} = \left[\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{échantillon}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{V-PDB}}} - 1 \right] \times 1000 \text{ ‰}$$

$$\text{L } \delta^{15}\text{N} = \left[\frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{échantillon}}}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N})_{\text{AIR}}} - 1 \right] \times 1000 \text{ ‰}$$

Les standards internationaux utilisés sont un calcaire pour le carbone (V-PDB, R = 0,01123720) et l'Azote atmosphérique pour l'azote (N_2 , AIR R = 0,003676). Pour les dosages isotopiques du C et N, la référence utilisée est la protéine de soja (IA-R068, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = -25,22 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 0,99 \text{ ‰}$). Les échantillons de contrôle sont IA-R038 (L-alanine, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = -24,99 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = -0,65 \text{ ‰}$), IA-R069 (protéine de thon, $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}} = -18,88 \text{ ‰}$, $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 11,60 \text{ ‰}$) et IA-R045 (sulfate d'ammonium, $\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = -4,71 \text{ ‰}$) dont les teneurs isotopiques sont calibrées à partir des standards de comparaison inter-

laboratoire fourni par l'Agence International de l'Énergie Atomique à Vienne (AIEA ; IAEA-CH-6 : sucrose, IAEA-C7 : acide oxalique et IAEA-N-1 : sulfate d'ammonium). La précision analytique est obtenue à partir de l'analyse répétée d'échantillons et des standards internes du laboratoire. Les erreurs de mesures et les précisions analytiques sont calculées pour chaque série d'échantillons en utilisant le calculateur proposé par [Szpak et collaborateurs \(2017\)](#). Elles sont de l'ordre de 0,2 ‰ pour les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$.

L'impact d'éventuelles contaminations et/ou dégradation peut être écarté grâce à l'analyse de plusieurs indicateurs. Ainsi, l'intégrité biochimique du collagène est vérifiée à partir du rendement d'extraction et des pourcentages massiques et des rapports atomiques. Le rendement d'extraction de collagène, exprimé en mg/g, pour un os moderne, est d'environ 200-220 mg/g. Des résultats fiables sont obtenus pour les échantillons archéologiques dont le rendement est supérieur à 10 mg/g ([Ambrose 1990, 1993, van Klinken 1999](#)). Les pourcentages massiques présents dans chaque échantillon doivent être supérieurs à 30 % pour le C et supérieur, 10 % pour N ([Ambrose 1990, 1993, van Klinken 1999](#)). Les rapports atomiques calculés à partir des pourcentages massiques, sont le rapport C/N théoriquement de 3,1-3,2 pour des collagènes de mammifères ([DeNiro, 1985](#)). Lorsque les échantillons présentent des indicateurs répondant à l'ensemble de ces limites alors les collagènes sont considérés à la fois non dégradés et non contaminés. Des tests de corrélation sont également réalisés entre l'ensemble de ces indicateurs et les ratios isotopiques pour s'affranchir de toutes dégradation ou contamination qui n'auraient pas pu être identifiées sur la base des limites préconisées par les auteurs.

4.3. Les corpus sélectionnés et vérification de la qualité du signal isotopique

Des restes animaux découverts à Brandes en Oisans dans les habitats et les ateliers ont été échantillonnés afin de décrire au mieux les caractéristiques isotopiques des ressources alimentaires locales disponibles dans l'environnement contemporain de la population humaine. Le corpus animal *in fine* comprend 46 spécimens⁴ représentant la triade domestique, soit 15 ossements de bœufs, 16 de caprinés dont 4 identifiés comme des moutons et 16 de porcs ([Annexe 1](#)).

Afin de disposer d'un maximum d'informations relativement aux pratiques des sujets Brandes, le choix d'une analyse des sujets en connexion a été privilégié et notamment les sujets pour lesquels l'âge au décès et le sexe ont pu être estimés. Ainsi, 33 sujets humains ont fait l'objet d'un prélèvement : 4 sujets immatures et 29 sujets adultes dont 6 femmes, 15 hommes et 8 de sexe indéterminé. Pour éviter tout biais d'un renouvellement potentiellement différent entre les tissus, le prélèvement a préférentiellement été effectué au niveau de fragment d'os compact de phalange et d'os long ([Annexe 2](#)). Afin d'apprécier l'originalité de la série de Brandes, des comparaisons ont été réalisées avec la série de Saint-Laurent pour les mêmes raisons déjà évoquée précédemment ([Herrscher et al., 2001 ; Herrscher, 2003](#)). Les comparaisons ont été vérifiées à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney. Les différences ont été considérées comme statistiquement recevable pour une probabilité inférieure à 0,05.

Relativement au contrôle des indicateurs de qualité du collagène des 33 échantillons humains et 46 animaux, seul un échantillon animal (bœuf) n'a pas livré un rendement de collagène suffisant pour faire l'objet d'une mesure spectrométrique (BF 218). Les 33 collagènes humains et 45 animaux présentent des rendements, des pourcentages en C et en N ainsi qu'un rapport atomique C/N qui sont dans des gammes de valeurs de collagènes bien conservés ([Annexes 1 et 2, Figure 5](#)). Aucune corrélation n'a été observée entre ces indicateurs et les signatures isotopiques. Les collagènes n'ont donc pas subi d'altérations taphonomiques.

⁴ Les déterminations spécifiques des ossements animaux ont été réalisées par Stéphane Péan (MNHN) en 2006. Les déterminations et les échantillonnages de 2008 et 2020 ont respectivement été réalisées par Thierry Argant (EVEHA) et Mickaël Seigle (EVEHA).

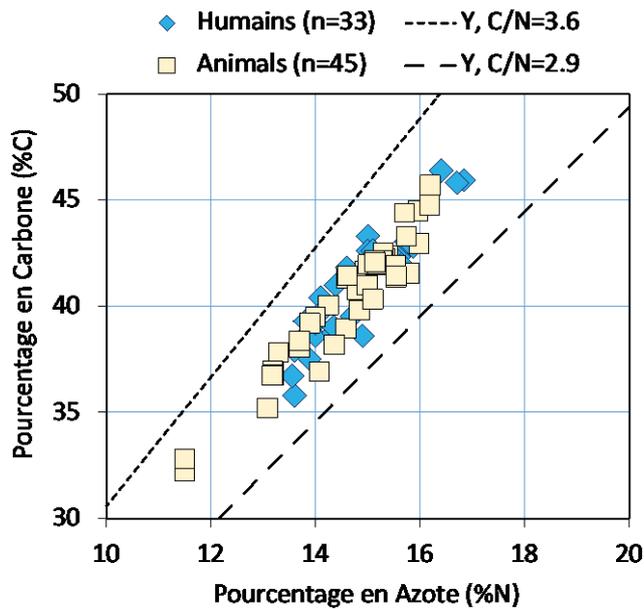


Figure 5. Distribution des pourcentages en azote et en carbone des échantillons humains et animaux de Brandes

4.4. L'apport des données isotopiques à la compréhension des modes de vie des mineurs de Brandes

Les résultats isotopiques montrent une distribution en carbone comprise entre -21,4 et -19,4 ‰ pour les animaux et entre -19,9 et -19,1 ‰ pour les sujets humains confirmant la fréquentation d'un environnement tempéré composé majoritairement de plantes en C3. La distribution en azote est entre 2,6 et 7,8 ‰ pour les animaux et entre 6,9 et 10,2 ‰ pour les humains (Tableau 6). L'enrichissement moyen entre les animaux et les hommes de 0,9 ‰ en ^{13}C et de 4,4 ‰ en ^{15}N (Figure 6).

Tableau 6. Valeurs isotopiques (‰) des échantillons fauniques (ET=écart-type, Q1=premier quartile, Q3=troisième quartile).

	n	$\delta^{15}\text{N}$ (en ‰)				$\delta^{13}\text{C}$ (en ‰)			
		min	max	Moy \pm 1SD	Med[IQ1-IQ3]	min	max	Moy \pm 1SD	Med[IQ1-IQ3]
Animaux	45	-21,4	-19,4	-20,3 \pm 0,5	-20,4[-20,7/-19,9]	2,6	7,8	4,8 \pm 1,2	4,5[4/5,3]
Bœuf	13	-20,8	-19,4	-20,2 \pm 0,4	-20,1[-20,4/-19,9]	3,1	7,8	4,2 \pm 1,2	4[3,6/4,4]
Capriné	16	-20,9	-19,5	-20,2 \pm 0,4	-20,1[-20,5/-19,8]	3,0	6,6	4,4 \pm 0,7	4,5[4/4,6]
Porc	16	-21,4	-19,7	-20,6 \pm 0,5	-20,6[-21/-20,4]	2,6	7,6	5,6 \pm 1,3	5,5[4,8/6,5]
Humains	33	-19,9	-19,1	-19,4 \pm 0,2	-19,4[-19,5/-19,2]	6,9	10,2	9,2 \pm 0,7	9,3[9/9,7]
Femmes	6	-19,9	-19,2	-19,5 \pm 0,2	-19,5[-19,5/-19,4]	6,9	9,3	8,7 \pm 0,9	9,1[8,8/9,3]
Indéterminé	8	-19,7	-19,1	-19,4 \pm 0,2	-19,3[-19,5/-19,2]	6,9	9,8	9,1 \pm 1	9,3[8,9/9,8]
Masculin	15	-19,8	-19,1	-19,3 \pm 0,2	-19,3[-19,4/-19,2]	8,4	10,1	9,4 \pm 0,5	9,4[9,1/9,9]
Adulte	14	-19,8	-19,1	-19,4 \pm 0,2	-19,3[-19,4/-19,2]	6,9	10,0	9,2 \pm 0,8	9,3[9/9,7]
AJ	6	-19,9	-19,1	-19,4 \pm 0,3	-19,4[-19,5/-19,3]	8,6	10,1	9,5 \pm 0,6	9,5[9/10]
AM	7	-19,5	-19,1	-19,3 \pm 0,2	-19,4[-19,5/-19,3]	6,9	9,8	8,9 \pm 1	9,3[8,6/9,5]
AM/AV	1	-19,3	-19,3			9,3	9,3		
AV	1	-19,4	-19,4			9,2	9,2		
Immature	4	-19,8	-19,5			8,9	10,2		

Moyenne \pm 1 écart-type donné si n>9; Med= médiane : Med[IQ1-IQ3] donné si n>5

L'analyse statistique révèle des différences significatives pour les 2 isotopes entre les herbivores (caprinés et bœufs) et les porcs ($p\text{-}\delta^{13}\text{C} = 0,029$, $p\text{-}\delta^{15}\text{N} = 0,005$). Les porcs présentent des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ plus positives (attendues) que celles des herbivores, entre 1,1 et 1,4 ‰, tandis que les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ des porcs sont plus négatives que celles des herbivores, entre 0,4 et 0,5 ‰. Une telle disposition

indique un élevage particulier des porcs, avec une consommation d'aliments enrichis en azote-15, tels que les restes alimentaires des habitants, associée à la fréquentation d'un environnement plus fermé que les bœufs et les caprinés (Magwick *et al.*, 2012 ; Balasse *et al.*, 2016). Si les porcs sont élevés au même endroit que les herbivores sur le plateau de Brandes-en-Oisans, alors leurs valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ devraient être plus hautes que celles des herbivores (Herrscher *et al.*, 2001), alors que ce n'est pas le cas ici. D'un autre côté, l'altitude en augmentant la pression partielle de CO_2 induit une augmentation de 1 % par 1000 m des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ (Heaton, 1999), le couvert végétal est donc attendu pour être plus enrichi en carbone-13 à Brandes que dans la vallée. Un élevage des porcs ailleurs qu'à Brandes semble être l'hypothèse de la plus parcimonieuse, il s'agirait alors de produits alimentaires importés de la vallée.

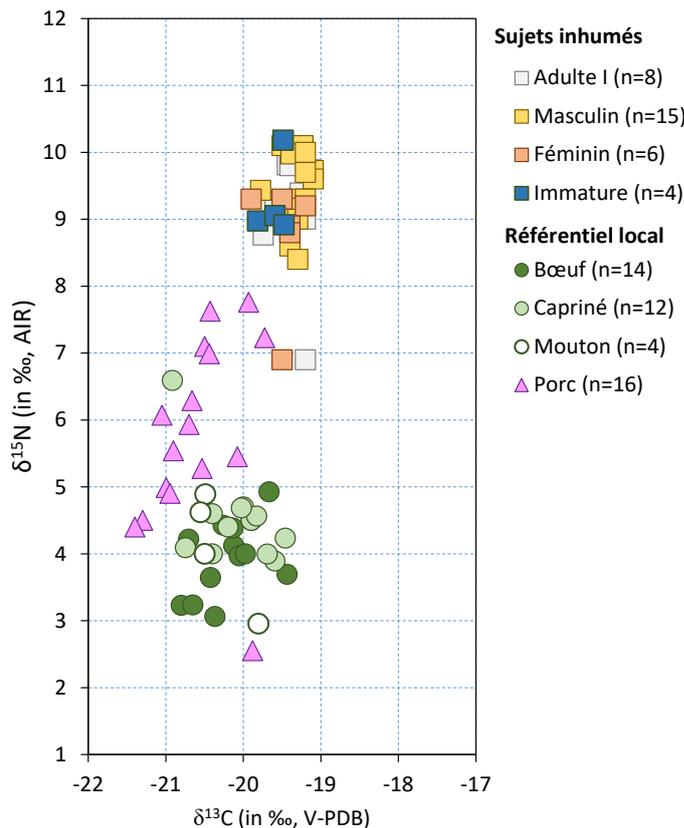


Figure 6. Distribution des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ pour les sujets humains (n=33) et animaux (n=45) de Brandes

La comparaison des données animales et humaines montre une disposition conforme à une relation mangeur-mangé, indiquant que les sujets de Brandes se sont vraisemblablement principalement approvisionnés sur le Plateau de Brandes ou tout du moins de ressources alimentaires telles que celles qui ont servi de référentiel isotopique. L'alimentation des sujets humains semble constituée à proportions égales de viandes d'herbivores et de porcs. Relativement à la dispersion des valeurs isotopiques au sein des humains, une originalité est observée avec une discontinuité des valeurs isotopiques de $\delta^{15}\text{N}$. En effet, deux sujets présentent des valeurs significativement plus basses en azote-15, de 7 ‰, relativement au reste du groupe, autour de 9 ‰. Deux hypothèses peuvent être proposées : soit les sujets présentant les valeurs les plus hautes ont consommé des aliments enrichis en azote-15, probablement plus de protéines animales et notamment plus de viande de porcs, soit les deux sujets avec les valeurs les plus basses, ont consommé des aliments appauvris en azote-15. Parmi les aliments potentiellement appauvris en azote-15, on peut citer les légumineuses dont les valeurs plus basses viennent du fait que ces plantes fixent directement l'azote atmosphérique au niveau de leur racine (Virginia, Delwiche, 1982). Cette dernière hypothèse pourrait être vérifiée par l'analyse

isotopique des graines de légumineuses, dont une fève (*Vicia faba*) a été identifiées lors de l'analyse carpologique.

On peut également noter que sans que la différence soit statistiquement significative, les sujets masculins présentent les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ les plus hautes et l'une des valeurs à 7 ‰ est attribuée à un sujet de sexe féminin. Une telle distribution pourrait indiquer une consommation plus importante de protéines animales par les hommes.

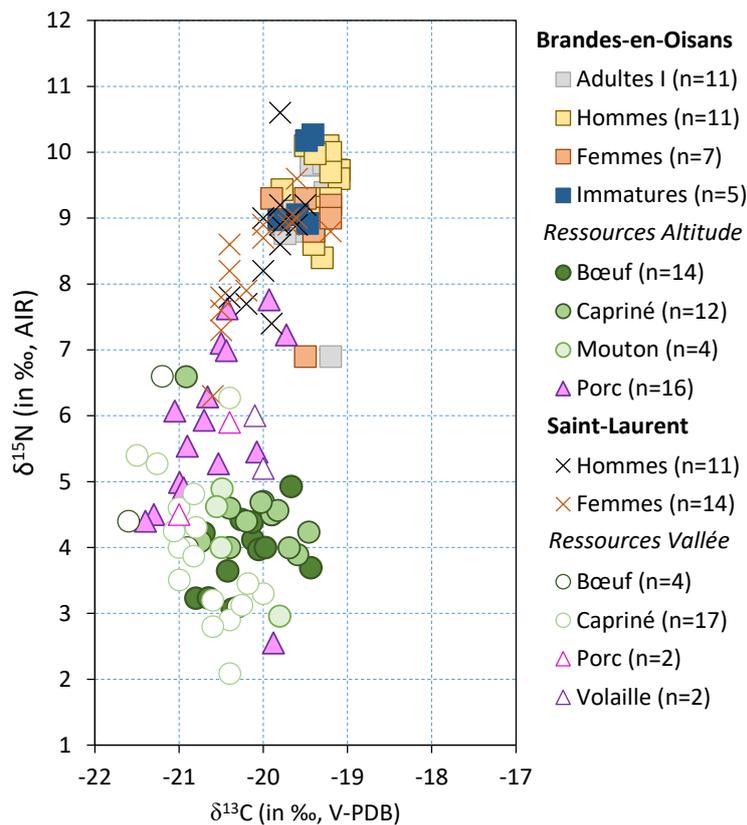


Figure 7. Comparaison des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ animales et humaines de Brandes et de Saint-Laurent

La comparaison entre les données isotopiques humaines de Brandes et Grenoble montre des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ significativement moins négatives à Brandes qu'à Saint-Laurent ($p\text{-}\delta^{13}\text{C} = 0,000$, Figure 7). Un tel résultat suggérerait la fréquentation d'un milieu plus ouvert à Brandes que dans la vallée, ainsi qu'une augmentation des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ en raison de la différence d'altitude entre les deux sites, l'un à 200 m, l'autre à 1800 m (Heaton, 1999). Ce résultat démontre un approvisionnement pour les ressources alimentaires dans des environnements différents, à proximité des lieux de vie des habitants. Par ailleurs, que l'on exclut ou non de l'analyse statistique, les 2 sujets très bas en azote-15, les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ des sujets de Brandes sont significativement plus élevées que celles des sujets grenoblois, ce qui suggérerait une consommation plus importante de protéines animales par les mineurs de Brandes que par les habitants du quartier Saint-Laurent de Grenoble à la fin du Moyen Age à Grenoble.

Si l'approvisionnement des ressources alimentaires à Brandes apparaît en adéquation avec une consommation de ressources terrestres domestiques, telles que celles intégrées dans cette étude, la question de la consommation de poissons d'eau douce reste ouverte. En effet, des lacs de petite taille, comme le Lac Blanc et le Lac du milieu, à 2800 m d'altitude sont fréquentés par les mineurs 3 mois de

l'année (Bailly-Maitre, Bruno Dupraz, 1994 ; Bailly-Maitre *et al.*, 2008). Il apparaît pertinent d'intégrer dans cette analyse des données isotopiques de ressources d'eau douce, telles que celles d'espèces actuelles de poissons du Lac d'Aiguebelette et du lac de Genève (Dufour *et al.*, 1999, Figure 8). La variabilité isotopique de ces ressources, avec des valeurs nettement plus basses de $\delta^{13}\text{C}$ et plus hautes de $\delta^{15}\text{N}$ relativement aux ressources animales domestiques montre que si les habitants de Brandes avaient consommé des poissons d'eau douce, leurs tissus auraient été plus appauvris en carbone-13 et plus enrichis en azote-15. S'il est difficile d'exclure complètement la consommation de ces ressources par les mineurs, celle-ci n'aurait pas été suffisamment importante pour modifier leurs compositions isotopiques des tissus des habitants de Brandes.

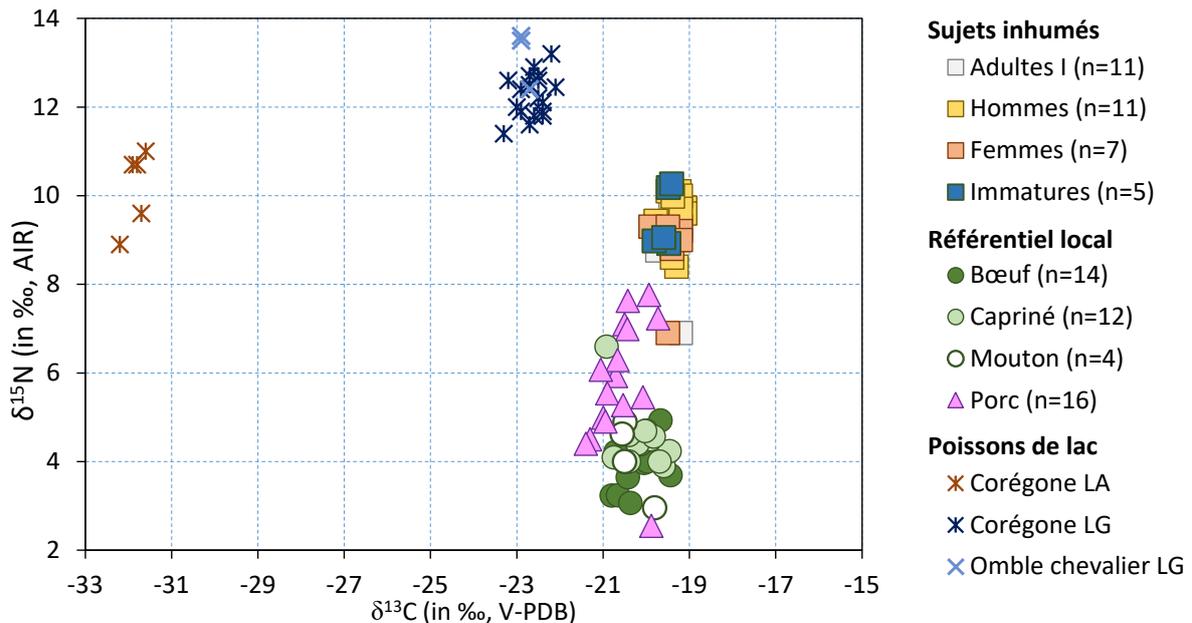


Figure 8. Comparaison entre les données isotopiques de Brandes et celles de ressources modernes d'eau douce du Lac d'Aiguebelette (LA) et de Genève (LG) (Dufour *et al.*, 1999)

5. Conclusion

L'analyse des vestiges alvéolo-dentaires associée à l'analyse isotopique des sujets de Brandes ont permis de documenter l'alimentation de cette population originale isolée à 1800 m d'altitude. Les caractéristiques biologiques de cette série sont comparables à celles de la série médiévale de Saint-Laurent ayant vécu dans un des faubourgs de la ville de Grenoble, dans la vallée de l'Isère. Un tel résultat indiquerait que si les sujets de Brandes ont subi des conditions de vie difficile, elles n'ont pas laissé de stigmates particuliers alimentaires ou sanitaires sur ces squelettes. Cette étude révèle que les aliments consommés par les habitants de Brandes avaient un taux de carbo-hydrates, une texture et une abrasivité similaires à celle des aliments consommés dans la vallée. Les céréales et le pain devaient être soit acheminés de la vallée, ou bien, le village de Brandes avait un équipement en pierre meulière *in situ* de même qualité que celui de la vallée. Cette hypothèse pourrait corroborer les résultats de l'analyse carpologique qui n'ont pas mis en évidence la présence d'une agriculture sur le plateau de Brandes (Voir Chapitre de Lucie Martin). En revanche, des documents historiques plus récents montrent que la culture de seigle et de légumineuses est possible à cette altitude. La poursuite des analyses archéobotaniques dans les maisons permettrait de montrer ou non l'importance des légumineuses dans l'alimentation des habitants de Brandes. Quant aux analyses isotopiques, elles attesteraient à Brandes d'une consommation nettement significative de protéines animales par rapport aux habitants grenoblois contemporains, hypothèse que pourrait être confirmée par les dépôts importants de tartre observés sur les dents des mineurs. Les données archéozoologiques ont montré une présence majoritaire des caprinés et une exploitation du troupeau tourné vers la

production de lait et de viande qui s'accorderaient également avec les résultats de cette analyse anthropologique et isotopique.

L'ensemble de ces résultats tend à montrer que les habitants de Brandes n'auraient pas vécu complètement isolé ou tout du moins, les conditions de vie apparemment difficile n'auraient pas altéré leur état sanitaire. Ces résultats sont en accord avec les données archivistiques qui mentionnent que leur activité leur permettait de conserver des relations avec la vallée lors du transport du minerai leur permettant ainsi de s'approvisionner en denrées alimentaires, qu'il s'agisse des céréales ou de la viande de porc.

Remerciements

Nous tenons à remercier Stéphane Péan, (MNHN - Dpt Préhistoire) pour les déterminations fauniques ainsi que Thierry Argant, (EVEHA) et Mickaël Seigle (EVEHA) pour l'étude archéozoologique et les échantillonnages ainsi que Flavien Perazza pour le relevé des sépultures et l'équipe du Musée d'Huez pour leur accueil au Musée lors des missions d'étude. Cette recherche a reçu le soutien financier du Ministère de la Culture – DRAC Rhône-Alpes pour les analyses isotopiques. Pour la logistique, nous remercions le soutien de la Mairie d'Huez ainsi que l'association du GEMA. Nous remercions Steve Brookes et Ian Beagley du Laboratoire IsoAnalytical Limited (Crew, Cheshire, UK) pour les dosages isotopiques. Nous remercions également Leïa Mion (LAMPEA) pour sa lecture du manuscrit.

Références bibliographiques

Ambrose S.H. 1990. Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science* 1 : 431-451.

Ambrose S.H. 1993, Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretative considerations. In Sandford M.K. (éd), *Investigation of ancient human tissue*, Langhorne, Gordon and Breach Science Publishers, p. 59-130.

Bailly-Maître M.C., Simonel B. 1996, Travail et milieu. Incidences sur une population au Moyen Age. In *L'Identité des populations archéologiques*, XVIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Oct. 1995, éditions APDCA, Sophia Antipolis, p. 211-244.

Bailly-Maître M.-C., Bruno Dupraz J. (eds) 1994. *Brandes-en-Oisans. La mine d'argent des Dauphins (XII^e-XIV^e s.)* Isère. DARA 9, ALPARA : Lyon, 167 p.

Bailly-Maître M., Martin L., Herrscher E., Hervieu P. 2008. Se nourrir en haute montagne aux XIIIe et XIVe siècles. Le village de Brandes (Huez, Isère) : apports comparés de l'archéologie, des textes, de l'archéobotanique et de l'anthropologie. *Histoire des Alpes* 13:83-98.

Balasse M., Cucchi T., Evin A., Bălăşescu A., Frémondeau D., Horard-Herbin M.-P. 2018. Wild game or farm animal? Tracking human-pig relationships in ancient times through stable isotope analysis. In C. Stépanoff, J.-D. Vigne, (eds), *Hybrid communities Biosocial approaches to domestication and other trans-species relationship*, London, Routledge: Routledge Studies in Anthropology. p 81-96.

Belmont A. 2001. La pierre et le pain. Les carrières de meules de moulins de Quaix-en-Chartreuse, XVIe-XVIIIe s. *Histoire et sociétés rurales* 16(2e semestre 2001):45-79.

Belmont A. 2005. *La Pierre à pain. Les carrières de meules de moulins en France, du Moyen Âge à la révolution industrielle*, Collection La Pierre et l'Écrit, Edition PUG, Grenoble, 2005, 2 volumes, 720 p. ; A. Belmont, Les meulières médiévales. Résultats d'une moisson dauphinoise. In Belmont A., Mangartz F. (dir), *Les meulières. Recherche, protection et mise en valeur d'un patrimoine industriel européen (Antiquité-XXIe siècle)*, RGZM – Tagungen, Band 2, Germany, 2006, p. 81-90.

Belmont A. 2006. La Pierre à pain. *Les carrières de meules de moulins en France, du Moyen Âge à la révolution industrielle*. Collection La Pierre et l'Écrit, Grenoble: PUG. 720 p.

Bernal V., Novellino P., Gonzalez P.N., Perez S.I. 2007. Role of wild plant foods among late Holocene hunter-gatherers from Central and North Patagonia (South America): An approach from dental evidence. *American Journal of Physical Anthropology* 133(4):1047-1059.

Bocherens H. 1999. Isotopes stables et reconstitution du régime alimentaire des hominidés fossiles : une revue. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* t. 11(3-4) : 267-287.

- Bocherens H., Drucker D. 2003. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology* 13:46-53.
- Bruzek, J., 2002, A method for visual determination of sex, using the human hip bone, *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 117, p. 157- 168.
- Chisholm B.S., Nelson D.E., Schwarcz H.P. 1982. Stable-carbon isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diets. *Science* 216 : 1131-1132.
- Deines P. 1980. The isotopic composition of reduced organic carbon. In P. Fritz, J.C. Fontes Eds, *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Elsevier, Amsterdam, Vol. 1, p. 329-406.
- DeNiro M.J., Epstein S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 95-506.
- DeNiro M.J. 1985. Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317: 806-809.
- DeNiro M.J., Epstein S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 345-351.
- Dufour E, Bocherens H, and Mariotti A. 1999. Palaeodietary implications of isotopic variability in eurasian lacustrine fish. *Journal of Archaeological Science* 26:617-627.
- Dutour O, Ardagna Y. 2005. La paléopathologie humaine. In Dutour O, Hublin J-J, and Vandermeersch B, editors. *Objets et méthodes en Paléanthropologie*. Paris: CTHS. p 315-345.
- Dutour O. 2011. *La paléopathologie*. Editions du CTHS, Paris, 170 p.
- Ferembach D., Schwidetzky I., Stloukal M. 1979. Recommandations pour déterminer l'âge et le sexe sur le squelette. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 6(13):7-45.
- Goodman A.H., Rose J.C. 1988, Biocultural perspectives on stress in prehistoric, historical, and contemporary population research, *Yearbook of Physical Anthropology*, 31: 169-202.
- Goodman A.H., Rose J.C. 1991. Dental enamel hypoplasias as indicators of nutritional status. *Advances in Dental Anthropology*: Wiley-Liss. p 279-293.
- Hastorf C.A., DeNiro M.J. 1985. Reconstruction of prehistoric plant production and cooking practices by a new isotopic method. *Nature* 315: 489-490.
- Heaton T.H.E. 1999. Spatial, species and temporal variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ of C_3 plants: implications for paleodiet studies. *Journal of Archaeological Science* 26(6):637-650.
- Herrscher E., Bocherens H., Valentin F., Colardelle R. 2001. Comportement alimentaire au Moyen Age à Grenoble : application de la biogéochimie isotopique à la nécropole de Saint-Laurent (XIII^e-XV^e siècles, Isère, France). *Comptes rendus de l'Académie des sciences Série 2, Sciences de la Vie*, 324, p. 479-487.
- Herrscher E., Hervieu P. 2006. *Etude préliminaire des sujets en connexion anatomique et des crânes de Müller (conservation, préservation, distribution par âge au décès et sexe)*. Rapport d'étude (inédit), Unité d'Anthropologie Marseille UMR 6578, 49 p.
- Herrscher E., Hervieu P. 2007. *Estimation du nombre d'individus et étude des restes bucco-dentaires*. Rapport d'étude (inédit), Unité d'Anthropologie, UMR 6578, Marseille. 44 p.
- Herrscher E., Hervieu P. 2008. *Restitution de l'alimentation minière de Brandes-en-Oisans, Analyses isotopiques*. Rapport d'étude (inédit), Unité d'Anthropologie, UMR 6578, Marseille. p 18.
- Herrscher E., Colardelle R., Valentin F. 2006. Meulières et pathologies humaines : un rapport effectif ? Analyse d'une documentation bucco-dentaire entre le XIII^e et le XVIII^e siècle à Grenoble. In Belmont A, Mangartz F. (eds). *Les meulières Recherche, protection et mise en valeur d'un patrimoine industriel européen (Antiquité-XXI^e siècle)* Mainz: RGZM. p 99-108.
- Herrscher E., Fenner J.N., Valentin F., Clark G., Reepmeyer C., Bouffandeau L., André G. 2018. Multi-isotopic analysis of first Polynesian diet (Talasiu, Tongatapu, Kingdom of Tonga). *Journal of Archaeological Science: Reports* 18:308-317.
- Herrscher E., Goude G. 2015. Biogéochimie isotopique et anthropologie biologique : reconstitution des modes de vie du passé. In Balasse M., Dauphin Y., Brugal J.-P. (eds) *Messages d'Os Archéométrie du squelette animal et humain*. Suresnes: Editions des Archives Contemporaines. p 259-275.

- Herrscher E. 2001. *Contribution de l'analyse paléoépidémiologique et paléobiogéochimique à la connaissance de la santé et de l'alimentation à la fin du Moyen Age, église Saint-Laurent de Grenoble (XIIIe-XVe siècle, France)*. Thèse de doctorat, Paris: Muséum National d'Histoire Naturelle-Paris VI. 334 p.337 p., 22 Annexes.
- Herrscher E. 2003. Alimentation d'une population historique. Analyse des données isotopiques de la nécropole Saint-Laurent de Grenoble (XIIIe-XVe siècle France). *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 15(3-4): 149-269.
- Herrscher E., Goude G., Lisfranc R., Forest V., Vermeulen C. 2014. Pratiques alimentaires au Bronze ancien en Auvergne : Essai de restitution par l'analyse isotopique. *Préhistoires Méditerranéennes*, <http://pm.revues.org/782>.
- Herrscher E., Le Bras-Goude G., 2010. Southern French Neolithic populations: Isotopic evidence for regional specificities in environment and diet. *American Journal of Physical Anthropology* 141: 259-272.
- Hillson S. 1996. *Dental anthropology*. University Press of Cambridge, Cambridge, 373 p.
- Hillson S. 2000; Dental pathology. In: Katzenberg MA, Saunders SR (eds) *Biological anthropology of the human skeleton*. First Edition, Wiley-Liss, New-York, p. 249-286.
- Hillson S. 2001. Recording dental caries in archaeological human remains. *International Journal of Osteoarchaeology*, 11(4), p. 249-289.
- Katzenberg M.A. 2000. Stable isotope analysis: a tool for studying past diet, demography, and life history. In M.A. Katzenberg, S.R. Saunders (eds), *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, Wiley-Liss Inc., US, p. 305-327.
- Larsen C., Shavit R., Griffin M.C. 1991. Dental Caries Evidence for Dietary Change : An Archaeological Context. In Kelley M.A., Larsen C.S. (eds). *Advances in Dental Anthropology*. New-York: Wiley-Liss. p 179-202.
- Larsen C.S. 2000. Dietary reconstruction and nutritional assessment of past peoples : the bioanthropological record. In Kiple K.F., Ornelas K.C. (eds). *The Cambridge World History of Food*. US: Cambridge University Press. p 13-34.
- Lovejoy C., Meindl R., Pryzbeck T., Mensforth R. 1985. Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal age at death. *American Journal Physical of Anthropology*, 68:15–28.
- Lukacs J.R. 1989, Dental paleopathology methods for reconstructing dietary patterns in prehistory. In M.Y. Iscan, K.A.R Kennedy (eds), *Reconstruction of life from the skeleton*, Alan R. Liss, New York, p. 261-286.
- Lukacs J.R. 2007, Dental trauma and *antemortem* tooth loss in Prehistoric Canary Islanders: Prevalence and contributing factors, *International Journal of Osteoarchaeology*, 17, 2007, 157-173.
- Lukacs J.R. 2011. Oral Health in Past Populations: Context, Concepts and Controversies. A Companion to Paleopathology: Wiley-Blackwell. p 553-581.
- Maat G.J.R, van der Valde E.A. 1987. The caries-attrition competition. *International Journal of Anthropology of food* 2/4:281-292.
- Madgwick R., Mulville J., Stevens R.E. 2012 Diversity in foddering strategy and herd management in late Bronze Age Britain: An isotope investigation of pigs and other fauna from two midden sites. *Environmental Archaeology* 17 (2):126-140.
- Manzi G., Salvadei L., Vienna A., Passarello P. 1999 Discontinuity of life conditions at the transition from the Roman imperial age to the early middle ages: Example from central Italy evaluated by pathological dento-alveolar lesions. *American Journal of Human Biology* 11(3):327-341.
- Meiklejohn C., Wyman J.M., Schentag C.T. 1992. Caries and attrition: dependent or independant. *International Journal of Anthropology of food* 7/1:17-22.
- Mion L., Herrscher E., André G., Hernandez J., Donat R., Fabre M., Forest V., Salazar-García D.C. 2018. The influence of religious identity and socio-economic status on diet over time, an example from medieval France. *Archaeological and Anthropological Sciences*:10.1007/s12520-12018-10754-z.

Mion L., Herrscher E., Blondiaux J., Binet E., Andre G. 2016. Comportements alimentaires en Gaule du Nord : étude isotopique du site de l'Îlot de la Boucherie (IIIe–Ve siècles apr. J.-C.) à Amiens. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 28(3):155-175.

Mion L. 2019. *Aux origines de l'alimentation méditerranéenne : analyses isotopiques de vestiges bioarchéologiques de l'Antiquité au début du Moyen-Age dans le Sud-Est de la France*. Aix-en-Provence: Aix Marseille Université. 365 p.

Molnar S. 1972, Tooth wear and culture: a survey of tooth functions among some prehistoric populations, *Current Anthropology*, 13(5): 511-526.

Olive C. 1983. Etude Anthropologique, in Bailly-Maitre M.C., *Brandes en Oisans, un village minier de haute montagne, XIIIe-XIVe s*, Thèse de Doctorat, p. 151-184.

Ortner D.J., Theobald G. 2000. Paleopathological Evidence of Malnutrition. In Kiple K.F., Ornelas K.C. (eds). *The Cambridge World History of Food*. New-York: Cambridge University Press. p 34-44.

Polet C., Orban R. 2001. *Dents et ossements humains : que mangeait-on au Moyen Age*. Belgique: Brepols. 173 p.

Rodière E., Bocherens H., Angibault J.M., Mariotti A. 1996. Particularités isotopiques de l'azote chez le chevreuil (*Capreolus capreolus* L.) : implications pour les reconstitutions paléoenvironnementales. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*. Série 3, Sciences de la vie 323: 179-185.

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

Séguy I., Buchet L. 2011. *Manuel de Paléodémographie*. Paris: INED. 432 p.

Séguy I., Buchet L. 2013. *Handbook of Paleodemography*. Switzerland: Springer International Publishing. 329 p.

Smith B.N., Epstein S. 1971. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. *Plant Physiology* 47: 380-384.

Steckel I., Rose J. 2002. *The backbone of history: health and nutrition in the Western Hemisphere*. Cambridge: Cambridge University Press. 633 p.

Szpak P., Metcalfe J., Macdonald R. 2017. Best practices for calibrating and reporting stable isotope measurements in archaeology. *Journal of Archaeological Science: Reports* 13:609-616.

Tauber H. 1981. ^{13}C evidence for dietary habits of prehistoric man in Denmark. *Nature* 292: 332-333.

van der Merwe N.J., Medina E. 1991. The canopy effect, carbon isotope ratios and foodwebs in Amazonia. *Journal of Archaeological Science* 18: 249-259.

van Klinken G.J. 1999. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science* 26: 687-695.

Virginia R.A., Delwiche C.C. 1982. Natural ^{15}N abundance of presumed N_2 fixing and non N_2 fixing plants from selected ecosystems. *Oecologia* 57: 317-325.

Waldron T. 2007. *Paleoepidemiology : The measure of disease in the human past*. Left Coast Press, Walnut Creek, 148 p.

Annexe 1. Données isotopiques brutes pour les spécimens animaux de Brandes-en-Oisans

Code	Taxon	Élément squelettique	Echantillonnage	Rdt (mg.g ⁻¹)	%C	%N	CN	δ ¹³ C (en ‰)	δ ¹⁵ N (en ‰)
BF210	Bœuf	---	M. Seigle	113,3	41,6	14,9	3,2	-20,1	4,1
BF211	Bœuf	Métacarpe	M. Seigle	125,0	41,9	15,2	3,2	-20,7	4,2
BF212	Bœuf	Humérus	M. Seigle	40,5	40,0	14,2	3,3	-20,4	3,6
BF213	Bœuf	Radius	M. Seigle	58,3	44,5	16,0	3,2	-19,4	3,7
BF214	Bœuf	Humérus	M. Seigle	99,0	42,0	15,0	3,2	-20,1	4,0
BF217	Bœuf	Radius	M. Seigle	174,4	41,5	15,8	3,1	-19,7	4,9
BF218	Bœuf	Métatarse	M. Seigle	9,2	---	---	---	--	--
BF219	Bœuf	Métatarse	M. Seigle	83,2	38,9	14,6	3,1	-20,0	4,0
BF221	Bœuf	Humérus	M. Seigle	69,7	39,8	14,8	3,1	-20,4	3,1
BF223	Bœuf	Radius	M. Seigle	176,0	40,3	15,1	3,1	-19,9	7,8
BF19	Bœuf	Humérus	S. Péan	81,1	37,8	13,3	3,2	-19,9	4,5
BF 108	Bœuf	---	T. Argant	93,9	42,4	15,4	3,1	-20,8	3,2
BF 109	Bœuf	---	T. Argant	10,4	24,6	8,4	3,3	-20,7	3,2
BF 110	Bœuf	---	T. Argant	71,0	41,1	15,0	3,1	-20,3	4,4
BF205	Capriné	Humérus	M. Seigle	129,9	40,8	14,8	3,2	-19,8	4,6
BF206	Capriné	Humérus	M. Seigle	128,0	41,0	15,0	3,2	-20,0	4,7
BF207	Capriné	Métacarpe	M. Seigle	122,9	42,3	15,3	3,2	-19,7	4,0
BF208	Capriné	Métacarpe	M. Seigle	138,6	42,0	15,2	3,2	-20,7	4,1
BF222	Capriné	Tibia	M. Seigle	140,9	38,2	14,4	3,1	-20,9	6,6
BF12	Capriné	Coxal g	S. Pean	122,1	39,5	14,0	3,2	-20,0	4,7
BF15	Capriné	Tibia	S. Pean	123,7	32,2	11,5	3,2	-19,9	4,5
BF20	Capriné	Coxal g	S. Pean	92,2	39,2	13,9	3,2	-20,2	4,4
BF21	Capriné	Scapula d	S. Pean	154,8	36,9	13,2	3,2	-20,4	4,6
BF5	Capriné	Humérus	S. Pean	41,2	41,3	14,6	3,2	-20,4	4,0
BF3	Capriné	Calcanéus	S. Pean	102,7	42,5	15,3	3,2	-20,5	4,0
BF103	Capriné	---	T. Argant	149,7	37,0	13,2	3,1	-19,59	3,89
BF104	Capriné	---	T. Argant	196,7	38,1	13,7	3,1	-19,46	4,24
BF 105	Capriné	---	T. Argant	172,0	38,4	13,7	3,1	-20,5	4,9
BF 106	Capriné	---	T. Argant	191,0	42,1	15,3	3,1	-19,8	3,0
BF 107	Capriné	---	T. Argant	70,6	36,8	13,2	3,1	-20,6	4,6
BF200	Porc	Fémur	M. Seigle	127,4	43,0	16,0	3,1	-20,7	5,9
BF201	Porc	Fémur	M. Seigle	107,9	41,9	15,5	3,1	-20,9	4,9
BF202	Porc	Humérus	M. Seigle	144,3	42,1	15,1	3,2	-20,4	7,6
BF203	Porc	Radius	M. Seigle	181,6	43,3	15,7	3,2	-20,7	6,3
BF204	Porc	Radius	M. Seigle	177,2	44,8	16,2	3,2	-20,4	7,0
BF209	Porc	Humérus	M. Seigle	64,8	41,4	14,6	3,3	-20,9	5,5
BF215	Porc	Radius	M. Seigle	105,9	42,1	15,1	3,2	-19,9	2,6
BF216	Porc	Tibia	M. Seigle	148,5	41,4	15,5	3,1	-20,5	5,3
BF220	Porc	Tibia	M. Seigle	40,5	35,2	13,1	3,1	-21,1	6,1
BF224	Porc	Humérus	M. Seigle	152,5	41,4	15,5	3,1	-20,1	4,4
BF1	Porc	Phalange	S. Pean	79,2	32,8	11,5	3,3	-20,5	7,1
BF22	Porc	Tibia	S. Pean	134,1	45,7	16,2	3,2	-21,3	4,5
BF23	Porc	Talus	S. Pean	128,3	44,4	15,7	3,2	-21,4	4,4
BF100	Porc	---	T. Argant	98,7	36,7	13,2	3,1	-19,73	7,23
BF101	Porc	---	T. Argant	80,8	36,9	14,1	2,9	-20,08	5,45
BF 102	Porc	---	T. Argant	190,4	42,2	15,3	3,1	-21,0	5,0

Annexe 2. Données isotopiques brutes pour les sujets humains de brandes-en-Oisans

Code	Sépulture	Sexe	Age	Elément Squelettique	Rdt (mg.g ⁻¹)	%C	%N	CN	δ ¹³ C (en ‰)	δ ¹⁵ N (en ‰)
BS01	S01	F	adulte	Phalange prox.	66,5	43,3	15,0	3,3	-19,2	9,2
BS03	S03	F	AM	Phalange prox.	82,4	35,8	13,6	3,0	-19,5	6,9
BS07b	S07b	F	AJ	Phalange prox.	125,0	38,6	13,8	3,2	-19,4	8,9
BS08	S08	F	AM	Phalange prox.	154,5	38,6	14,0	3,1	-19,4	8,8
BS20	S20	F	AM	Phalange prox.	175,5	42,6	15,0	3,2	-19,5	9,3
BS26	S26	F	AJ	Phalange prox.	167,5	41,3	14,8	3,2	-19,9	9,3
B_H110	S01c	I	AM	Humérus	18,7	29,3	10,8	3,2	-19,4	9,8
B_H106	S04b	I	adulte	Métatarse	138,2	42,3	15,6	3,1	-19,7	8,8
B_H100	S05a	I	adulte	Fibula	66,4	38,8	14,3	3,1	-19,3	9,4
BS13	S13	I	adulte	Phalange prox.	137,6	45,9	16,8	3,0	-19,1	9,7
BS28	S28	I	adulte	Phalange prox.	116,1	38,6	14,9	2,9	-19,2	6,9
BS30=BS02b	S30=S02b	I	adulte	Phalange prox.	85,6	40,4	14,1	3,3	-19,2	9,0
B_H101	S32	I	adulte	Os longs	41,2	37,5	13,9	3,1	-19,6	9,1
BS35	S35	I	adulte	Phalange prox.	119,9	39,2	14,0	3,2	-19,4	9,8
BS02	S02	M	AJ	Phalange prox.	184,7	42,3	15,5	3,0	-19,1	9,7
BS02c	S02c	M	AM	Phalange prox.	150,3	39,7	14,1	3,2	-19,1	9,6
B_H111	S03c	M	adulte	Crâne	26,5	24,2	8,8	3,2	-19,8	9,4
BS03b	S03b	M	AJ	Phalange prox.	134,2	41,4	14,7	3,2	-19,4	8,6
BS07	S07	M	AM/AV	Phalange prox.	160,6	37,9	13,6	3,2	-19,3	9,3
BS08b	S08b	M	AM	Phalange prox.	170,7	39,5	14,7	3,1	-19,3	8,4
BS09	S09	M	AM	Phalange prox.	153,8	41,8	15,0	3,2	-19,2	9,3
BS11b	S11b	M	adulte	Phalange prox.	79,5	41,0	14,4	3,3	-19,4	9,0
BS16	S16	M	AJ	Phalange prox.	110,4	41,8	14,6	3,3	-19,5	10,1
BS17	S17	M	AJ	Phalange prox.	171,7	45,8	16,7	3,1	-19,2	10,1
BS18	S18	M	AV	Phalange prox.	136,2	43,0	15,7	3,1	-19,4	9,2
B_H104	S19	M	adulte	Crâne	69,1	36,7	13,6	3,1	-19,4	10,0
BS23	S23	M	adulte	Phalange prox.	116,4	46,4	16,4	3,2	-19,3	9,0
BS27	S27	M	adulte	Phalange prox.	125,4	42,6	15,1	3,2	-19,2	9,7
BS34	S34	M	adulte	Phalange prox.	121,9	39,3	13,8	3,3	-19,2	10,0
B_H107	S09b		immature	Métatarse	114,5	42,0	15,7	3,1	-19,8	9,0
B_H108	S10b		immature	Phalange	51,5	39,0	14,3	3,2	-19,6	9,1
B_H105	S21		immature	Crâne	93,4	40,7	14,9	3,2	-19,5	10,2
B_H112	S31i		immature	Fibula	69,2	42,8	15,9	3,1	-19,5	8,9

F : sexe féminin ; M : sexe masculin ; I : sexe indéterminé ; AJ : adulte jeune ; AM : adulte mature ; AV : adulte vieux ; adulte : âge indéterminé ; phalange prox. : phalange proximale de main