

Paléontologie humaine et préhistoire (Paléoanthropologie)

Comportements alimentaires, aspects biologiques et sociaux au Néolithique : le cas du Crès (Hérault, France)

Gwenaëlle Le Bras-Goude^{a,*,d}, Aurore Schmitt^b, Gilles Loison^{c,d}

^a PACEA–laboratoire d’anthropologie des populations du passé (LAPP) UMR 5199, université Bordeaux-1, avenue des Facultés,
33405 Talence cedex, France

^b UMR 6578, adaptabilité bioculturelle, faculté de médecine, secteur Nord, université de la Méditerranée, CS80011,
boulevard Pierre-Dramard, 13344 Marseille cedex 15, France

^c Inrap Méditerranée, base de Montpellier, 54, avenue du Pont-Juvénal, 34000 Montpellier, France

^d TRACES UMR 5608, maison de la recherche, université Toulouse-le-Mirail, 5, allée Antonio-Machado,
31058 Toulouse cedex 9, France

Reçu le 5 juin 2008 ; accepté après révision le 27 octobre 2008

Disponible sur Internet le 11 décembre 2008

Présenté par Philippe Taquet

Résumé

Une étude anthropologique et isotopique (carbone et azote) a été menée sur 49 individus issus du gisement du Chasséen méridional du Crès à Béziers (Hérault), dans l’objectif de confronter les données isotopiques à des paramètres qui peuvent avoir des implications dans la sphère sociale. Les résultats montrent que les variations isotopiques enregistrées au sein de cette population ne sont pas liées à des comportements alimentaires spécifiques en fonction du sexe et de l’âge et ne révèlent pas d’incidence sur la stature. L’étude de l’état sanitaire buccodentaire fait ressortir une attrition élevée liée aux modes alimentaires et une plus forte tendance à l’atteinte des lésions carieuses chez les femmes. **Pour citer cet article : G. Le Bras-Goude et al., C. R. Palevol 8 (2009).**

© 2008 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Dietary behaviour, biological and social aspects during the Neolithic period: The study of the “Le Crès” (Hérault, France) settlement. The aim of this article is to present an anthropological and stable isotope study (carbon and nitrogen) of 49 individuals from the Middle Neolithic population of Le Crès (Béziers, Hérault, France). The age, sex, stature and dental health were compared to the isotopic results to determine the possible relationship between diet and social behaviours. Results show no links between these parameters and the recorded isotopic variability. The study of the dental health shows a high level of attrition, related to the diet and a feminine tendency for caries. **To cite this article: G. Le Bras-Goude et al., C. R. Palevol 8 (2009).**

© 2008 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Mots clés : Néolithique ; Chasséen ancien ; Languedoc ; Anthropométrie ; Isotope stable ; Alimentation ; Usure dentaire ; Carie

Keywords: Neolithic; Chasséen; Languedoc; Anthropometry; Stable isotope; Foodstuff; Dental attrition; Caries

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : hygee2@wanadoo.fr (G. Le Bras-Goude).

Abridged English version

Introduction

An anthropological and isotopic study (carbon and nitrogen) was performed on 49 individuals from the archaeological site of Le Crès (Hérault, Languedoc-Roussillon, France). The aim of this note is to compare isotopic data to biological data such as sex and age, parameters, which have possible links with social behaviour, and to highlight the possible effects of diet on stature and dental health. A preliminary archaeological study (Forest in Larsen [41]) showed an exploitation of herd leads on cattle meat. Different species of mollusk were also discovered on this site and a carpological study (Bouby in Larsen [41]) indicated more wheat than barley. Radiocarbon dates place the site in a margin from 4300 to 4000 BC cal.

Material and method

The site of “Le Crès” revealed many funeral structures with 49 individuals from the *Chasséen* culture. An exhaustive work on study of age, sex, stature and dental health was performed on this osteological series. The preservation state of enamel surfaces was homogeneous in the population. No infectious pathology, which could play a role in the immunity system and could favor carie development, was recorded. In this study, 22 immature and 27 adult subjects were analyzed (Table 1), and 43 of them were sampled for stable isotope ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) analysis. This method allows knowing specific features about the environment in which individuals draw their diet proteins as well as their trophic level.

Results

Cariou damages are present in 5.67% of 547 functional permanent teeth, unlike the deciduous teeth on which no caries are recorded. Among the 23 individuals analyzed, 11 have one carious damage or more (47.83% of the population). Five out of seven women show carie damage while only one out of five men has the same pathology, but this difference is not statistically significant. First molars are more severely worn. As sex and age determination was only available on a small size sample of the population, the analysis of the different degrees of tooth wear according to sex and age was not tested. For the isotopic study, 32 individuals out of the 43 analyzed have an adequate preservation state. Among the bone samples, eight are from women, five from men and five from unsexed individuals. The mean stable

isotope values according to the sex are similar, specifically for $\delta^{13}\text{C}$. The women $\delta^{15}\text{N}$ are on average lower than those of men but this result is not statistically significant (Fig. 1). The adult population sampled and analyzed is composed of three individuals aged from 18 to 39 years old (or less than 40 years old), three older than 40 years old (>40) and 11 mature individuals (Fig. 2). Statistical tests were performed, with and without the atypical human 10b. The results have all the same meaning: absence of significant difference between adult groups according to age. Among children, no significant correlation is revealed for both $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$. Moreover, the comparison of stable isotope values between adults and children reveals no differences. Stature was reevaluated on 17 individuals and among these, five women, four men and three unsexed adults were analyzed. No significant correlation was found between the $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ and the stature among men and unsexed adult groups.

Discussion

In the series, 48% of the individuals have carious damages with an overall frequency between 5.70 and 7.54%. The carie rate of agriculturalist populations ranges from 2.3 to 43% [6,7,10,23,36,69,70], so the frequency recorded in this Neolithic series is rather low but fits with the known variability of farmers. As far as the dental wear is concerned, its severity is probably related to the use of millstones to cook cereals.

The stable isotope results do not suggest a difference between women and men. This has already been demonstrated on other Middle Neolithic groups from the South of France [28,39]. The carie frequency however is more important in women than in men. This difference between sexes is not linked to a specific protein diet [36]. This tendency in modern and archaeological populations is well known: women have a higher sensitivity to carious damages [14,30,55].

Age at death is a parameter difficult to compare with stable isotope values. Some studies have clearly found a relationship between age and stable isotope results in bone collagen. In the series of “Le Crès”, this relationship is not demonstrated, and this result corroborates the record of a high dental wear on deciduous teeth. The range of isotopic values, however, more important in adults than in the children group suggests that the adults probably consumed protein resources in a wider environment. The adults, or at least some of them, may have lived in other environments during their life. This could indicate a migration for economic and/or social reasons. Considering the immature population, the age

is not a parameter influencing the dietary choices of this population.

Link between stature and diet is often highlighted in modern studies. In our series, the relationship between estimated stature and stable isotope values is not relevant but, as with the parameters previously mentioned, the small sample size studied might be responsible for the statistical results.

The biometric and isotopic work performed on the “Le Crès” skeleton series allows us to propose a data set about the biology and dietary behaviours of a Chassean population in the Languedoc region (South of France). The observed isotopic variability does not reflect specific behaviours according to sex and age parameters. The differences in dental damage are probably linked to a feminine tendency or to the low sample size. Dental wear corroborates the isotopic results concerning the absence of a relationship between age groups. Future paths of research emerge from these results, particularly the possible relationship between funeral practices and foodstuff and also the possible migration of a part of the adult set.

1. Introduction

Étudier l'alimentation des populations du passé présente un intérêt majeur pour la compréhension des aspects économiques, sociaux et culturels que l'Homme entretient avec son environnement. Ce type d'étude s'effectue classiquement à travers plusieurs approches principales : l'étude de la faune, mais aussi des restes carpologiques, ainsi que par l'analyse des objets de mouture, de l'outillage lithique et des productions en céramique. De nouveaux modes d'investigation par les méthodes biogéochimiques, comme celle des isotopes stables (carbone et azote notamment) dans le collagène osseux des individus offrent des informations complémentaires. En effet, l'analyse isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) de la matière organique osseuse permet de cerner l'environnement dans lequel s'est déroulé l'acquisition des ressources alimentaires et d'appréhender la place de l'individu dans la chaîne trophique. Cette méthode est d'autant plus pertinente, qu'elle permet d'accéder à la tendance alimentaire individuelle et/ou collective par des informations issues directement de chaque sujet étudié.

Ce type d'approche a été mené sur les restes d'individus provenant du gisement du Crès à Béziers (Hérault), site attribué à la phase ancienne du Chasséen méridional. L'effectif des individus exhumés s'élève à 49 ce qui, dans le Sud de la France, représente le plus important échantillon de population actuellement mise au jour pour cette période.

L'objectif de cet article est double. Il s'agit, d'une part, de confronter les données obtenues par l'analyse isotopique au sexe et à l'âge des individus, deux paramètres qui peuvent avoir des implications dans la sphère sociale et l'état sanitaire buccodentaire général de la population. Cela doit permettre d'approfondir nos connaissances sur la gestion des ressources alimentaires, au sein d'un même groupe humain du Chasséen ancien. D'autre part, nous avons tenté de connaître l'incidence de l'alimentation sur la stature. De plus, le parallèle entre l'état sanitaire de la cavité buccale et les données isotopiques nous permet d'approfondir nos connaissances sur le régime alimentaire de cette population du Néolithique moyen dans le Sud-Est de la France. De tels travaux confrontant ces deux approches sur les séries anciennes sont rares [35,39,63,70].

2. Le site du Crès : contexte archéologique

Ce gisement, situé sur une terrasse de l'Orb, à 4 km au nord-ouest de la ville de Béziers et à environ 24 km de la mer, a fait l'objet de deux campagnes de fouille en 2000 et 2001, dans le cadre de l'archéologie préventive par l'Afan puis l'Inrap. Cent quatre-vingt-neuf structures en fosse rapportables à des installations domestiques et des dépôts funéraires ont été mises au jour. L'étude du mobilier a permis d'attribuer cet habitat à la phase ancienne du Chasséen [44,45]. Les 12 datations radiométriques ont donné une fourchette probabiliste maximale d'occupation comprise entre 4300 à 4000 av. J.C., confirmant les approches chronotypologiques.

Trente de ces structures ont livré les restes de 49 individus inhumés, soit dans des fosses sépulcrales architecturées, confectionnées à des fins exclusivement funéraires, soit dans des fosses, dont certaines de type silo, utilisées ou réutilisées en espace funéraire [38]. L'étude archéozoologique préliminaire des restes osseux (Forest dans Loison et al. [44]) indique une alimentation carnée, exclusivement domestique, basée majoritairement sur les bovins. Parmi les espèces bien représentées sur le site, figurent également les ovicaprinés et les chiens. Les restes de porc et plus encore ceux de faune sauvage sont anecdotiques. Plusieurs types de mollusques ont également été découverts sur le site : majoritairement des moules, mais aussi des huîtres et des coques. Toutefois, leur nombre relativement faible ne traduit au mieux qu'une consommation très occasionnelle, d'autant que la plupart des valves ont servi d'outils de type racloir pour les moules et de pendeloque pour les coques (Forest in Loison et al. [44]). L'étude carpologique (Bouby, *ibid*) montre la présence importante de blé nu (*Triticum aestivum/turgidum*), contrairement à l'orge

nue et au blé amidonnier dont la quantité est relativement faible.

3. Matériel et méthode

3.1. Préambule

La série du Crès est composée de 50 individus dont un seul (Ens sep.18) ne serait pas Chasséen, mais attribué au Néolithique final. L'état de conservation des surfaces de l'émail est homogène dans toute la série. La mauvaise conservation de l'os alvéolaire n'a pas permis l'observation de la parodontose. L'absence des extrémités des os longs de plusieurs individus adultes a empêché la mesure de la stature de ces sujets. Aucune pathologie infectieuse, qui aurait pu jouer un rôle sur l'état immunitaire des individus rendant notamment favorable le développement des caries, n'a été enregistrée.

3.2. Estimation de l'âge et du sexe des individus

Notre corpus est constitué de 22 individus immatures et 27 sujets adultes (Tableau 1).

3.2.1. Détermination du sexe

Le sexe des individus adultes a été déterminé par deux méthodes utilisant les os coxaux. Nous avons employé la méthode de diagnose sexuelle probabiliste (DSP) utilisant des données métriques sur l'os coxal [52] qui est actuellement la méthode la plus fiable. Toutefois, dans certains cas, lorsque le minimum de quatre mesures requis pour l'application de la DSP n'était pas atteint, nous avons appliqué la méthode visuelle élaborée par Bruzek [13].

3.2.2. Estimation de l'âge au décès des individus immatures

Selon le stade de croissance, différentes méthodes ont été appliquées à partir de la maturation dentaire et osseuse. Pour les enfants de moins d'un an, il est préconisé d'utiliser l'âge à partir de la stature [64]. En règle générale, la prise en compte de la croissance osseuse pour estimer l'âge au décès des enfants est fortement déconseillée, mais lorsque le décès est précoce, les facteurs génétiques et environnementaux n'ont pas eu le temps d'influencer le développement biologique d'un individu [60]. La stature a été estimée à partir des équations issues des régressions de Sellier [64] portant sur la longueur diaphysaire. Ensuite, l'âge est estimé en appliquant les régressions logarithmiques d'Olivier et Pineau [54] à partir des données sur la stature.

Pour les individus de plus d'un an, l'âge a été estimé par plusieurs méthodes. L'âge dentaire étant un indicateur plus performant que l'âge osseux, celui-ci a donc été privilégié. Pour l'estimation à partir des dents, la méthode mise au point par Moorrees et al. [50,51] a été appliquée. Toutefois, lorsque les dents étaient absentes ou la minéralisation des dents permanentes complète, l'âge a été estimé à partir de la fusion des points d'ossification secondaire [8].

3.2.3. Estimation de l'âge au décès des adultes

Nous avons appliqué la méthode basée sur la surface sacropelvienne iliaque selon Schmitt [61]. Elle tient compte de la variabilité intra- et interpopulationnelle européenne et privilégie la fiabilité à la précision. La symphyse pubienne a également été utilisée comme indicateur de l'âge en complément de l'estimation à partir de la surface sacropelvienne iliaque [62].

3.3. La stature

Les équations de régression, appliquées à la longueur du fémur, de l'humérus et de la fibula définies par Trotter et Gleser et revues par Cleuvenot et Houët [16] ont permis d'estimer la stature avec une marge d'erreur fiable. Le calcul de la stature des individus adultes a été possible sur 17 individus adultes.

3.4. Les lésions carieuses

La carie est une maladie infectieuse de la dent. Il ne s'agit pas d'une pathologie bénigne dans la mesure où en l'absence de soin, elle donne lieu à un abcès dentaire qui, dans certaines conditions, peut mener au décès [39]. Le système de cotation des caries s'inspire de celui préconisé par Hillson [33]. La lésion carieuse est un indice important pour discuter de l'alimentation des populations du passé [19]. En effet, si l'origine de la lésion carieuse est multifactorielle, la nature du régime alimentaire en est, cependant, le marqueur principal, même si le mode de préparation des aliments et leur texture ont également une influence [55]. Les aliments riches en glucides, comme les céréales, sont fortement cariogènes [33,53]. Elles peuvent être une cause principale de la fréquence élevée des caries chez les agriculteurs, par rapport aux chasseurs-cueilleurs [14].

3.5. L'attrition dentaire

L'usure dentaire permet de discuter, entre autre, les comportements humains liés à la préparation de la nourriture et au régime alimentaire [65]. L'attrition occlusale

Tableau 1

Résultats isotopiques, teneurs élémentaires, C/N, rendements d'extraction, sexe et âge estimés.

Table 1

Stable isotope values, % C and % N, C/N, extraction yield, sex and age assessment from bone remains.

Échantillons	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	% C	% N	C/N	Rendement (mg/g)	Sexe	Âge
S1	-19,3	8,1	39,0	14,2	3,2	45,0	F	>30 ans
S2	-19,0	8,4	35,4	12,5	3,3	28,6	F	20–29 ans
S3a	-19,6	8,4	35,8	12,5	3,3	24,5	I	Adulte
S3b	-	-	-	-	-	-	-	0,7 ans
S3c	-	-	-	-	-	-	I	Adulte
S5a	-	-	-	-	-	-	I	Adulte
S5b	-19,8	8,1	37,1	13,2	3,3	31,7	F	20–39 ans
S5c	-20,6	8,3	37,8	13,8	3,2	24,9	I	Adulte
S5d	-	-	-	-	-	-	-	1,5–2,9
S6	-19,9	7,6	38,6	14,1	3,2	65,0	H	Adulte
S7a	-19,6	7,5	37,2	14,1	3,1	54,7	-	5,2–9,3 ans
S7b	-	-	-	-	-	-	-	6,2–11,3
S8a	-18,6	7,5	29,3	11,7	2,9	42,2	F	Adulte
S8b	-19,3	7,8	35,2	13,5	3,0	54,5	-	6–9,7 ans
S8c	-19,2	7,7	34,4	12,8	3,1	120,2	-	4,3–7,1 ans
S8d	-19,0	6,6	35,2	13,3	3,1	124,0	-	4,3–7,1 ans
S9	-18,6	7,8	35,3	13,8	3,0	30,7	F	Adulte
S10a	-	-	-	-	-	-	I	17–18
S10b	-20,6	11,1	42,0	15,5	3,1	43,9	F	>50 ans
S11a	-19,3	7,6	30,1	11,1	3,1	30,5	-	3,4–6 ans
S11b	-19,5	7,5	39,0	14,3	3,2	45,2	I	Adulte
S11c	-	-	-	-	-	-	-	3,4–6 ans
S12a	-19,3	7,9	40,2	14,8	3,2	87,9	H	Adulte
S12b	-20,0	8,1	36,9	13,2	3,2	17,8	-	5,1–8,6 ans
S12c	-	-	-	-	-	-	I	Adulte
S13	-19,5	6,8	37,0	14,4	3,0	29,9	I	>60 ans
S14	-	-	-	-	-	-	I	Adulte
S15	-19,2	8,5	39,9	14,5	3,2	55,3	I	Adulte
S16	-	-	-	-	-	-	H	Adulte
S19	-19,4	8,6	38,0	13,8	3,2	39,0	-	1,5–2,9 ans
S20a	-19,2	7,3	39,1	14,3	3,2	50,8	-	4,6–7,8 ans
S20b	-19,6	7,5	33,7	12,5	3,1	37,4	-	3,4–6 ans
S20c	-20,0	8,5	37,9	13,7	3,2	41,0	-	3,4–6 ans
S20d	-19,6	9,1	39,1	14,1	3,2	40,8	-	4,6–7,8 ans
S20e	-19,5	8,1	38,3	13,8	3,2	138,7	-	3,4–6 ans
S21	-19,6	8,1	38,8	14,0	3,2	161,3	-	8,4–13,6 ans
S22	-18,9	7,7	36,2	14,5	2,9	22,1	F	Adulte
S23a	-19,3	9,4	29,9	10,7	3,2	37,9	-	6 mois–3 ans
S23b	-	-	-	-	-	-	I	Adulte
S26	-20,1	7,7	39,2	13,3	3,4	28,8	F	Adulte
S27	-	-	-	-	-	-	-	4,3–7,1
S28	-	-	-	-	-	-	I	Adulte
S29	-19,2	8,8	38,5	13,8	3,2	68,5	H	Adulte
S30	-	-	-	-	-	-	F	>40 ans
S31	-18,9	8,5	35,0	13,3	3,1	59,9	I	18–19 ans
S32	-	-	-	-	-	-	I	>60 ans
S33	-	-	-	-	-	-	-	6,2–11,3 ans
S34	-	-	-	-	-	-	H	>40 ans
S35	-19,3	9,1	38,2	13,7	3,2	53,8	H	>40 ans

est enregistrée en cotant l'exposition de la dentine, au fur et à mesure que l'usure progresse. Elle a été enregistrée selon les stades mis au point par Smith [65], légèrement modifiés (regroupement de stades), dans la mesure où la

différence entre les degrés successifs d'usure n'est pas toujours facile à observer. Lorsque certaines dents présentaient des stades d'usure, incompatibles avec le reste de la dentition, elles ont été exclues de l'étude, dans la

mesure où il ne s'agit probablement pas d'une attrition liée à la nourriture, mais d'une abrasion créée par une utilisation de la dentition à des activités non spécifiquement alimentaires.

3.6. Analyses isotopiques

Pour apporter d'autres informations anthropologiques sur les modes de subsistance, nous avons choisi d'étudier le dosage des isotopes stables du carbone et de l'azote dans le collagène osseux. Les rapports isotopiques ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$: $\delta^{13}\text{C}$ et $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$: $\delta^{15}\text{N}$) sont spécifiques chez les végétaux en fonction de paramètres environnementaux (e.g. température) et intrinsèques (e.g. photosynthèse). Les $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ de ces végétaux sont enregistrés dans le collagène osseux du consommateur, mais avec un enrichissement (0–1‰ pour le $\delta^{13}\text{C}$ et 3–5‰ pour le $\delta^{15}\text{N}$) à chaque niveau successif de la chaîne alimentaire [10,21,22,29]. Ainsi, il est possible de connaître certaines caractéristiques de l'environnement dans lequel les ressources protéiniques (e.g. marin, terrestre) ont été puisées ainsi que le niveau trophique de l'individu. L'objectif d'une telle approche est de reconstituer des tendances alimentaires, mais aussi d'appréhender des paléocomportements pouvant être en lien avec des caractéristiques biologiques et/ou socioculturelles. Lorsqu'on s'attache à étudier le tissu osseux, c'est le collagène formé lors des dernières années de la vie du sujet qui est ciblé et l'enregistrement isotopique reflète ainsi une moyenne des aliments consommés durant cette période [4]. Toutefois, la durée de cette période de renouvellement osseux est difficile à préciser [29] et peut varier selon la partie anatomique étudiée et certains paramètres physiologiques du sujet, en particulier l'âge [36,48]. Dans le cas du Crès, l'échantillonnage n'a pas pu être homogène et différents os ont été échantillonnés, mais sur 43 sujets pris en compte, la plupart des ossements sélectionnés sont des os longs et surtout des fibula. Afin de cibler numériquement la variation isotopique de l'environnement dans lequel vivent ces sujets, des échantillons de faunes contemporaines aux sépultures ont également fait l'objet d'analyses. Les espèces sélectionnées ont été déterminées avec fiabilité par l'archéozoologue du site (V. Forest) et l'échantillon de faune ($n = 16$) se compose principalement d'ovicaprins (mouton, chèvre), de bovins et de chiens. De ces ossements, le collagène est extrait grâce à un protocole chimique [9,46]. Les teneurs en carbone et azote et les taux isotopiques sont mesurés à partir 0,5 mg de collagène lyophilisé, par un spectromètre de masse isotopique ISOPRIME de VG Instruments couplé à un analyseur élémentaire NC 2500 Carlo Erba, au département de

géologie et d'océanographie (EPOC UMR CNRS 5805, Bordeaux). La précision analytique est inférieure à 0,3 ‰ pour le carbone et l'azote et les standards utilisés sont la glycine, la caséine et l'acétanilide. Les teneurs en C et en N ainsi que le C/N et le rendement d'extraction sont indispensables pour juger de l'état de conservation de la matière organique extraite et donc de la fiabilité des résultats isotopiques obtenus [1,2,11]. Sur le site du Crès nous nous sommes attachés à ne garder que les échantillons dont le rendement d'extraction est supérieur à 10 mg/g, le C/N compris entre 2,9 et 3,6 [20] et des teneurs élémentaires correctes (en général un % C supérieur ou égal à 30 et un % N supérieur ou égal à 10).

4. Résultats

4.1. L'état sanitaire buccodentaire

Les lésions carieuses sont présentes sur 5,67 % des 547 dents permanentes fonctionnelles de notre série. Aucune carie n'a, en revanche, été répertoriée sur les dents déciduales.

Les pertes *postmortem* des dents sont responsables d'un biais dans le calcul brut de la fréquence des caries. Par conséquent, nous l'avons corrigé par la méthode préconisée par Erdal et Duyar [25]. Le taux de dents cariées dans notre série atteint alors 5,70 %. Mais cette calibration ne tient pas compte des pertes *antemortem* qui interviennent dans le cas d'usure extrême ou d'atteinte carieuse [33]. Au nombre de caries observées ont été rajoutées les caries potentielles qui correspondent à toutes les pertes *antemortem* [37]. Dans ce cas, le taux de dents cariées s'élève à 7,54 %. La fréquence des caries dans notre corpus est donc comprise entre 5,70 et 7,54 %.

Parmi les 23 individus observés, 11 sont atteints d'au moins une lésion carieuse ou davantage, soit un taux de 47,83 %. Cinq femmes sur sept sont atteintes de caries pour seulement un homme sur cinq. Toutefois, ces différences ne sont pas statistiquement significatives (p de Fisher ; analyse dents : $p = 0,76$; analyse individus : $p = 0,39$). Cette prévalence n'est pas liée à l'âge, puisque la répartition par âge des deux groupes est comparable ($p = 0,26$). La chronologie de l'éruption des troisièmes molaires pouvant être tardive et variable entre individus, nous avons exclu cette catégorie de dents de notre analyse sur l'attrition dentaire. Les dents les moins fréquemment atteintes sont les prémolaires. Les premières molaires sont les dents qui sont les plus sévèrement usées. Le stade 2 atteint 35,7 % et le stade 3 s'élève à 32,9 %. L'usure des incisives latérales et des canines, par stade, est équivalente. Le stade 4, le plus sévère est rare ; toutefois, il

atteint 7 % pour les premières molaires et 8 % pour les incisives centrales.

L'effectif des individus dont le sexe et l'âge ont été déterminés étant faible, nous avons préféré ne pas tester la différence des degrés d'usure entre sexes et selon l'âge au décès.

Une usure précoce et sévère de la dentition déciduale a également été mise en évidence. L'observation des données individuelles, en fonction de l'âge, montre une usure progressive et systématique de cette dentition avec l'âge.

4.2. Les données isotopiques

Sur les 43 sujets échantillonnés, 32 possèdent un état de conservation suffisamment correct pour intégrer la discussion et certains d'entre eux ont pu faire l'objet de datations radiométriques. Seuls les résultats de l'état de conservation du collagène osseux et des analyses isotopiques ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) des sujets bien conservés sont présentés dans le tableau suivant (Tableau 1). Chez les sujets humains, le $\delta^{13}\text{C}$ varie de $-20,6$ à $-18,6\text{‰}$ ($-19,5\text{‰} \pm 0,5$) et le $\delta^{15}\text{N}$ de $6,6$ à $11,1\text{‰}$ ($8,1\text{‰} \pm 0,8$). Au sein des animaux herbivores (ovincaprins et bovins), le $\delta^{13}\text{C}$ varie de $-20,4$ à $-18,4\text{‰}$ ($-19,7\text{‰} \pm 0,7$; $n=7$) et le $\delta^{15}\text{N}$ de $6,0$ à $7,3\text{‰}$ ($6,5\text{‰} \pm 0,5$). Enfin, chez les chiens ($n=3$), le $\delta^{13}\text{C}$ s'étend de $-19,6$ à $-19,4\text{‰}$ ($-19,5\text{‰} \pm 0,1$) et le $\delta^{15}\text{N}$ de $7,8$ à $8,1\text{‰}$ ($7,9\text{‰} \pm 0,2$); le détail des résultats obtenus sur la faune et leur analyse sont disponibles dans l'article de Le Bras-Goude et al. [43]. Ces données montrent notamment que l'alimentation protéinique des sujets du Crès est majoritairement composée de ressources issues du milieu terrestre. En effet, la différence de valeurs isotopiques moyennes entre la faune herbivore du site et la population humaine ($0,2\text{‰}$ pour le carbone et $1,6\text{‰}$ pour l'azote) est inférieure à ce que l'on observe entre un prédateur et sa proie [21,22,49]. De plus, les valeurs isotopiques enregistrées dans le collagène osseux des consommateurs de ressources marines sont plus élevées que celles obtenues sur la population du Crès [15]. Ainsi, malgré la proximité du milieu marin et d'eau douce (le site est à environ 24 km de la mer et à côté de l'Orb), les ressources aquatiques n'ont pas ou que peu été consommées, et ce résultat est similaire à ceux obtenus sur d'autres populations côtières du Néolithique dans le Sud de la France [28].

4.3. Comparaison des données isotopiques avec les paramètres biologiques

Dans l'objectif de déceler de possibles relations entre choix alimentaires et composante sociale, deux

paramètres biologiques ont été comparés aux valeurs isotopiques enregistrées. Concernant le genre, l'estimation du sexe à partir des coxaux a pu être réalisé sur 14 sujets adultes. Parmi les sujets échantillonnés, huit sont féminins, cinq masculins et cinq de sexe indéterminé. Les valeurs isotopiques moyennes de l'azote et du carbone pour ces trois catégories sont proches, en particulier pour le carbone. Bien que celle du $\delta^{15}\text{N}$ de la population féminine soit plus faible que les autres sujets adultes, aucune différence statistiquement significative n'est mise en évidence (test- U de Mann-Whitney : $p > 0,05$; Anova de Kruskal-Wallis et test des médianes : $p > 0,05$) (Fig. 1). Ce résultat diffère fortement de ceux de la première étude réalisée sur le Crès [43]. Cette erreur est en partie due à l'attribution au sexe masculin du sujet 10b (sujet qui possède le plus haut $\delta^{15}\text{N}$), alors que ce dernier est en réalité féminin. Lorsque cet « outsider » est exclu de l'analyse statistique, les résultats sont également non significatifs. L'amplitude du $\delta^{13}\text{C}$ enregistré est plus importante chez les sujets féminins ($2,0\text{‰}$) que chez les sujets masculins et indéterminés ($1,0$ et $1,4\text{‰}$). Il en est de même pour le $\delta^{15}\text{N}$, son amplitude est beaucoup plus importante chez les femmes ($3,6\text{‰}$) que chez les autres adultes ($1,5$ et $1,7\text{‰}$). Toutefois, cette observation n'est que le reflet de la présence d'un sujet atypique (10b) au sein de la population féminine. En effet, si l'on exclut ce sujet, l'amplitude des valeurs isotopiques chez les sujets féminins est similaire à celle enregistrée chez les autres adultes. La révision de l'âge au décès des adultes du Crès nous oblige à reprendre les données initialement proposées et prises en compte pour l'étude isotopique [28,44]. Dès lors, l'échantillon analysé se compose de trois adultes entre 18 et 39 ans

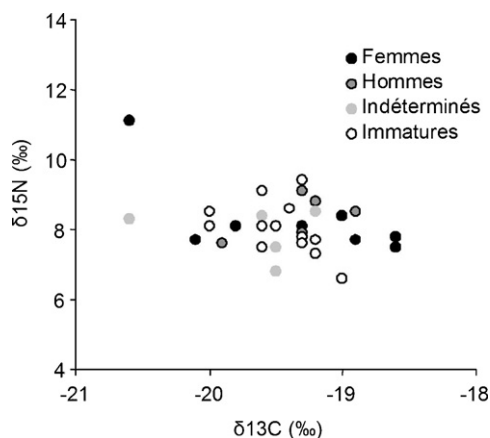


Fig. 1. Valeurs isotopiques du carbone et de l'azote des sujets adultes féminins, masculins et indéterminés et des sujets immatures.

Fig. 1. Stable isotope values (C and N) of adults (male, female, and unsexed) and children.

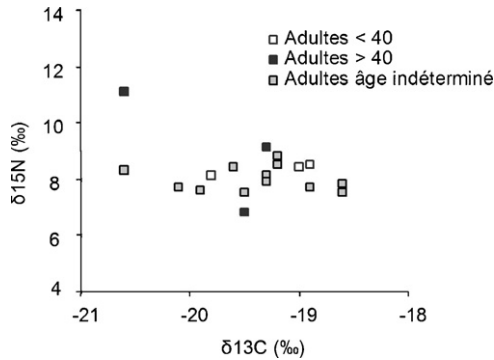


Fig. 2. Valeurs isotopiques du carbone et de l'azote des sujets adultes inférieurs à 40 ans, supérieurs à 40 ans et d'âge indéterminé.

Fig. 2. Stable isotope values (C and N) of adults less than 40 years old and more than 40 years old and of undetermined age.

(ou inférieur à 40 ans), de trois adultes au-delà de 40 ans et de 11 sujets matures dont un au-delà de 30 ans (âge indéterminé) (Fig. 2). Des tests statistiques non paramétriques ont été réalisés, avec et sans l'individu atypique (10b). Les résultats vont tous dans le même sens, à savoir l'absence de différence significative entre les groupes adultes. Les très faibles effectifs de comparaison limitent toutefois cette approche. Au sein de la population immature ($n=14$; le sujet de la sépulture 31 est considéré ici comme socialement adulte), aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence, autant pour le $\delta^{13}\text{C}$, que pour le $\delta^{15}\text{N}$ ($p>0,05$). La comparaison entre les groupes adultes et immatures n'a également pas soulevé de différence significative (selon différents tests non paramétriques, avec et sans les individus spécifiques 10b, 19 et 23). On peut toutefois remarquer que l'amplitude du $\delta^{13}\text{C}$ et du $\delta^{15}\text{N}$ est plus réduite chez les enfants (1,0 et 2,8‰ respectivement), que chez les adultes (2,0 et 4,3‰ respectivement). Parmi les 17 sujets dont la stature a été réévaluée, 12 ont été analysés : cinq femmes, quatre hommes et trois adultes indéterminés. Aucune corrélation statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les valeurs isotopiques enregistrées et la stature estimée chez les hommes et les sujets de sexe indéterminé (Fig. 3). Chez les sujets féminins, on note une corrélation positive ($r^2=0,75$, $p=0,055$) entre la stature et le $\delta^{15}\text{N}$. Cependant, ce résultat est uniquement dû à la présence du sujet atypique 10b, sujet qui a, de plus, la stature la plus élevée parmi la population féminine du Crès.

5. Discussion

Dans la série du Crès, 48 % des individus sont atteints par des lésions carieuses. Leur fréquence est comprise

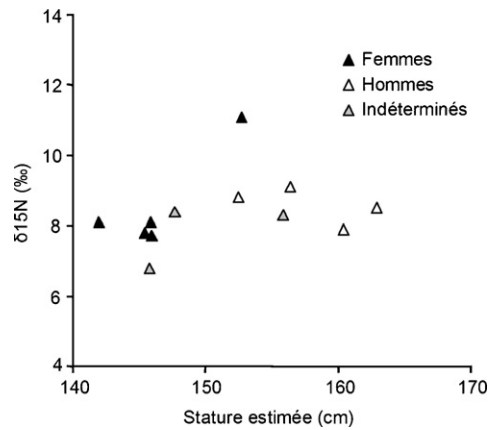


Fig. 3. Valeurs isotopiques de l'azote des sujets adultes en fonction du sexe et de leur stature estimée.

Fig. 3. Stable isotope values (C and N) of adults compared to sex and stature.

entre 5,70 et 7,54 %. Le taux de caries dans les populations agricoles varie, d'après les publications, de 2,3 à 43 % [6,7,12,26,39,69,71]. Si la fréquence issue de notre corpus est incluse dans la variabilité connue des agriculteurs, elle est relativement faible. Parmi les populations qui possèdent un taux élevé d'attrition dentaire, la prévalence des caries a tendance à être basse [33], ce qui est le cas dans notre série.

Le taux, le type et l'orientation de l'attrition dentaire sont liés, en partie, à la nature du mode de subsistance [32]. Il est communément admis que, dans les populations du passé, les groupes de chasseurs-cueilleurs et de premiers agriculteurs présentent une attrition dentaire plus marquée par rapport à celle des groupes pratiquant une agriculture plus intensive et qui ont modifié le mode de préparation des aliments [26,41,47]. Toutefois, certains groupes d'agriculteurs présentent aussi un taux d'attrition sévère, probablement dû au fait que les plantes contiennent plus de particules abrasives que la viande [40], et plus encore, à une nourriture contenant un taux significatif de particules minérales issues de l'outillage de mouture, notamment pour la préparation des céréales, qui accélère la micro-usure des dents [68]. Ces deux aspects, dans notre corpus, peuvent expliquer la sévérité de cette atteinte.

L'ensemble des résultats obtenus sur le site du Crès montre que l'amplitude des valeurs isotopiques du carbone (2,0‰) et de l'azote (4,5‰), au sein de la population humaine, est importante et suggère une consommation d'aliments isotopiquement variés où les ressources carnées sont présentes, toutefois en quantités différentes selon les individus [28,43]. Cette variabilité reflète-t-elle des comportements spécifiques en fonction de paramètres biologiques, considérés dans ce cas

comme facteurs sociaux, et a-t-elle une incidence sur la stature des sujets étudiés ?

Les travaux de DeNiro et Schoeninger [23] ont montré qu'il n'existe pas de différence significative de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ entre les individus de sexe masculin et ceux de sexe féminin, quand l'alimentation est identique. Par conséquent, lorsque des distinctions de valeurs isotopiques sont observées entre les sexes, elles peuvent être interprétées comme des différences de choix alimentaire. Sur la série du Crès, les résultats de notre analyse isotopique ne mettent pas en évidence de différence alimentaire entre les hommes et les femmes ; résultat identique à ce que l'on observe au sein d'autres populations chasséennes, comme celle du Toulousain, relativement proches géographiquement, mais toutefois plus récentes [31,42]. Cependant, la fréquence des caries est supérieure dans le groupe féminin de ce site ; on observe également ce phénomène chez certaines populations actuelles et anciennes, où les femmes ont une susceptibilité supérieure aux caries [17,33,58]. Dans notre cas, cette différence entre sexe n'est pas liée à un régime alimentaire différencié [39].

Pour la période néolithique, peu d'études ont pu confronter des informations concernant le sexe et des données biogéochimiques. Toutefois, sur le site barcelonais de Bòbila Madurell [67], l'étude sur les éléments traces signale l'existence d'une différence de consommation de ressources carnées entre les hommes et les femmes. En ce qui concerne l'âge, c'est un paramètre biologique des plus difficiles à confronter aux données isotopiques. Peu d'études (actualistes et sur des séries archéologiques) ont pu clairement mettre en relation l'âge au décès et les valeurs isotopiques du collagène. Les recherches d'Ambrose [3] sur le rat ont montré une tendance à l'augmentation du $\delta^{15}\text{N}$ dans certains tissus avec l'âge ; hypothèse également évoquée pour une population médiévale, dans laquelle des différences de $\delta^{15}\text{N}$ entre les adultes jeunes et les adultes plus âgés ont été mises en évidence [30]. Par ailleurs, l'observation de l'augmentation avec l'âge du $\delta^{15}\text{N}$, dans une population féminine romaine (I–III^e siècles ap. J.-C.), a été interprétée par les auteurs comme un changement alimentaire au cours de la vie, probablement inhérent à l'évolution du statut social de l'individu [57]. La même observation a été réalisée sur le site médiéval de Berinsfield (Angleterre), où les individus masculins âgés de plus de 30 ans ont des $\delta^{15}\text{N}$ plus élevés que les jeunes adultes [56]. Des exemples ethnologiques appuient également cette hypothèse. Par exemple, au Sénégal, dans certaines populations, le régime alimentaire des hommes âgés est privilégié par rapport à celui des enfants, des femmes et des jeunes adultes [18]. Toutefois, d'autres études

n'ont pas noté de relation particulière entre le $\delta^{15}\text{N}$ et l'âge de l'individu (étude sur les oiseaux d'Hobson et Clark [34] : étude sur une population néolithique en Allemagne de Dürrwächter et al. [24]), ou bien, au contraire, un enrichissement en azote-15, des tissus par rapport à l'alimentation, plus important chez les individus jeunes que chez les sujets adultes (étude sur les renards [59]). L'ensemble de ces résultats indique que les relations entre les mécanismes physiologiques, l'alimentation et l'âge sont très complexes. Malgré cela, le travail de synthèse effectué par Prowse et al. [57] sur les relations entre l'âge au décès et les résultats isotopiques de populations archéologiques, souligne que les différences entre les sujets immatures et les adultes, quand elles sont observées, semblent davantage liées aux modes alimentaires qu'à des phénomènes biologiques. Dans la série du Crès, cet aspect n'a pas été mis en évidence par l'étude isotopique, ce que corrobore l'observation d'une usure importante sur les dents déciduales. Toutefois, l'amplitude des valeurs isotopiques, beaucoup plus importante chez les adultes que chez les immatures, suggère que les adultes ont peut-être acquis leurs ressources protéiniques dans un environnement isotopique plus varié que celui des sujets immatures. Cette observation nous amène à penser que les adultes ont accès à une alimentation plus diversifiée qui peut être liée à des apports alimentaires privilégiés chez certains sujets ou à la fréquentation d'autres environnements au cours de leur vie. Au sein de la population immature, nous n'avons pas constaté de variation des valeurs isotopiques ; l'âge estimé ne semble pas être un facteur influençant les choix alimentaires de cette population. Cette remarque doit toutefois être pondérée. En effet, la distribution des sujets en fonction des classes d'âge est très hétérogène : 11 des sujets immatures étudiés ici ont des âges moyens compris globalement entre cinq et neuf ans, alors que la classe d'âge 10–14 ans n'est représentée que par un individu. De plus, la présence de deux sujets en deçà de 3–4 ans dans l'échantillon de la population analysée est due, d'une part, à la révision de l'estimation de l'âge (sépulture 19) et, d'autre part, à l'échantillonnage d'un sujet immature dont l'âge n'était pas précisé (sépulture 23). Les $\delta^{15}\text{N}$ des enfants des sépultures 23 et 19 sont parmi les plus élevés de la série ; ce résultat pour la classe d'âge 1–4 ans peut être mis en relation avec la présence de collagène formé au cours de l'allaitement [5,27,30].

Concernant la stature, son lien avec l'alimentation a été à plusieurs reprises souligné dans des études actualistes. Menées sur des populations actuelles des îles Cook, les travaux d'Ulijasnek [69] ont montré qu'il existait un accroissement de la taille au fil des générations s'effectuant parallèlement à une évolution des modes

de subsistance et, plus particulièrement, marqué par une augmentation des quantités de viandes consommées. Le lien entre une consommation de ressources carnées et une stature élevée a également été mis en évidence dans plusieurs populations comme, par exemple, chez des chasseurs-cueilleurs de Patagonie [66]. Cette dernière étude signale, en effet, que l'activité physique soutenue et la consommation importante de viande chez les enfants jouent un rôle majeur dans la détermination de leur taille adulte. Dans les populations archéologiques des liens entre la stature et les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ ont déjà été observés. Au sein de la population médiévale de St-Laurent de Grenoble (France), par exemple, Herrscher [30] signale que les individus de petite taille possèdent les plus faibles $\delta^{15}\text{N}$; ce résultat peut être mis en relation avec une alimentation moins riche en protéines animales, ou bien une origine géographique différente de celle du reste de la population [30]. Au Crès, la relation entre la stature estimée et la signature isotopique des sujets ne montre pas de disparité, mais toutefois, de la même manière que pour d'autres paramètres cités précédemment, il ne faut pas négliger l'influence des faibles effectifs étudiés sur l'absence de significativité des résultats. L'origine différente de certains membres de la population du Crès et, par extension, les mouvements de populations possibles, liés à des activités économiques par exemple, sont des hypothèses qui pourraient expliquer les résultats isotopiques atypiques du sujet 10b [31]. Aucune caractéristique biologique n'étaye cependant cette dernière. Nous devons donc nous orienter vers d'autres éléments de discussion, d'ordre archéologique. En l'état actuel des recherches au sein du site du Crès, ni le type de sépulture, ni le mobilier associé ne constituent des arguments pertinents qui permettent de distinguer ce sujet du reste de la population. L'augmentation des échantillons de comparaison (interpopulationnelle) et des données précises en ce qui concerne la différenciation des pratiques funéraires apporteront peut-être des éléments de réponse. Dans ce cas, si des différences isotopiques sont observées, il sera possible de discuter des statuts socioéconomiques locaux et de voir dans quelle mesure des sujets atypiques pourraient « s'identifier » à un groupe humain d'une autre origine géographique. Ces recherches font l'objet d'un travail actuellement en cours.

6. Conclusion

L'étude comparative biométrique et isotopique menée sur le site du Crès nous a permis de proposer un ensemble de données sur la biologie et les comportements alimentaires d'une population chasséenne en

région Languedoc. Ce travail répond aux objectifs fixés démontrant : d'une part, que les variations isotopiques observées ne reflètent pas de comportements spécifiques en fonction du sexe et de l'âge et, d'autre part, qu'aucune incidence de l'alimentation sur la stature n'a pu être enregistrée. Toutefois, malgré le faible effectif de l'échantillon, la fréquence des lésions carieuses semble plutôt affecter la population féminine. En revanche, l'attrition dentaire corrobore les résultats obtenus par l'étude isotopique concernant l'absence de différence entre les groupes d'âge.

Cette étude montre également que, pour obtenir des résultats significatifs, afin de cerner au mieux la variabilité isotopique et biologique d'une population néolithique sur une zone géographique définie, il est nécessaire de disposer d'un plus grand référentiel de sujets et de sites funéraires à étudier. De plus, la systématisation des études anthropologiques (morphométriques et morphoscopiques) ainsi que l'homogénéisation des méthodes utilisées sont pour cela indispensables.

En outre, la présence d'un sujet atypique, tout comme l'ensemble des résultats obtenus sur d'autres sites, nous amènent à orienter également nos recherches sur des questions de nature sociétale, notamment sur la perméabilité des groupes à inclure sporadiquement ou non des apports de population. Pour cela, ces recherches doivent être poursuivies dans un cadre spatiotemporel plus étendu.

Remerciements

Nous remercions Karine Charlier, Isabelle Billy et Philippe Martinez (UMR 5805, Bordeaux), Vianney Forest (Inrap Méditerranée), Estelle Herrscher (UMR 6578, Marseille), Jean Vaquer (UMR 5608, Toulouse), Yves Gleize (Inrap Méditerranée, UMR 5199, Bordeaux) ainsi que l'équipe de l'ACR « Espaces et expressions funéraires au Néolithique moyen dans le monde Pyrénéen et ses marges ». Nous remercions également M. Campagna-Vaillancourt (University of Toronto Mississauga) pour les corrections en anglais, ainsi que les deux *reviewers* de cet article qui nous ont apporté des corrections pertinentes. Ce travail a été réalisé avec le soutien financier du CNRS et d'une bourse doctorale BDI (région Aquitaine et CNRS).

Références

- [1] S.H. Ambrose, Preparation and characterisation of bone and tooth collagen for isotopic analysis, *J. Archaeological Sci.* 17 (1990) 431–451.

- [2] S.H. Ambrose, Isotopic analysis of paleodiets: methodological and interpretative considerations, in: M.K. Sandford (Ed.), Investigation of ancient human tissue. Chemical analyses in anthropology, Gordon and Breach Science Publishers, Langhorne, 1993, pp. 59–130.
- [3] S.H. Ambrose, Controlled diet and climate experiments on nitrogen isotope ratios of rats, in: S.H. Ambrose, M.A. Katzenberg (Eds.), Biogeochemical approaches to paleodietary analysis, 2000, pp. 243–257.
- [4] S.H. Ambrose, L. Norr, Experimental evidence for the relationship of the carbon isotope ratios of whole diet and dietary protein to those of bone collagen and carbonate, in: J.B. Lambert, G. Grupe (Eds.), Prehistoric human bone. Archaeology at the molecular level, Springer-Verlag, Berlin, 1993, pp. 1–37.
- [5] M. Balasse, A. Tresset, H. Bocherens, A. Mariotti, J.-D. Vigne, Un abattage « postlactation » sur des bovins domestiques néolithiques. Étude isotopique des restes osseux du site de Bercy (Paris, France), *Ibex, J. Mountain Ecology/Anthropozoologica* 5 (2000) 39–48.
- [6] S. Beckett, N.C. Lovell, Dental disease evidence for agricultural intensification in the Nubian C-Group, *Int. J. Osteoarchaeology* 4 (1994) 223–240.
- [7] V. Bernal, P. Novellino, P.N. Gonzalez, S. Perez Ivan, Role of wild plant foods among Late Holocene hunter-gatherers from central and North Patagonia (South America), *Am. J. Phys. Anthropology* 133 (2007) 1047–1059.
- [8] R. Birkner, C. Bléry-Lüft, L'image radiologique typique du squelette. Aspect normal et variantes chez l'adulte et l'enfant, Maloine, Paris, 1980, 564 p.
- [9] H. Bocherens, Biogéochimie isotopique (^{13}C , ^{15}N , ^{18}O) et paléontologie des vertébrés : application à l'étude des réseaux trophiques révolus et des paléoenvironnements, Thèse université Paris VI, Paris, 1992, 317 p.
- [10] H. Bocherens, D. Drucker, Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems, *Int. J. Osteoarchaeology* 13 (2003) 46–53.
- [11] H. Bocherens, D. Drucker, D. Billiou, M. Moussa, Une nouvelle approche pour évaluer l'état de conservation de l'os et du collagène pour les mesures isotopiques (datation au radiocarbone, isotopes stables du carbone et de l'azote), *L'Anthropologie* 109 (2005) 557–567.
- [12] S.M. Borgognini-Tarli, E. Repetto, Dietary patterns in the Mesolithic samples from Uzzo and Molara caves (Sicily): the evidence of teeth, *J. Hum. Evol.* 14 (1985) 241–254.
- [13] J. Bruzek, A method for visual determination of sex, using the human hip bone, *Am. J. Phys. Anthropology* 117 (2002) 157–168.
- [14] P. Caselitz, Ancient plague of humankind, in: K.W. Alt, K.W. Rösing, M. Teschler-Nicola (Eds.), Dental Anthropology. Fundamentals, Limits and Prospects, Gustav-Fischer, Stuttgart, 1998, pp. 203–226.
- [15] B.S. Chisholm, D.E. Nelson, H.P. Schwarcz, Stable isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diet, *Science* 216 (1982) 1131–1132.
- [16] E. Cleuvenot, F. Houët, Proposition de nouvelles équations d'estimation de stature applicables pour un sexe indéterminé et basées sur les échantillons de Trotter et Gleser, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 5 (1993) 245–255.
- [17] A. Cucina, V. Tiesler, Dental caries and antemortem tooth loss in the northern Peten Area, Mexico: A biocultural perspective on social status differences among the classic Maya, *Am. J. Phys. Anthropology* 122 (2003) 1–10.
- [18] I. de Garine, S. Hugh-Jones, A. Prinz, Facteurs culturels et choix alimentaires : généralités, in: C.M. Hladik, A. Hladik, H. Pagezy, O.F. Linares, G.J.A. Koppert, A. Froment (Eds.), L'alimentation en forêt tropicale. Interactions bioculturelles et perspectives de développement, U.N.E.S.C.O, Paris, 1996, pp. 805–815.
- [19] T. Delgado-Darias, J. Velasco-Vasquez, M. Armay-de-la-Rose, E. Martin-Rodriguez, E. Gonzalez-Reimers, Dental caries among the Prehispanic population from Gran Canaria, *Am. J. Phys. Anthropology* 128 (2005) 560–568.
- [20] M.J. DeNiro, Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction, *Nature* 317 (1985) 806–809.
- [21] M.J. DeNiro, S. Epstein, Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals, *Geochim. Cosmochim. Acta* 42 (1978) 495–506.
- [22] M.J. DeNiro, S. Epstein, Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals, *Geochim. Cosmochim. Acta* 45 (1981) 341–351.
- [23] M.J. DeNiro, M.J. Schoeninger, Stable carbon and nitrogen isotope ratios of bone collagen: variations within individuals between sexes and within populations raised on monotonous diets, *J. Archaeological Sci.* 10 (1983) 199–203.
- [24] C. Dürrwächter, O.E. Craig, M. Collins, J. Burger, K.W. Alt, Beyond the grave: variability in Neolithic diets in southern Germany? *J. Archaeological Sci.* 33 (2006) 39–48.
- [25] Y.S. Erdal, I. Duyar, Brief communication: A new correction procedure for calibrating dental caries frequency, *Am. J. Phys. Anthropology* 108 (1999) 237–240.
- [26] V. Eshed, A. Gopher, I. Hershkovitz, Tooth wear and dental pathology at the advent of agriculture: New evidence from the Levant, *Am. J. Phys. Anthropology* 130 (2006) 145–159.
- [27] M.L. Fogel, N. Tuross, D.W. Owsley, Nitrogen isotope tracers of human lactation in modern and archaeological populations, Annual Report of Geophysical Laboratory Carnegie Institution of Washington (1989) 111–117.
- [28] G. Goude, Étude des modes de subsistance de populations néolithiques (VI^e–V^e millénaires av. J.-C.) dans le Nord-Ouest de la Méditerranée. Approche par l'utilisation des isotopes stables (^{13}C et ^{15}N) du collagène, Thèse université Bordeaux 1–université de Leipzig, Talence–Leipzig, 2007, 415 p.
- [29] R. Hedges, J.G. Clement, C. David, L. Thomas, T.C. O'Connell, Collagen turnover in the adult femoral midshaft modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements, *Am. J. Phys. Anthropology* 133 (2007) 808–816.
- [30] E. Herrscher, Alimentation d'une population historique. Analyse des données isotopiques de la nécropole Saint-Laurent de Grenoble (XIII^e–XV^e siècle France), *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 15 (2003) 149–269.
- [31] E. Herrscher, G. Le Bras-Goude, Viande, laitage, poissons ou végétaux. Approche biochimique de l'alimentation néolithique en Toulousain, in: J. Vaquer, M. Gandelin, M. Rémicourt, Y. Tchéreminoff (Eds.), Défunts néolithiques en Toulousain, Archives d'Écologie Préhistorique, Toulouse, 2008, pp. 199–208.
- [32] S.W. Hillson, Dental pathology, in: A. Katzenberg, S.R. Saunders (Eds.), Biological Anthropology of Human Skeleton, Wiley-Liss, New York, 2000, pp. 249–286.
- [33] S.W. Hillson, Recording dental caries in archaeological human remains, *Int. J. Osteoarchaeology* 11 (2001) 249–289.
- [34] K.A. Hobson, R.G. Clark, Assessing avian diets using stable isotopes: turnover of ^{13}C in tissues, *The Condor* 94 (1992) 181–188.

- [35] S.H. Hogue, R. Melsheimer, Integrating dental microwear and isotopic analyses to understand dietary change in east-central Mississippi, *J. Archaeological Science* 35 (2008) 228–238.
- [36] S.S. Huja, F.M. Beck, Bone remodeling in maxilla, mandible and femur of young dogs, *The Anatomical Record* 291 (2007) 1–5.
- [37] M.A. Kelley, D.R. Levesque, E. Weidl, Contrasting pattern of dental disease in five early northern Chilean groups, in: M.A. Kelley, C.S. Larsen (Eds.), *Advances in Dental Anthropology*, Wiley-Liss, New York, 1991, pp. 203–213.
- [38] P.-A. Labriffe, G. Loison, V. Léa, A. Hasler, De la fosse au mégalithe, de l'individuel au collectif: les constructions funéraires entre les V^e et IV^e millénaires en Languedoc oriental et en Provence, in: P. Moinat, P. Chambon (Eds.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental*. Actes du colloque de Lausanne (12–13 mai 2006), *Cahiers d'archéologie romande et Société préhistorique française*, Lausanne, 2007, pp. 27–39.
- [39] C. Larsen, R. Shavit, M.C. Griffin, Dental caries evidence for dietary change: An archaeological context, in: M.A. Kelley, C.S. Larsen (Eds.), *Advances in Dental Anthropology*, Wiley-Liss, New-York, 1991, pp. 179–202.
- [40] C.S. Larsen, Biological changes in human populations with agriculture, *Ann. Rev. Anthropology* 24 (1995) 185–213.
- [41] C.S. Larsen, *Bioarchaeology. Interpreting behavior from the human skeleton*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997, 461 p.
- [42] G. Le Bras-Goude, E. Herrscher, J. Vaquer, Variabilité isotopique de populations chasséennes: implications paléalimentaires, in: A. Beeching, J. Vital, E. Thirault (Eds.), *Économie et société à la fin de la Préhistoire. Rencontres méridionales de préhistoire récente, septième session, Lyon–Bron (3–4 novembre 2006)*, *Archives d'Écologie Préhistorique, Lyon–Bron*, (sous presse).
- [43] G. Le Bras-Goude, I. Billy, K. Charlier, G. Loison, Contribution des méthodes isotopiques pour l'étude de l'alimentation humaine au Néolithique moyen méridional: le cas du site Chasséen ancien du Crès (Béziers, Hérault, France), *ANTROPO* 11 (2006) 167–175.
- [44] G. Loison, V. Fabre, I. Villemeur, Le Crès. Habitats préhistoriques en bordure de l'Orb. Structures domestiques et sépulture du Chasséen ancien. Rapport final d'opération, Inrap, Montpellier, 2004, 304 p.
- [45] G. Loison, G. Gedikian, V. Léa, Sépultures et mobilier: le cas Chasséen ancien du Crès à Béziers. Actes de la Table ronde (Carcassonne 2005). Quels bagages pour l'Au-delà? Les mobiliers funéraires du Néolithique moyen en Méditerranée nord-occidentale (sous presse).
- [46] R. Longin, New method of collagen extraction for radiocarbon dating, *Nature* 230 (1971) 241–242.
- [47] D. Lubell, M. Jackes, H. Schwarcz, M. Knyf, C. Meiklejohn, The Mesolithic–Neolithic transition in Portugal: isotopic and dental evidence of diet, *J. Archaeological Sci.* 21 (1994) 201–216.
- [48] R.B. Martin, D.B. Burr, N.A. Sharkey, *Skeletal Tissue Mechanics*, Springer, 1998, 392 p.
- [49] M. Minagawa, E. Wada, Stepwise enrichment of ¹⁵N along food chain: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age, *Geochim. Cosmochim. Acta* 48 (1984) 1135–1140.
- [50] C.F.A. Moorrees, E.A. Fanning, E.E. Hunt, Age variation of formation stages for 10 permanent teeth, *J. Dent. Res.* 42 (1963) 1490–1502.
- [51] C.F.A. Moorrees, A. Fanning, E.E. Hunt, Formation and resorption of three deciduous teeth in children, *Am. J. Phys. Anthropology* 21 (1963) 205–213.
- [52] P. Murail, J. Bruzek, F. Houët, E. Cunha, DSP: a tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hipbone measurement, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 3–4 (2005) 167–176.
- [53] J.M. Navia, Carbohydrates and dental health, *Am. J. Clin. Nutr.* 59 (1994) 719–727.
- [54] G. Olivier, H. Pineau, Détermination de l'âge du fœtus et de l'embryon, *Archives d'Anatomie (La semaine des hôpitaux)* 6 (1958) 21–28.
- [55] M.L. Powell, The analysis of dental wear and caries for dietary reconstruction, in: R.I. Gilbert, J.H. Mielke (Eds.), *The analysis of prehistoric diet*, Academic Press Orlando, Florida, 1985, pp. 307–338.
- [56] K.L. Privat, T.C. O'Connell, M.P. Richards, Stable isotope analysis of human and faunal remains from the anglo-saxon cemetery at Berinsfield Oxfordshire: dietary and social implications, *J. Archaeological Sci.* 29 (2002) 779–790.
- [57] T. Prowse, H.P. Schwarcz, R.S. Saunders, R. Macchiarelli, L. Bondioli, Isotopic evidence for age-related variation in diet from Isola Sacra, *Am. J. Phys. Anthropology* 128 (2005) 2–13.
- [58] E. Reich, A. Lussi, E. Newbrun, Caries-risk assessment, *Int. Dent. J.* 49 (1999) 15–26.
- [59] J.D. Roth, K.A. Hobson, Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissue of captive red fox: implications for dietary reconstruction, *Can. J. Zool.* 78 (2000) 848–852.
- [60] L. Scheuer, S. Black, *Developmental juvenile osteology*, Elsevier Academic Press, Oxford, 2000, 587 p.
- [61] A. Schmitt, Une nouvelle méthode pour estimer l'âge au décès des adultes à partir de la surface sacropelvienne iliaque, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 17 (2005) 89–101.
- [62] A. Schmitt, Une nouvelle méthode pour discriminer les individus décédés avant ou après 40 ans à partir de la symphyse pubienne, *Journal de médecine légale et de droit médical* 51 (In press) 17–24.
- [63] J. Sealy, M.K. Patrick, A.G. Morris, D. Alder, Diet and dental caries among Later Stone age inhabitants of the Cape Province, South Africa, *Am. J. Phys. Anthropology* 88 (1992) 123–134.
- [64] P. Sellier, L'estimation de l'âge des fœtus et des enfants morts en période périnatale: une révision de Fazekas et Kósa (1978). Communication au colloque: croissance et vieillissement. 21^e Colloque du Groupement des anthropologistes de langue française (Bordeaux, 13–15 mai 1993; résumé des communications: p. 45), 1993.
- [65] B.H. Smith, Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalist, *Am. J. Phys. Anthropology* 63 (1984) 39–56.
- [66] P. Soto-Heim, Considérations sur la stature des populations subactuelles de Patagonie et Extrême Sud d'Amérique, *Biométrie humaine et anthropologie* 19 (2001) 257–264.
- [67] M.E. Subirà, A. Malgosa, Análisis químico y de dieta en la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallés Barcelona) Diferencias sociales. Actes I congrés del Neolític a la Península Ibèrica Formació i implantació de les comunitats agrícoles, *Rubricatum Revista del Museu de Gavà* 2 (1996) 581–584.
- [68] M.F. Teaford, J.D. Lytle, Brief communication. Diet-induced changes in rates of human tooth microwear: a case study involving stone ground maize, *Am. J. Phys. Anthropology* 100 (1996) 143–147.
- [69] S.J. Uljasnek, Trends in body size, diet and food availability in the Cook Islands in the second half of the 20th century, *Economics and Human Biology* 1 (2003) 123–127.

- [70] F. Valentin, H. Bocherens, B. Gratuze, C. Sand, Dietary patterns during the Late Prehistoric/Historic period in Cikobia Island (Fiji): insights from stable isotopes and dental pathologies, *J. Archaeological Sci.* 33 (2006) 1396–1410.
- [71] P.L. Walker, B.S. Hewlett, Dental health, diet and social status among central African Pygmies and Bantu. Status among central African foragers and farmers, *Am. Anthropology* 92 (1990) 383–398.