

---

## Stratégies de subsistance et analyse culturelle de populations néolithiques de Ligurie : approche par l'étude isotopique ( $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ ) des restes osseux

*Reconstructing the diets of neolithic humans from two sites in Liguria using bone collagen stable isotope analysis ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ )*

**Gwenaëlle Le Bras-Goude, Didier Binder, Vincenzo Formicola, Christine Couture-Veschambre, Jean-Jacques Hublin, Isabelle Richards et Henri Duday**

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/bmsap/1312>

DOI : [10.4000/bmsap.1312](https://doi.org/10.4000/bmsap.1312)

ISSN : 1777-5469

### Éditeur

Société d'Anthropologie de Paris

### Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2006

Pagination : 43-53

ISSN : 0037-8984

### Référence électronique

Gwenaëlle Le Bras-Goude, Didier Binder, Vincenzo Formicola, Christine Couture-Veschambre, Jean-Jacques Hublin, Isabelle Richards et Henri Duday, « Stratégies de subsistance et analyse culturelle de populations néolithiques de Ligurie : approche par l'étude isotopique ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) des restes osseux », *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* [En ligne], 18 (1-2) | 2006, mis en ligne le 14 juin 2010, consulté le 01 juin 2021. URL : <http://journals.openedition.org/bmsap/1312> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/bmsap.1312>

---



Les contenus des *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

**STRATÉGIES DE SUBSISTANCE ET ANALYSE CULTURELLE DE POPULATIONS  
NÉOLITHIQUES DE LIGURIE : APPROCHE PAR L'ÉTUDE ISOTOPIQUE  
( $\delta^{13}\text{C}$  ET  $\delta^{15}\text{N}$ ) DES RESTES OSSEUX**

**RECONSTRUCTING THE DIETS OF NEOLITHIC HUMANS FROM TWO SITES IN LIGURIA  
USING BONE COLLAGEN STABLE ISOTOPE ANALYSIS ( $\delta^{13}\text{C}$  AND  $\delta^{15}\text{N}$ )**

Gwenaëlle LE BRAS-GOUDE <sup>1, 2</sup>, Didier BINDER <sup>3</sup>, Vincenzo FORMICOLA <sup>4</sup>, Henri DUDAY <sup>1</sup>,  
Christine COUTURE-VESCHAMBRE <sup>1</sup>, Jean-Jacques HUBLIN <sup>2</sup>, Mike RICHARDS <sup>2</sup>

RÉSUMÉ

Depuis environ dix millénaires, l'Homme a appris à gérer et produire ses propres ressources alimentaires. En Ligurie, l'exploitation du milieu marin proche et l'acquisition des techniques agropastorales au moment de la néolithisation (VI<sup>e</sup> millénaire av. J.-C.) sont mises en évidence par les études archéologiques et paléoenvironnementales. Cependant, connaître la prépondérance de l'utilisation d'un milieu par rapport à un autre et l'évolution de ces choix de subsistance, au cours du Néolithique, n'est pas chose aisée. La présence de restes humains (sépultures) et d'animaux (couches d'habitat) a permis l'utilisation de méthodes isotopiques et notamment l'étude du  $\delta^{13}\text{C}$  et du  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène, témoin de l'origine des ressources protéiniques consommées. Cette méthode tente, d'une part, d'appréhender l'importance ou non des protéines d'origine marine dans l'alimentation des premiers agropasteurs et, d'autre part, de cerner les différences alimentaires qui ont pu exister au sein des populations. Deux sites néolithiques côtiers ont fait l'objet de notre étude : Pendimoun (France) et Arene Candide (Italie). Les résultats montrent, entre autres, l'absence de consommation régulière de ressources marines et des différences alimentaires au sein des populations.

*Mots-clés* : alimentation, Néolithique, isotopes stables, Ligurie.

ABSTRACT

*For the last ten millennia humans have learned how to manage and produce their own food resources. In Liguria, the exploitation of the marine and coastal environment as well as the acquisition and use of agriculture and pastoralism at the time of Neolithisation (i.e. 6th millennia BC) are evidenced by both archaeological and palaeoenvironmental studies. However, it is difficult, using these methods, to determine the relative contributions to human diets made by foods from these different sources, especially throughout the Neolithic period. The presence of human burials and animal remains from various sites from this region allows the use of isotopic methods, and in particular the study of the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of bone collagen, which provides information on the sources of dietary protein. This method is able to determine the relative importance of marine foods in the diets of the early Neolithic agriculturalists and pastoralists, as well as indicate dietary differences between contemporary populations. Two coastal Neolithic sites were the subject of our study: Pendimoun (France) and Arene Candide (Italy). The results show, contrary to expectations, the absence of regular consumption of marine resources and the food differences within the populations.*

*Keywords*: diet, Neolithic, stable isotopes, Liguria.

1. UMR 5199, PACEA, Laboratoire d'Anthropologie des Populations du Passé, Université Bordeaux 1, avenue des Facultés, 33405 Talence CEDEX, France, e-mail : hygee2@wanadoo.fr
2. Département d'Évolution Humaine, Institut Max-Planck d'Anthropologie Évolutive, Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig, Allemagne.
3. UMR 6130, Centre d'Études Préhistoire, Antiquités, Moyen Âge, CNRS, Université de Nice, 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France.
4. Département de Biologie, Université de Pise, via A. Volta, 6, 56126 Pisa, Italie.

## INTRODUCTION

La Ligurie (Provence orientale et Ligurie italienne) est une zone géographique importante en ce qui concerne la néolithisation. Elle a, en effet, joué un rôle privilégié dans la transmission, le long des côtes du nord-ouest de la Méditerranée, d'un nouveau savoir-faire et des techniques agropastorales, qui apparaissent à partir du VI<sup>e</sup> millénaire av. J.-C. Pour illustrer ces changements, nous avons choisi d'étudier l'alimentation et son évolution durant le Néolithique, à partir de données individuelles directement obtenues par l'analyse des restes osseux ; cette approche vient compléter les études environnementales et archéologiques déjà réalisées (Binder 2005 ; Maggi 1997). Ces dernières mentionnent qu'au Néolithique ancien l'exploitation des ressources alimentaires est essentiellement dirigée vers les caprinés. La présence de nombreux restes malacologiques atteste cependant de la part non négligeable du milieu marin dans les activités de subsistance (Maggi 1977 ; Desse-Berset, Desse 1999 ; Cade 1999, 2004). Au début du Néolithique moyen, l'étude des restes halieutiques indique une utilisation encore fréquente du milieu marin, mais globalement les activités de pêche, de chasse et de cueillette diminuent de façon importante par rapport à la période précédente (Maggi 1977), au profit des activités pastorales qui se développent (Rowley-Conwy 1997). L'intérêt de notre approche réside dans la mise en évidence de l'influence des différents milieux (marin, terrestre) dans les choix de subsistance au cours des premières phases de néolithisation, mais également de l'influence de facteurs socio-économiques ou culturels au sein des populations étudiées.

## MÉTHODE ET MATÉRIEL

La méthode utilisée est celle du dosage des isotopes stables du carbone et de l'azote ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  :  $\delta^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  :  $\delta^{15}\text{N}$ ) dans le collagène osseux, qui reflète la part protéinique de l'alimentation (Ambrose, Norr 1993). À la base de la chaîne alimentaire, chez les végétaux, les rapports isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) varient en fonction du type de photosynthèse (C3, C4, CAM), de l'environnement (aride, tempéré, marin, terrestre, de plaine ou de sous-bois...) et des espèces (fixatrices d'azote ou non) (Park, Epstein 1960). Ces différences isotopiques se répercutent tout au long de la chaîne alimentaire avec un enrichissement en isotope lourd ( $^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ ) à chaque

maillon du réseau trophique (DeNiro, Epstein 1978). Les différences de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  que l'on observe entre le collagène de deux individus de niveaux trophiques successifs (par exemple de l'herbivore au carnivore) sont généralement de 0,0 à + 1,0 ‰ pour le carbone et de + 3,0 à + 5,0 ‰ pour l'azote (DeNiro Epstein 1978, 1981 ; Minagawa, Wada 1984). L'analyse des  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène osseux nous permet donc de connaître l'environnement dans lequel l'individu puise ses ressources (marin, terrestre, tempéré...) et sa place dans le réseau trophique. Il faut également souligner que l'analyse de restes osseux de différentes espèces de faune du site est indispensable à l'étude de l'alimentation des populations du passé. Celle-ci nous permet de mieux comprendre la relation entre ces dernières et leur environnement. Nous avons réalisé ce travail sur deux sites archéologiques (fig. 1) : l'abri Pendimoun (Castellar, Alpes-Maritimes, France) et les Arene Candide (Savona, Ligurie, Italie).

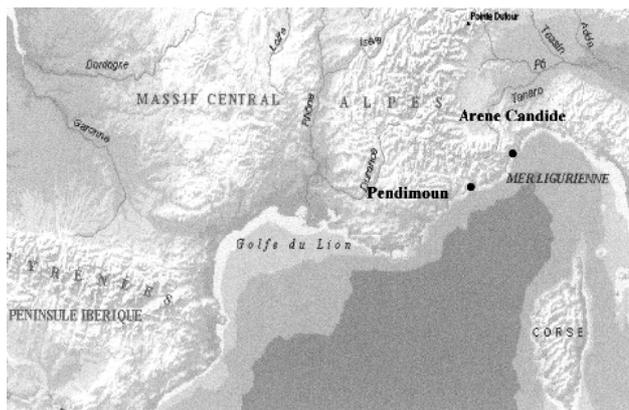


Fig. - Localisation des sites archéologiques étudiés.

Fig. 1—Localisation of the archaeological sites studied.

Le site de Pendimoun est un abri (690 m d'altitude) situé dans la région provençale, proche de la frontière italienne. Les fouilles entreprises ces dernières années ont, entre autres, mis au jour plusieurs sépultures du Néolithique ancien qui sont actuellement les plus anciennes connues pour le Néolithique en Méditerranée occidentale (Binder *et al.* 1993 ; Binder 2003, 2005). Sur ce site, cinq squelettes humains attribués au Néolithique

ancien<sup>5</sup>, ont pu être échantillonnés. Pour la plupart de ces individus, l'étude anthropologique a été réalisée ou est en cours (étude d'H. Duda dans Binder *et al.* 1993 ; étude de L. Courtois : Courtois 2000). L'échantillon de faune<sup>6</sup> comprend 15 pièces osseuses correspondant à des animaux terrestres de régimes alimentaires différents et datés du Néolithique ancien cardial.

Le site des Arene Candide est une vaste grotte (90 m d'altitude), non loin de Finale-Ligure dans la province de Savona, qui a fait l'objet de nombreuses campagnes de fouilles depuis plusieurs décennies : elles ont mis au jour des sépultures allant du Paléolithique supérieur au Néolithique moyen (Maggi 1997). Parmi ces sépultures, nous nous intéresserons plus particulièrement à celles qui sont datées du Néolithique ancien et du Néolithique moyen de la culture des « vases à bouches carrées » (VBQ, V<sup>e</sup>-IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.). Pour ces périodes, dix individus dont l'étude anthropologique a été réalisée au préalable, ont pu être échantillonnés (Parenti, Messeri 1962 ; Formicola 1997, 1999 ; Del Lucchese 1997 ; Canci *et al.* 1999). Ici également un échantillon composé de 13 pièces osseuses, d'animaux domestiques et sauvages terrestres de régimes alimentaires différents, du Néolithique moyen VBQ, complète notre série d'étude. Précisons cependant qu'aucune analyse n'a été réalisée sur les espèces marines du site des Arene Candide mais également de Pendimoun, néanmoins ce travail pourrait être effectué ultérieurement.

L'extraction de collagène et les analyses ont été réalisées dans des laboratoires différents selon les sites archéologiques étudiés. Pour le site de Pendimoun, le collagène des échantillons est extrait selon le protocole établi par Longin (Longin 1971) et réadapté par Brown (Brown *et al.* 1988) et Bocherens (Bocherens 1992). Les

teneurs en carbone et azote et les taux isotopiques sont mesurés à partir de 0,5 mg de collagène, par spectrométrie de masse isotopique, « ISOPRIME », couplée à un analyseur élémentaire NC 2500 Carlo Erba, au laboratoire de Géologie et d'Océanographie (Laboratoire EPOC, UMR-CNRS 5805) de l'Université Bordeaux 1. Le spectromètre de masse possède une reproductibilité sur standard de 0,1 ‰ pour le carbone et l'azote (calculé sur 20 échantillons de standards IAEA). Pour le site archéologique des Arene Candide, le protocole d'extraction du collagène est fondé également sur les travaux de Longin et Brown (Longin 1971 ; Brown *et al.* 1988), mais il tient compte de plusieurs études méthodologiques (Lidén *et al.* 1995 ; Semal, Orban 1995 ; Van Klinken 1999) et plus particulièrement d'une méthode d'ultrafiltration du collagène solubilisé. Cette technique permet de séparer les molécules les mieux préservées dont le poids est supérieur à 30 KDa (Brown *et al.* 1988). Les teneurs en carbone et azote et les taux isotopiques sont mesurés à partir d'1 mg de collagène, par spectrométrie de masse isotopique, « Europa Scientific Roboprep-CN » au laboratoire Iso-Analytical (Sandbach, Angleterre). Le spectromètre de masse possède une reproductibilité sur standard de 0,1 ‰ pour le carbone et l'azote (calculé sur 33 échantillons de standards).

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Les résultats du rendement d'extraction et des compositions élémentaires du collagène nous permettent d'apprécier l'état de conservation de la matière analysée (Bocherens *et al.* 1997). Les échantillons pour lesquels les analyses isotopiques peuvent être interprétées sont ceux dont le rapport C/N est compris entre 2,9 et 3,6 et les quantités de C et N généralement supérieures à 30 % et 10 % respectivement (DeNiro 1985). Dans l'ensemble, le collagène extrait des échantillons des deux sites est bien conservé (*fig. 2*). Cependant, deux échantillons de faune de Pendimoun n'ont pas donné de collagène et un échantillon humain des Arene Candide possède un C/N trop élevé (*tabl. I*). Au final, ce sont les résultats de 13 échantillons humains et 26 échantillons de faune qui ont pu être exploités.

### Les animaux

Il existe une variabilité des valeurs isotopiques au sein de la faune selon les espèces et selon les sites (*tabl. I*).

- 
5. Deux individus féminins (F1 et F2) ont été datés récemment par radiocarbone entre 5450-5350 B.C. cal. (calibré selon Bronk Ramsey 2000) ; deux autres individus sont en cours de datation (H1 et H2). Un échantillon humain issu des premières fouilles effectuées par L. Barral dans les années cinquante, entreposé au Musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco dirigé par P. Simon, a pu être analysé et daté par carbone-14 entre 4780-4700 B.P., soit du début du Néolithique récent de la région.
  6. Les déterminations archéozoologiques ont été effectuées par L. Gourichon (post-doctorant) et D. Helmer (CR-CNRS), Archéorient, Maison de l'Orient et de Méditerranée à Lyon.

Matériau osseux et dentaire		Rendement (mg/g)	% C	% N	C/N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Arene Candide							
1T, homme	Côte	36,2	45,3	15,7	3,4	-19,5	9,4
2T, homme $\approx$ 40 ans	Côte	26,7	41,2	14,0	3,4	-20,4	9,5
3T, enfant 8-9 ans	Côte	68,9	31,8	10,8	3,4	-20,5	8,5
2BB, adulte indéterminé	Côte	11,7	39,9	13,7	3,4	-19,6	8,7
5BB, homme $\approx$ 15 ans	Côte	29,7	42,3	14,5	3,4	-21,1	6,2
6BB, homme	Côte	45,3	50,2	17,4	3,4	-19,7	9,4
7BB, femme	Côte	38,6	34,4	11,7	3,4	-20,4	9,6
9BB, femme	Côte	65,4	45,3	15,7	3,4	-20,0	8,4
<i>Moyenne (n = 10)</i>		<i>35,4</i>	<i>39,1</i>	<i>13,3</i>	<i>3,5</i>	-	-
Suiné 1	Tibia	39,3	55,2	18,7	3,4	-20,4	6,0
Suiné 2	Os long	35,7	47,0	16,4	3,3	-21,1	4,6
Suiné 3	Os long	35,0	47,7	16,1	3,4	-21,6	3,8
Boviné 1	Fémur	24,1	41,1	13,8	3,5	-20,3	4,5
Boviné 2	Tibia	33,8	46,4	15,5	3,5	-19,8	5,1
Mouton 1	Humérus	32,1	42,5	14,3	3,4	-20,7	5,6
Mouton 2	Os long	37,9	47,6	16,1	3,4	-20,2	4,4
Capriné 3	Tibia	24,2	44,0	14,7	3,5	-21,6	4,0
Capriné 4	Os long	6,3	38,7	12,8	3,5	-20,8	4,4
Capriné 5	Os long	48,8	49,7	17,7	3,3	-20,4	6,8
Chevreuil 1	Humérus	14,2	39,8	13,8	3,3	-21,3	3,7
Cerf 2	Omoplate	8,2	43,9	15,2	3,4	-20,5	5,5
Cerf 3	Tibia	39,6	47,4	16,6	3,3	-22,4	4,3
<i>Moyenne (n = 13)</i>		<i>29,2</i>	<i>44,7</i>	<i>15,3</i>	<i>3,3</i>	-	-
<i>Moyenne totale (n = 23)</i>		<i>31,6</i>	<i>41,9</i>	<i>14,3</i>	<i>3,4</i>	-	-
<i>Min.</i>		<i>6,3</i>	<i>31,8</i>	<i>10,8</i>	<i>3,3</i>	-	-
<i>Max.</i>		<i>68,9</i>	<i>55,2</i>	<i>18,7</i>	<i>3,5</i>	-	-
Pendimoun							
F1, sépulture 1, femme	Tibia	43,0	31,0	11,2	3,2	-19,5	8,0
F2, sépulture 2, femme	Tibia	80,0	35,5	12,7	3,2	-20,1	6,8
Humain Néolithique récent	Côte	67,9	38,9	14,3	3,2	-19,9	8,1
H1, homme	Tibia	189,7	41,4	14,9	3,2	-20,0	8,2
H2, homme	Humérus	60,5	38,4	14,1	3,2	-19,8	8,5
<i>Moyenne (n = 5)</i>		<i>88,2</i>	<i>37,0</i>	<i>13,4</i>	<i>3,2</i>	-	-
Cerf 1	Phalange	71,0	32,4	11,9	3,1	-21,3	3,6
Boeuf 402	Métacarpe	153,0	35,6	13,2	3,1	-19,8	4,2
Suiné 352	Phalange	51,0	36,9	13,4	3,2	-20,1	5,1
Chèvre 20 955	Calcanéum	16,0	31,1	11,7	3,0	-19,1	5,1
Blaireau 729	Canine (racine)	150,0	27,7	10,5	3,0	-19,0	7,3
Cerf 21 646	Phalange	172,0	38,6	14,3	3,1	-21,4	3,3
Boeuf 21 192	Sésamoïde	124,0	37,7	14,4	3,0	-19,3	4,8
Boeuf 21 047	Phalange	95,0	34,7	12,8	3,1	-19,3	4,2
Suiné 21 605	Phalange	118,0	37,7	14,2	3,0	-19,6	5,2
Mouton 20 984	Radius	120,0	37,7	13,6	3,2	-20,8	3,8
Mouton 2449	Phalange	54,0	31,5	11,4	3,2	-20,9	4,5
Mouton 3709	Os pyramidal	57,0	34,0	12,0	3,2	-20,0	5,9
<i>Moyenne (n = 13)</i>		<i>89,3</i>	<i>34,2</i>	<i>12,6</i>	<i>3,1</i>	-	-
<i>Moyenne totale (n = 18)</i>		<i>88,8</i>	<i>36,2</i>	<i>13,0</i>	<i>3,2</i>	-	-
<i>Min.</i>		<i>16,0</i>	<i>27,7</i>	<i>10,5</i>	<i>3,0</i>	-	-
<i>Max.</i>		<i>189,7</i>	<i>41,4</i>	<i>14,9</i>	<i>3,2</i>	-	-

Tabl. I - Rendement d'extraction, %C, %N, C/N,  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène des humains et des animaux de Pendimoun et des Arene Candide. T : issu des fouilles de S. Tiné ; BB : issu des fouilles L. Bernabo-Bréa.

Table I—Collagen yield, %C, %N, C/N,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of humans and animals from the sites of Pendimoun and Arene Candide. T: excavations S. Tiné; BB: excavations L. Bernabo-Bréa.

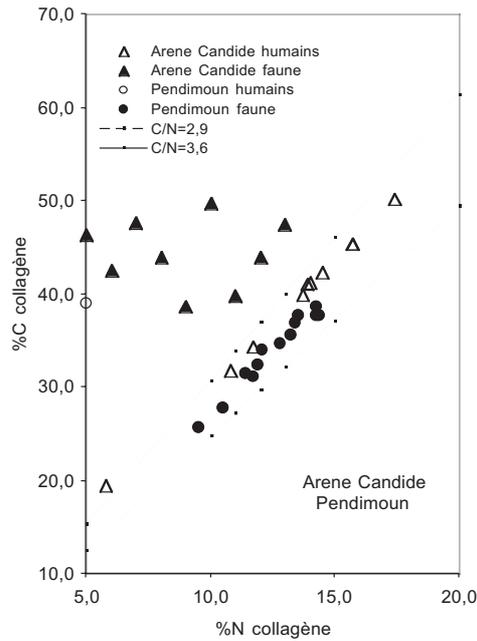


Fig. 2 - Quantités de C et de N (%) préservées dans le collagène des ossements humains et animaux de Pendimoun et des Arene Candide.

Fig. 2—Quantity (%) of C and N preserved in human and animal collagen from Pendimoun and Arene Candide.

Les valeurs observées sont représentatives de l'acquisition de ressources alimentaires en milieu tempéré ouvert ou fermé (Bocherens 1997). Compte tenu du très faible effectif de chaque espèce animale et de distributions

des valeurs isotopiques qui ne suivent pas forcément la loi normale, seuls les médianes et les percentiles 2,5 et 97,5 sont représentés, indiquant 95 % de la variabilité des données (fig. 3, tabl. II).

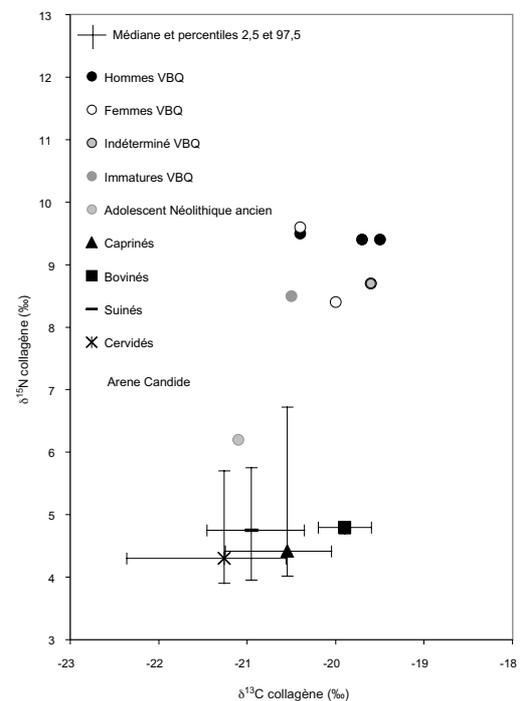
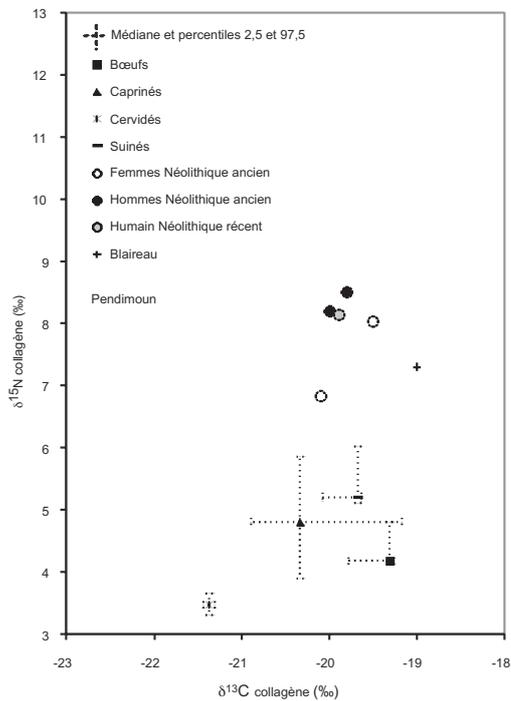


Fig. 3 -  $\delta^{13}C$  et  $\delta^{15}N$  des humains, médianes et percentiles 2,5 et 97,5 des  $\delta^{13}C$  et  $\delta^{15}N$  de la faune des sites de Pendimoun et des Arene Candide.

Fig. 3— $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$  values of humans (medians and 2.5 and 97.5 percentiles) and animals from Pendimoun and Arene Candide.

Espèce	$\delta^{13}\text{C}$ moyenne $\pm 1\sigma$	$\delta^{15}\text{N}$ moyenne $\pm 1\sigma$	$\delta^{13}\text{C}$ médiane	$\delta^{15}\text{N}$ médiane	$\delta^{13}\text{C}$ percentile 2,5	$\delta^{15}\text{N}$ percentile 2,5	$\delta^{13}\text{C}$ percentile 97,5	$\delta^{15}\text{N}$ percentile 97,5
Arene Candide								
Suinés (n = 3)	-21,0 $\pm$ 0,6	4,8 $\pm$ 1,1	-21,0	4,8	-21,5	4,0	-20,4	5,8
Bovinés (n = 2)	-20,1 $\pm$ 0,4	4,8 $\pm$ 0,4	-19,9	4,8	-20,2	4,7	-19,6	4,9
Caprinés (n = 5)	-20,7 $\pm$ 0,6	5,0 $\pm$ 0,7	-20,5	4,4	-21,3	4,0	-20,0	6,7
Cervidés (n = 3)	-21,5 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 0,9	-21,3	4,3	-22,3	3,9	-20,6	5,7
Pendimoun								
Suinés (n = 3)	-19,8 $\pm$ 0,3	5,5 $\pm$ 0,5	-19,7	5,2	-20,1	5,1	-19,6	6,0
Bœufs (n = 3)	-19,5 $\pm$ 0,3	4,4 $\pm$ 0,4	-19,3	4,2	-19,8	4,2	-19,3	4,8
Caprinés (n = 4)	-20,2 $\pm$ 0,8	4,8 $\pm$ 0,9	-20,3	4,8	-20,9	3,9	-19,2	5,9
Cerfs (n = 2)	-21,4 $\pm$ 0,1	3,5 $\pm$ 0,3	-21,4	3,5	-21,4	3,3	-21,3	3,7
Blaireau (n = 1)	-19,0	7,3	-	-	-	-	-	-

Tabl. II - Moyennes et écarts-type, médianes, percentiles 2,5 et 97,5 des  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  des différentes espèces animales de chaque site.

Table II—Means, standard deviations, medians and percentiles (2.5 and 97.5) of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of different species of each site.

### Relations Hommes/animaux

Sur le site de Pendimoun la différence des valeurs isotopiques moyennes que l'on observe entre les humains et la faune est de 0,0 ‰ pour le carbone et de + 3,0 ‰ pour l'azote. Sur le site des Arene Candide, les différences de valeurs isotopiques moyennes entre les humains adultes et les animaux herbivores (bovins et caprinés) sont de + 0,5 ‰ pour le carbone et de + 4,2 ‰ pour l'azote ; celles-ci sont moins amples lorsque l'on compare les humains immatures et les animaux herbivores : - 0,4 ‰ pour le carbone et + 2,5 ‰ pour l'azote. Au premier abord, on peut remarquer que la consommation de ressources marines semble négligeable ou pas assez importante pour être marquée dans le collagène osseux, chez les individus des deux sites archéologiques. En effet, la consommation de ressources marines, enrichies en  $^{15}\text{N}$  et  $^{13}\text{C}$  par rapport aux ressources terrestres, entraîne une augmentation du  $\delta^{13}\text{C}$  dans le collagène osseux plus importante que ce que l'on peut observer sur ces sites (Chisholm *et al.* 1982). Il faut remarquer également, qu'excepté des cas isolés, les différences que l'on observe pour le  $\delta^{15}\text{N}$  entre le collagène des humains et ceux des animaux herbivores domestiques sont au delà de + 3,0 ‰ et plus particulièrement sur le site des Arene Candide. Cette variation est considérable, sachant que les différences de  $\delta^{15}\text{N}$  généralement observées entre le collagène osseux d'un herbivore et d'un carnivore vont de

+ 3 ‰ à + 5 ‰ (Bocherens, Drucker 2003). Plusieurs hypothèses pourraient expliquer les grandes amplitudes de  $\delta^{15}\text{N}$  et les plus faibles amplitudes de  $\delta^{13}\text{C}$ , comme la consommation de protéines d'omnivores ou bien la consommation de protéines issues de ressources dulcicoles (Bonsall *et al.* 2004 ; Müldner, Richards 2005). Concernant les espèces omnivores étudiées sur les sites, seuls les suinés auraient pu être consommés en quantité, mais les valeurs isotopiques de ces derniers sont incluses dans la variabilité de celles obtenues pour d'autres espèces herbivores domestiques et/ou sauvages. La consommation de jeunes suinés<sup>7</sup> est une hypothèse également intéressante et déjà mise en évidence sur des populations archéologiques (Jay, Richards 2005), mais les études archéozoologiques n'attestent pas ce type de pratique. Enfin, la consommation de ressources dulcicoles entraîne généralement des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  plus importantes que celles que nous pouvons observer sur ces sites (Bonsall *et al.* 1997), par conséquent cette hypothèse

7. Non sevrés et se trouvant par conséquent à un niveau trophique supérieur.

ne semble pas convaincante. Pour l'instant, les valeurs isotopiques de l'azote observées dans les populations archéologiques étudiées, et particulièrement celle des Arene Candide, sont en faveur d'une consommation importante de ressources riches en  $^{15}\text{N}$  telles que la viande et les produits laitiers. Les valeurs isotopiques du carbone quant à elles sont en faveur d'une consommation de ressources essentiellement terrestres. De plus, l'étude des éléments traces, menée sur quelques individus du Néolithique moyen du site des Arene Candide, nous apporte des éléments qui semblent conforter cette hypothèse telles que les fortes teneurs en zinc et la faible concentration de baryum par exemple (Francalacci 1988, 1989).

### Les humains : cas particuliers

Même si, au sein de chaque groupe humain, les valeurs isotopiques sont homogènes, quelques individus se distinguent. Sur le site de Pendimoun, malgré le décalage chronologique avéré entre certains individus, seul l'individu féminin du Néolithique ancien de la sépulture 2 (F2) se différencie, principalement au niveau du  $\delta^{15}\text{N}$ , de 6,8 ‰, alors que le  $\delta^{15}\text{N}$  moyen des autres individus est de 8,2 ‰ (n = 3 ;  $1\sigma$  de  $\pm 0,2$ ). Ce résultat peut être dû à une alimentation moins riche en protéines animales notamment<sup>8</sup>. Il est également intéressant de remarquer que cet individu était inhumé dans une fosse dont l'entassement comptait un grand nombre de restes de glands carbonisés (Binder *et al.* 1993). De même, l'observation d'un orifice sur le crâne et d'un resserrement au niveau des poignets et des chevilles conduit à se demander si cette femme n'a pas été mise à mort, ce qui pose la question de son statut par rapport au groupe (étude d'H. Duday dans Binder *et al.* 1993). Sur le site des Arene Candide, un individu, immature (5BB), se distingue également du reste de la population. Le  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène de ce sujet (6,2 ‰) est bien inférieur à celui du reste de la population (9,1 ‰ ; n = 7 ;  $1\sigma$  de  $\pm 0,5$ ), tout

comme le  $\delta^{13}\text{C}$  (de - 21,1 ‰), par rapport aux autres humains du site (- 20,0 ‰ ; n = 7 ;  $1\sigma$  de  $\pm 0,4$ ). Les différences isotopiques entre le collagène de l'adolescent et celui du reste du groupe sont similaires à celles que l'on observe généralement entre des individus de deux niveaux trophiques successifs. Cet individu est particulier dans le sens où il présente un cas de tuberculose osseuse mais il semble avoir eu un traitement funéraire identique aux adultes<sup>9</sup> (Formicola *et al.* 1987) ; précisons également qu'une datation radiométrique réalisée au cours de l'année 2005 révèle que cet enfant est plus ancien que les autres sujets étudiés sur ce site, et daté du Néolithique ancien<sup>10</sup>. L'individu malade<sup>11</sup> a très probablement eu une alimentation beaucoup plus pauvre en protéines animales que les autres humains du site, et peut-être issue de ressources forestières compte tenu de son faible  $\delta^{13}\text{C}$ . En effet, il existe un appauvrissement en  $^{13}\text{C}$  de l'atmosphère dans les zones de sous-bois dû au recyclage du  $\text{CO}_2$  lors de la décomposition de l'humus et à la faible intensité lumineuse (Wickmann 1952 ; Van der Merwe, Medina 1991). Les végétaux de ces milieux ont par conséquent des  $\delta^{13}\text{C}$  plus faibles que ceux des milieux plus ouverts et cette particularité se répercute le long de la chaîne alimentaire. Chez les herbivores par exemple, il est parfois possible de distinguer des animaux sauvages se nourrissant en milieu fermé, d'animaux domestiques se nourrissant en milieu ouvert (Balasse *et al.* 2000). Dans ce cas, les individus dont la majeure partie des protéines est issue de ressources de milieux fermés se distingueront de ceux dont les ressources alimentaires proviennent de milieux plus ouverts (prairies, champs...). Enfin, notons que malgré la faible présence de restes de légumineuses sur ces sites (leur culture est attestée au Néolithique ancien uniquement sur le site de Pendimoun ; étude de P. Marinval dans Binder *et al.* 1993), l'hypothèse de leur consommation, notamment pour les individus F2 et 5BB,

8. Une autre hypothèse est l'influence de paramètres physiologiques, mais leurs modes d'action sur le métabolisme osseux sont mal connus.

9. Ce qui n'est pas le cas pour l'enfant de 8-9 ans, inhumé dans une fosse exempte de cistes (Formicola 1999).

10. L'individu 5BB a été daté à  $6570 \pm 35$  B.P. soit 5559-5476 B.C. cal. ; KIA-28340 (dates B.C. calibrées à deux sigmas selon Stuiver *et al.* 1998 ; CALIB rev 4.3).

11. Les fragments osseux (crânien et de côte) de l'individu tuberculeux, prélevés pour ces analyses et une datation radiocarbone, ont été identifiés et marqués comme appartenant bien aux restes humains de la sépulture 5 des fouilles Bernabo Bréa.

ne doit pas être totalement écartée. Ces végétaux ont en effet des  $\delta^{15}\text{N}$  particulièrement bas en raison de leur utilisation de l'azote atmosphérique à l'aide de bactéries symbiotiques (Mariotti 1982). Ainsi, les consommateurs de légumineuses possèdent des  $\delta^{15}\text{N}$  plus faibles que les consommateurs de végétaux non fixateurs d'azote. La consommation importante de telles ressources a notamment été mise en évidence en Anatolie (Miller 2002) et l'étude isotopique souligne en particulier que les  $\delta^{15}\text{N}$  du collagène osseux des individus néolithiques consommant ces végétaux (pois, lentilles...) sont similaires à ceux des animaux herbivores (Lösch *et al.* 2006).

### Analyse diachronique

Les datations relatives et des datations absolues obtenues par radiocarbone permettent une répartition chronologique fiable des résultats isotopiques. L'homogénéité générale des valeurs isotopiques, observée au sein de chaque site archéologique, indique qu'il existe probablement une « constante » dans les choix de subsistance du Néolithique ancien cardial au Néolithique moyen VBQ, voire jusqu'au Néolithique récent dans cette région. Il est donc probable que les activités cynégétiques, en complément du pastoralisme et de l'exploitation des ressources issues de l'élevage, et plus particulièrement laitières (Helmer, Vigne 2004 ; Helmer *et al.* 2005), dominent les autres activités de subsistance au cours du Néolithique. Cependant, il ne faut pas oublier les nombreux biais aux hypothèses proposées : la nature des sites archéologiques étudiés, les hiatus chronologiques, la modicité du corpus humain étudié et l'absence d'analyse de faune du Néolithique récent.

### CONCLUSIONS

L'étude des isotopes stables du carbone et de l'azote nous a permis d'apporter des informations complémentaires quant à la connaissance et l'évolution des modes de subsistance de populations néolithiques en Ligurie. L'absence d'une consommation prépondérante de ressources marines et l'importance probable des ressources carnées terrestres (viandes, produits laitiers) dans l'alimentation quotidienne, et ce sur plusieurs phases du Néolithique, sont les hypothèses générales qui résultent de ce travail d'analyse. La mise en évidence d'individus « atypiques » au sein de ces populations nous permet d'envisager une variabilité possible des choix de subsistance, répondant probablement à des critères, difficiles à définir pour le moment, pouvant être liés à des différenciations intracommunautaires. L'étude envisagée de nouveaux individus néolithiques en Ligurie nous permettra peut-être de mieux appréhender la variabilité des choix alimentaires et de proposer de nouvelles hypothèses.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'aide de nombreuses personnes : P. Garibaldi et G. Vicino, la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria, R. Maggi, C. Sorrentino, L. Gourichon, K. Charlier, I. Billy, A. Weiske, S. Bösel, G. Taylor, F. Houët, M. Bessou, P. Léon, M. Balasse, E. Herrscher et M. Jay, le CNRS et la région Aquitaine. Nous remercions également les membres du Comité de lecture pour leurs corrections et leurs conseils qui ont permis d'améliorer cet article.

## BIBLIOGRAPHIE

- AMBROSE (S.H.), NORR (L.) 1993, 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, p. 1-37.
- BALASSE (M.), TRESSET (A.), BOCHERENS (H.), MARIOTTI (A.), VIGNE (J.-D.) 2000, Un abattage "post-lactation" sur des bovins domestiques néolithiques, Étude isotopique des restes osseux du site de Bercy (Paris, France), *Ibex, Journal of Mountain Ecology/Anthropozoologica* 5 : 39-48.
- BINDER (D.) 2003, *Castellar-Abri Pendimoun (Alpes-Maritimes), Fouille programmée pluriannuelle, rapport de synthèse 2003*, Service Régional de l'Archéologie de PACA, Valbonne-Sophia-Antipolis, 150 p.
- BINDER (D.) 2005, Les premiers agriculteurs et pasteurs en Provence au VI<sup>e</sup> millénaire av. J.-C., in X. Delestre (éd.), *15 ans d'archéologie en Provence-Alpes-Côte d'Azur*, Edisud, Aix-en-Provence, p. 32-45.
- BINDER (D.), BROCHIER (J.-E.), DUDAY (H.), HELMER (D.), MARINVAL (P.), THIÉBAULT (S.), WATTEZ (J.) 1993, L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes) : nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia Préhistoire* 35 : 177-251.
- BOCHERENS (H.) 1992, *Biogéochimie isotopique (<sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N, <sup>18</sup>O) et paléontologie des vertébrés : application à l'étude des réseaux trophiques révolus et des paléoenvironnements*, Thèse de doctorat, Université Paris VI, 317 p.
- BOCHERENS (H.) 1997, Signature isotopique dans le collagène des os, *Comptes Rendus de la Société de Biologie* 4 : 493-510.
- 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.
- BOCHERENS (H.), TRESSET (A.), WIEDEMANN (F.), GILIGNY (F.), LAFAGUE (F.), LANCHON (Y.), MARIOTTI (A.) 1997, Diagenetic evolution of mammal bones in two French neolithic sites, *Bulletin de la Société Géologique de France* 168: 555-564.
- BONSALL (C.), COOK (G.T.), HEATON (T.H.E.), HIGHAM (T.F.G.), PICKARD (C.), RADOVANOVIC (I.) 2004, Radiocarbon and stable isotope evidence of dietary change from the Mesolithic to the Middle Ages in the Iron Gates: new results from Lepenski Vir, *Radiocarbon* 46: 293-300.
- BONSALL (C.), LENNON (R.), MCSWEENEY (K.), STEWART (C.), HARKNESS (D.), BORONEANT (V.), BARTOSIEWICZ (L.), PAYTON (R.), CHAPMAN (J.) 1997, Mesolithic and Early Neolithic in the Iron Gates: a paleodietary perspective, *Journal of European Archaeology* 5: 50-92.
- BRONK RAMSEY (C.) 2000, *OxCal Program v3.5.*, Radiocarbon Accelerator Unit, University of Oxford, Oxford.
- BROWN (T.A.), NELSON (D.E.), VOGEL (J.S.), SOUTHON (J.R.) 1988, Improved collagen extraction by modified Longin method, *Radiocarbon* 30: 171-178.
- CADE (C.) 1999, La malacofaune marine, in S. Tiné (éd.), *Il Neolitico della caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, Bordighera, p. 51-65.
- CADE (C.) 2004, Malacofaunes méditerranéennes des côtes françaises et ligures, in J.P. Brugal, J. Desse (éds), *Petits animaux et sociétés humaines*, APDCA, Antibes, p. 29-35.
- CANCI (A.), MINOZZI (S.), BORGOGNINI-TARLI (S.M.) 1999, Resti scheletrici umani, in S. Tiné (éd.), *Il Neolitico della caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, Bordighera, p. 304-312.
- CHISHOLM (B.S.), NELSON (D.E.), SCHWARCZ (H.P.) 1982, Stable isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diet, *Science* 216: 1131-1132.
- COURTOIS (L.) 2000, *Etude biologique du site de Pendimoun (Alpes Maritimes)*, Mémoire de DEA, Université Bordeaux 1, 77 p.
- DEL LUCCHESI (A.) 1997, The Neolithic burials from Arene Candide, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence (excavation Bernabò Brea-Cardini, 1940-1950)*, Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, Rome, p. 605-609.
- DE NIRO (M.J.) 1985, Post-mortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios on relation to palaeodietary reconstruction, *Nature* 317: 806-809.

- DE NIRO (M.J.), EPSTEIN (S.) 1978, Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 495-506.
- DE NIRO (M.J.), EPSTEIN (S.) 1981, Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 341-351.
- DESSE-BERSET (N.), DESSE (J.) 1999, Les poissons, in S. Tiné (éd.), *Il Neolitico della caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, Bordighera, p. 36-50.
- FORMICOLA (V.) 1997, The Neolithic transition in western Liguria : the current status of the anthropological research, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence (excavation Bernabò Brea-Cardini, 1940-1950)*, Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, Roma, p. 599-604.
- FORMICOLA (V.) 1999, Una sepoltura infantile del Neolitico medio, in S. Tiné (éd.), *Il Neolitico della caverna delle Arene Candide (scavi 1972-1977)*, Istituto Internazionale di Studi Liguri, Bordighera, p. 313-318.
- FORMICOLA (V.), MILANESI (Q.), SCARSINI (C.) 1987, Evidence of spinal tuberculosis at the beginning of the fourth millennium B.C. from Arene Candide (Liguria, Italy), *American Journal of Physical Anthropology* 72: 1-6.
- FRANCALACCI (P.) 1988, Comparison of archaeological trace element and stable isotope data from two Italian sites, *Rivista di Antropologia* 66: 239-250.
- FRANCALACCI (P.) 1989, Dietary reconstruction at Arene Candide cave (Liguria, Italy) by means of trace element analysis, *Journal of Archaeological Science* 16: 109-124.
- HELMER (D.), GOURICHON (L.), SIDI MAAMAR (H.), VIGNE (J.-D.) 2005, L'élevage des caprinés néolithiques dans le sud-est de la France : saisonnalité des abattages, relations entre grottes bergeries et sites de plein air, *Anthropozoologica* 40 : 167-189.
- HELMER (D.), VIGNE (J.-D.) 2004, La gestion des cheptels de caprinés au Néolithique dans le midi de la France, in P. Bodu, C. Constantin (éds), *Approches fonctionnelles en Préhistoire, XXV<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France (Nanterre, 2000)*, Mémoires de la Société préhistorique française, numéro spécial, p. 397-407.
- JAY (M.), RICHARDS (M.P.) 2005, Diet in the Iron Age cemetery population at Wetwang Slack, East Yorkshire, UK: carbon and nitrogen stable isotope evidence, *Journal of Archaeological Science* 33: 1-10.
- LIDÉN (K.), TAKAHASHI (C.), NELSON (D.) 1995, The effects of lipids in stable carbon isotope analysis and the effects of NaOH treatment on the composition of extracted bone collagen, *Journal of Archaeological Science* 22: 321-326.
- LONGIN (R.) 1971, New method of collagen extraction for radiocarbon dating, *Nature* 230: 241-242.
- LÖSCH (S.), GRUPE (G.), PETERS (J.) 2006, Stable isotopes and dietary adaptations in humans and animals at Pre-Pottery Neolithic Nevalı Çori, Southeast Anatolia, *American Journal of Physical Anthropology* 131: 181-193.
- MAGGI (R.) 1977, Lo strato a ceramiche graffite delle Arene Candide, *Prehistoria Alpina* 13: 205-211.
- MAGGI (R.) 1997, The excavation by Luigi Bernabò Brea and Luigi Cardini of the cave of Arene Candide within the historical context of the study of Prehistory in Italy, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence (excavation Bernabò Brea-Cardini, 1940-1950)*, Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, Rome, p. 31-52.
- MARIOTTI (A.) 1982, *Apport de la géochimie isotopique à la connaissance du cycle de l'azote*, Thèse de doctorat en Sciences Naturelles, Université Paris VI, 476 p.
- MILLER (N.F.) 2002, Tracing the development of the agropastoral economy in southeastern Anatolia and northern Syria, in R.T.J. Cappers, S. Bottema (eds), *The dawn of farming in the Near East, Studies in early Near Eastern production, subsistence, and environment* 6, Ex Oriente, Berlin, p. 85-94.
- MINAGAWA (M.), WADA (E.) 1984, Stepwise enrichment of <sup>15</sup>N along food chain: further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48: 1135-1140.
- MÜLDNER (G.), RICHARDS (M.P.) 2005, Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis, *Journal of Archaeological Science* 32: 39-48.
- PARENTI (R.), MESSERI (P.) 1962, I resti scheletrici umani del Neolitico Ligure, *Paleontografia Italiana* 50 : 1-34.
- PARK (R.B.), EPSTEIN (S.) 1960, Carbon isotope fractionation during photosynthesis, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 21: 110-26.

- ROWLEY-CONWY (P.) 1997, The animal bones from Arene Candide, Final report, in R. Maggi (ed.), *Arene Candide: a functional and environmental assessment of the Holocene sequence (excavation Bernabò Brea-Cardini, 1940-1950)*, Memorie dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, Rome, p. 153-277.
- SEMAL (P.), ORBAN (R.) 1995, Collagen extraction from recent and fossil bones: quantitative and qualitative aspects, *Journal of Archaeological Science* 22: 463-467.
- STUIVER (M.), REIMER (P.J.), BRAZIUNAS (T.F.) 1998, High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples, *Radiocarbon* 40: 1127-1151.
- 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.
- WICKMANN (F.E.) 1952, Variation in the relative abundance of carbon isotopes in plants, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 2: 243-254.