

## Pratiques alimentaires au Bronze ancien en Auvergne : Essai de restitution par l'analyse isotopique

*Dietary practices in Auvergne during Early Bronze Age: An attempt at  
reconstitution using stable isotope analysis*

Estelle Herrscher, Gwenaëlle Goude, Renaud Lisfranc, Vianney Forest et  
Christine Vermeulen

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/pm/782>

ISSN : 2105-2565

### Éditeur

Association pour la promotion de la préhistoire et de l'anthropologie méditerranéennes

### Référence électronique

Estelle Herrscher, Gwenaëlle Goude, Renaud Lisfranc, Vianney Forest et Christine Vermeulen,  
« Pratiques alimentaires au Bronze ancien en Auvergne : Essai de restitution par l'analyse isotopique », *Préhistoires Méditerranéennes* [En ligne], 4 | 2013, mis en ligne le 29 août 2014, consulté le 31 janvier 2021. URL : <http://journals.openedition.org/pm/782>

---

Ce document a été généré automatiquement le 31 janvier 2021.

Tous droits réservés

---

# Pratiques alimentaires au Bronze ancien en Auvergne : Essai de restitution par l'analyse isotopique

*Dietary practices in Auvergne during Early Bronze Age: An attempt at reconstitution using stable isotope analysis*

Estelle Herrscher, Gwenaëlle Goude, Renaud Lisfranc, Vianney Forest et Christine Vermeulen

---

## 1 *Abridged version*

In Auvergne region (Central France), several Bronze Age archeological sites with numerous burials and human remains, discovered these last decades, allowed to conduct research projects on dietary pattern of three human groups excavated on the sites of Chantemerle, Machal/Dallet, and Tourteix/Orcet (63, Puy-de-Dôme, fig. 1). By using carbon and nitrogen stable analysis in bone collagen, our research aims to determine dietary patterns exploring (1) relationships between resources available in the local environment and the protein consumed by humans, and (2) biological and archaeological factors possibly involved in food choices. Moreover, this research aims to determine if the social hierarchy of the deceased, defined by archaeological criteria, is also reflected in the dietary behavior (e.g. difference in meat consumption according to individuals). Forty-nine humans and 22 faunal remains were selected from the three archaeological sites (table 1 and 2). Carbon and nitrogen stable isotope ratios ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) measured in bone collagen are linked to protein consumed (Bocherens 1999).  $\delta^{13}\text{C}$  values allows knowing plants consumed ( $\text{C}_3$  versus  $\text{C}_4$ ) and the environment exploited (aquatic versus terrestrial). Thus it is possible to detect specific cereal consumption, like millet, a  $\text{C}_4$  plant cultivated from the Early Bronze Age (EBA) in Western Europe, and consumed by humans and by animals.  $\delta^{15}\text{N}$  values allows differentiating the consumption of legumes from other plants, the environment exploited (e.g. marine vs. terrestrial), and the trophic level of individuals (e.g. carnivores can be distinguished from herbivores).

- 2 Bone collagen was successfully extracted for all human and animal samples (table 3, 4 and 5). Herbivores (bovid and caprine) have similar  $\delta^{13}\text{C}$  range, when pigs and dogs show values significantly higher. Such difference possibly highlights the exploitation of more open environment by pigs and dogs than by herbivores. As expected, pigs and dogs have the highest  $\delta^{15}\text{N}$ , indicating the animal protein intake in the diet (fig. 2). On the other hand, bovid show specific  $\delta^{15}\text{N}$  values significantly lower than the other species, even than caprine. This result could be explained either by the consumption by caprine of plants enriched in  $^{15}\text{N}$  (e.g. specific winter feeding during animal housing?), either by possible bovid transhumance during summer and therefore their consumption of plants depleted in  $^{15}\text{N}$  (exploitation of acid soil from local volcanic mountains?). Human  $\delta^{13}\text{C}$  values range from -20.5 to -19.2‰ (m; 1 SD, -19.8‰; 0.3‰), and  $\delta^{15}\text{N}$  values from 8.8 to 11.7 ‰ (10.6‰; 0.5‰, fig. 3), without any statistical difference between sites. This result indicates a kind of homogeneous dietary pattern within this area.  $\delta^{13}\text{C}$  values, below -19,5 ‰, underline the “absence” of both marine resources and  $\text{C}_4$  plants in the diet of human and animals. The human  $\delta^{15}\text{N}$  range (ca. 3‰) indicates different proportions of animal protein intake according to the individuals.  $\delta^{13}\text{C}$  values exhibit significant differences according to sex and architecture of tomb that could fit with the highest  $\delta^{15}\text{N}$  values observed for males and deceased buried in well-architected tomb. Although the biological (sex, age at death) and archaeological criteria (architecture, location, grave goods) selected in this study are not statistically linked to  $\delta^{15}\text{N}$  values (table 7, fig. 4A, 4B; fig. 5A, 5B, 5C). Dietary reconstruction proposed on the base of theoretical model (range of isotopic values supposed for the consumers of 100% of such or such animal species) allows us to mention (1) meat consumption mainly turned toward bovid for some individuals (with low carbon and nitrogen values) and (2) meat consumption mainly turned toward pig for several subjects (with the highest carbon and nitrogen values). These results let us think that, at the Early Bronze Age in this region, another criterion than social distinctions might be reflected in the dietary behaviors (i.e. in term of protein intake). Regional comparison, performed thanks to data from north and south Italy (Tafuri et al. 2009), reveals specific dietary patterns according to locations. Indeed, in Italy human groups have food strategy more oriented toward farm resources, and millet consumption is evidenced in northern sites, while human groups from Auvergne have food economy more turned toward herd resources.
- 3 This study has highlighted a food economy probably dominated by local herd resources (meat, milk, cheese) for Early Bronze Age people from Auvergne region, in Central France. Millet does not seem to take part of food economy during this period, as supported by botanical records evidenced by only few millet remains in some EBA sites in Auvergne (Bouby 2000). The nitrogen isotope variability recorded in three human groups could be interpreted as subtle differences in animal protein intake by individuals (bovid versus pig). Most of the time, these differences were not statistically linked to biological and archaeological data chosen for this study. However, we could propose the hypothesis of differential herding (toward caprine, or bovid or pig) according to “families” or social groups, inducing various food choices. Although this research was performed on a relatively large sample, it still based on a single region of France for the EBA period, requiring continuing isotopic investigations on further osteological collections, specifically from late periods of the Bronze Age.
-

## Introduction

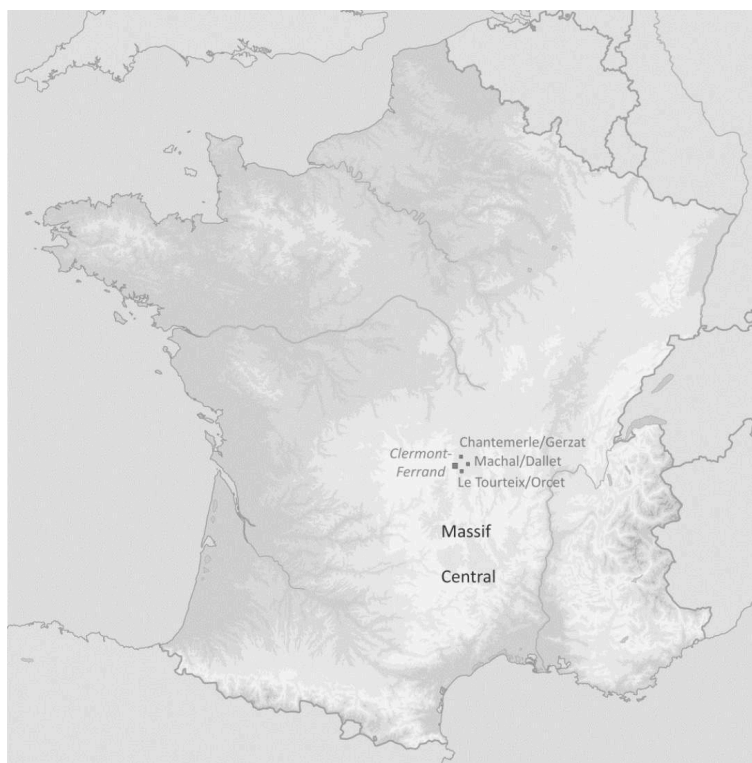
- 4 En France, l'âge du Bronze est une période de la Préhistoire récente dont la définition n'apparaît pas évidente à énoncer que ce soit du point de vue de sa chronologie, de sa culture matérielle que du point de vue des modes de vie des groupes humains tant elle s'enracine dans le Néolithique sans marquer de nette césure (Vital 2008a, Mordant 2008, Gasco 2010). Des changements semblent toutefois s'enregistrer relativement à l'apparition de nouveaux réseaux d'échanges et des spécialisations économiques conduisant progressivement à une société de plus en plus hiérarchisée (Carozza & Marcigny 2007). Ces modifications résulteraient notamment de l'exploitation de matières premières comme les minerais, le sel, et du développement de techniques spécifiques comme la métallurgie (Carozza *et al.* 2009). Certains auteurs y voient également la mise en place d'une véritable économie agro-pastorale, avec une diversification des productions animales et végétales (Chaix 1996, Vital 2008b, Bouby 2011). Toutefois, ces caractéristiques semblent prendre une plus grande ampleur surtout à la fin de cette période (Gasco 2010). De la même façon, les pratiques funéraires de cette période ne semblent pas répondre à une norme, par exemple, les sépultures individuelles côtoient les sépultures plurielles (Dedet 2001, Tchérémissinoff 2003, Tchérémissinoff *et al.* 2010, Gasco 2010, Gleize *et al.* 2013). D'un autre côté, la découverte de sépultures individuelles, bien délimitées dans un espace organisé et associé à des structures funéraires « architecturées et plus ou moins complexes » pourrait témoigner de la présence d'individus de statuts sociaux différents (Vermeulen 2001, Loison 2003). Au cœur des questionnements sur la définition même des sociétés du Bronze en France apparaît également celui de leur alimentation et des pratiques qui y sont associées. L'étude du comportement alimentaire, entre besoins vitaux à satisfaire, disponibilité des ressources alimentaires et choix opérés par les humains en faveur de tel ou tel aliment, constitue une voie de recherche permettant l'exploration des rapports entre les hommes et leur milieu de proximité et des modalités de gestion des ressources végétales et animales. Si les ossements animaux et les restes botaniques ont, jusqu'à présent seuls, contribué à la connaissance de l'alimentation des groupes humains de cette période (Bouby 2000, 2011, Bréhard & Campmajo 2005), il est possible maintenant de compléter ce volet alimentaire par l'étude directe des squelettes humains, et notamment, par l'analyse de leur contenu chimique. En effet, la découverte de nombreux sites archéologiques datés de l'âge du Bronze en Auvergne associés à la présence de squelettes humains a permis d'engager une recherche collective<sup>1</sup> sur les comportements alimentaires de trois groupes humains découverts sur les sites de Chantemerle à Gerzat, de Machal à Dallet et du Tourteix à Orcet (63, Puy-de-Dôme).
- 5 L'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote contenus dans la fraction organique des tissus squelettiques constitue une approche utilisée en routine depuis maintenant une trentaine d'année. Elle est appliquée à toutes les périodes préhistoriques et historiques dans toutes les régions du monde (e.g. Bocherens *et al.* 1991, Katzenberg *et al.* 1995, Herrscher 2003, Drucker & Henry-Gambier 2005, Lössch *et al.* 2006, Hu *et al.* 2006, Le Bras-Goude *et al.* 2009, 2010, Herrscher & Le Bras-Goude 2010, Valentin *et al.* 2010, 2011). Les applications aux séries protohistoriques restent toutefois plus restreintes pour le moment (e.g. Honch *et al.* 2006, Tafuri *et al.* 2009, Hollund *et al.* 2010) et aucune n'a, jusqu'à présent, été réalisée sur du matériel découvert en France.

Ainsi, par l'analyse des isotopes stables ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ), l'objectif de cette recherche est de restituer les tendances des régimes alimentaires de plusieurs groupes humains datés du début de l'âge du Bronze ancien en Auvergne. Une telle approche, développée à l'échelle individuelle, permet, également, d'apprécier la variabilité des pratiques alimentaires au sein des groupes humains et de l'analyser en regard de critères biologiques (âge, sexe, état sanitaire) et archéologiques (structure de la tombe, pratique funéraire, mobilier) offrant, ainsi, la seule possibilité de discuter l'impact des facteurs sociaux et culturels sur les choix alimentaires opérés par les hommes.

## L'Auvergne une région cloisonnée, riche en sites archéologiques

- 6 L'Auvergne se situe dans le Massif central, limitée à l'Ouest par le Limousin et au Sud par les Causses. C'est une région où les voies de communications ne sont pas aisées et qui apparaît cloisonnée avec une entrée majeure vers le nord, soumise aux influences septentrionales. L'Auvergne présente d'importants contrastes paysagers découvrant des plaines plus ou moins vallonnées, entre 200-500 m, jusqu'à 1100 m, une zone semi-montagneuse et montagneuse avec un accès soit à des zones de pâturages ou encore à des zones forestières (Loison 2003). Plusieurs opérations archéologiques réalisées dans cette région ont permis de mettre au jour de nombreux sites d'habitats et squelettes humains (Loison 2003, Vermeulen 2001, Darteville *et al.* 2004) pour lesquels un important travail sur la typo-chronologie de l'âge du Bronze a été réalisé (Vital 2008b 2012). Dans le cadre de cette recherche trois sites archéologiques fouillés dans cette région, ayant livré des restes humains, ont été sélectionnés. Il s'agit des sites de Machal à Dallet, du Tourteix à Orcet (Loison 2003) et de Chantemerle à Gerzat (Vermeulen 2001) situés dans un rayon de moins d'une dizaine de km (fig. 1).

## 1. Localisation des sites archéologiques de Chantemerle, du Tourteix et de Machal en Auvergne (63, Puy-de-Dôme)



- 7 La fouille du lieu-dit de Chantemerle à Gerzat (63, Puy-de-Dôme), réalisée par l'AFAN en 2000, sous la direction de C. Vermeulen, a mis en évidence une occupation du site à vocation funéraire, datée de l'âge du Bronze ancien, sur une surface d'environ 6000 m<sup>2</sup>. Les quatre datations radiocarbone effectuées sur des squelettes (Vermeulen 2001), suggèrent l'utilisation de cette nécropole durant presque cinq siècles, entre la fin du III<sup>e</sup> millénaire et la moitié du II<sup>e</sup> millénaire. Les 72 sépultures mises au jour attestent d'une structuration différentielle de l'espace en plusieurs temps comme en témoignent les ensembles funéraires distincts identifiés. Le premier ensemble, isolé par rapport à l'ensemble funéraire principal, est le plus ancien. Daté entre 2138 et 1884 cal BC (2 sigma), il regroupe sept sépultures sur une surface de 150 m<sup>2</sup>. L'ensemble funéraire principal, plus récent, regroupe 65 sépultures installées à la périphérie et au centre de sept enclos funéraires. Les deux datations radiocarbone réalisées sur des squelettes donnent des intervalles calendaires suivants compris entre 2111-1833 cal BC et 1877-1415 cal BC. L'implantation de ces enclos, de plan circulaire et ovale, décrit un alignement suivant un axe est-ouest. Les sépultures centrales au sein des enclos funéraires contiennent des individus de sexe masculin (Lisfranc *in* Vermeulen 2001). Quant aux autres sépultures, elles sont installées en périphérie des enclos ou recoupent les fossés des enclos funéraires. En position plus ou moins contractée, les squelettes sont déposés soit dans des fosses colmatées, des structures présentant des aménagements en pierre ou en encore dans des jarres pour les immatures. Concernant le mobilier, deux poignards ont été découverts dans deux tombes, associés à des sujets de sexe masculin, et deux alènes dans deux tombes associées à des sujets féminins. Des éléments de parure, ont été retrouvés dans cinq tombes sans qu'un sexe prédomine pour les sujets concernés. L'analyse anthropologique réalisée sur les 72 sépultures a permis d'identifier 83 sujets, dont 47 sujets adultes et 36 immatures (Ubelaker, 1989).

L'analyse morphologique et morphométrique des os coxaux a permis d'estimer un sexe féminin pour 19 des 47 sujets adultes et un sexe masculin pour 26 d'entre eux (Bruzek 2002, Murail *et al.* 2005). Avec 43 % de sujets immatures et une légère prédominance masculine, il paraît difficile d'évoquer un recrutement particulier de la population. La population inhumée est probablement issue de la communauté vivant à proximité. L'étude de l'état sanitaire de la série est en cours, elle comprend l'analyse des différentes lésions classiquement étudiés : les lésions bucco-dentaires, les indicateurs de stress, les lésions traumatiques et infectieuses ainsi que les marqueurs d'activités.

- 8 Le site du Tourteix est localisé sur une terrasse fluvio-glaciaire de la commune d'Orcet (63, Puy-de-Dôme). Il a été fouillé par l'AFAN entre 1981-1985 (Loison 2003). Trois secteurs ont été fouillés. Une datation radiocarbone sur charbon place ce site entre 2098 et 1710 cal BC (95 %) (Loison 2003: p. 112). C'est dans le secteur 3 qu'une sépulture a été mise au jour à la périphérie des structures d'habitat. Il s'agit d'un sujet féminin inhumé en position ventrale membres inférieurs repliés dans une fosse circulaire (Loison 2003: p. 16).
- 9 Le site de Machal, dans la commune de Dallet, a été découvert en 1990 et fouillé par l'AFAN sur une superficie de 4 ha. Trente structures funéraires ont été mises au jour parmi lesquelles 11 ont été analysées dans le cadre de cette recherche (Loison 2003: p. 18-23 et p. 38-39). Contrairement aux sites précédents, les sépultures coexistent avec les structures d'habitat sans qu'il soit possible d'identifier une zone funéraire spécifique. Les sépultures semblent situées en périphérie des structures d'habitat, elles sont isolées ou regroupées par groupes de trois ou quatre. La datation radiocarbone place ce site entre 1850-1550 cal BC (Loison, 2003: p. 23). La majorité des défunts est en position latérale, membres inférieurs repliés. Plusieurs types de structures ont été identifiés. Il s'agit de fosses colmatées, de deux fosses silos et de sépultures présentant des aménagements en pierre, avec un dallage inférieur avec probablement la présence d'un contenant en matériau périssable. Des aménagements similaires à ce dernier type ont également été mis en évidence sur le site de Chantemerle (Lisfranc inédit).
- 10 Pour cette étude, 49 sujets humains adultes ont été sélectionnés : ils se répartissent en 18 sujets estimés de sexe féminin, 17 de sexe masculin et 14 de sexe indéterminé (tabl. 1). Les caractéristiques isotopiques de l'environnement immédiat fréquenté par les hommes sont définies à partir de 22 restes animaux mis au jour sur les sites de Chantemerle, de Machal et du Tourteix. L'échantillon d'ossements de faune, constitué uniquement d'espèces domestiques, comprend : 4 bovins, 9 ovicaprins, 7 porcs et 2 chiens (tabl. 2).

Tableau 1. Nombre de sujets adultes humains, selon l'âge au décès, le sexe et le site archéologique

Sites	Féminin	Masculin	Indéterminé	Adulte jeune	Adulte	Adulte Agé	TOTAL
Chantemerle	15	17	5	6	25	6	37
Machal	2	0	9		11		11
Le Tourteix	1	0	0		1		1
TOTAL	18	17	14	6	37	6	49



Tableau 2. Nombre d'animaux par groupe selon le site archéologique

Sites	Bovin	Ovicaprin	Porc	Chien	TOTAL
Chantemerle		3	2	1	6
Machal	2	3	2		7
Le Tourteix	2	3	3	1	9
TOTAL	4	9	7	2	22

## Les marqueurs isotopiques : un outil pour reconstruire l'alimentation du Passé

- 11 Depuis maintenant une trentaine d'année, les marqueurs isotopiques constituent des outils probants qui permettent de cerner et de décrire les comportements alimentaires du Passé en caractérisant l'origine des différents types d'aliments consommés (e.g. Katzenberg & Saunders 2008, Bocherens 1999). Les tissus osseux enregistrent dans leur composition la nature des aliments à partir desquels ils se synthétisent. Plus particulièrement, les teneurs isotopiques en carbone et en azote ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) contenues dans le collagène des ossements sont liées à la nature des protéines ingérées (Bocherens 1999). La plasticité de l'os lui permettant de se renouveler tout au long de la vie de l'individu, les teneurs enregistrées rendent compte des protéines consommées au cours des dix dernières années de la vie chez le sujet adulte (Hedges *et al.* 2007). Les ressources alimentaires, et notamment celles des premiers maillons des chaînes trophiques, comme les végétaux, conditionnent les teneurs isotopiques de l'ensemble des maillons qui leur succèdent.

### Distribution relative des valeurs isotopiques en carbone et en azote au sein des chaînes alimentaires

- 12 La majorité des végétaux présentent des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  comprises entre -34 et -22 ‰ en raison du cycle photosynthétique qu'ils empruntent : le cycle de Calvin-Benson, encore appelé la photosynthèse en  $\text{C}_3$ . D'autres plantes présentent des valeurs isotopiques en carbone plus élevées, comprises entre -19 et -6 ‰, car elles empruntent un autre cycle photosynthétique en  $\text{C}_4$ , le cycle de Hatch-Slack (Smith & Epstein 1971, DeNiro & Epstein, 1978, van der Merwe 1982). Parmi les plantes alimentaires en  $\text{C}_4$ , certaines ont joué un rôle important dans l'histoire de l'alimentation des hommes, il s'agit du maïs en Amérique (van der Merwe & Vogel 1978, Katzenberg *et al.* 1995) et du millet en Chine et en Italie (Hu *et al.* 2006, Tafuri *et al.* 2009). Les plantes aquatiques marines peuvent présenter des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  également plus élevées (-18 et -10 ‰) comparativement aux plantes terrestres en  $\text{C}_3$  en raison d'une différence des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  entre la source de carbone terrestre ( $\text{CO}_2$  atmosphérique ~ -8 ‰) et aquatique ( $\text{CO}_2$  dissous ~ 0 ‰) utilisée (Tauber 1981, Chisholm *et al.* 1982, van der Merwe 1989).
- 13 Selon le milieu, les organismes vivant vont présenter des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  différentes (Delwiche & Steyn 1970). Certains végétaux peuvent fixer directement l'azote atmosphérique, ce sont les légumineuses, comme les fèves, les vesces, les haricots (Mariotti *et al.* 1980). Leurs valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  sont proches de 0 ‰ (Virginia & Delwiche 1982, Hastorf & DeNiro 1985). Les autres végétaux, non-fixateurs d'azote, utilisent l'azote minéral du sol. Ces végétaux présentent des valeurs comprises entre 0 et 6 ‰



(Virginia & Delwiche 1982, Hastorf & DeNiro 1985, Handley & Raven 1992). La consommation de légumineuses en Anatolie au cours du Néolithique, que ce soit pour les animaux ou pour les hommes, a déjà été mise en évidence par des études isotopiques (Lösch *et al.* 2006). En milieu aquatique, les teneurs isotopiques des nitrates sont plus élevées qu'en milieu terrestre, consécutivement les plantes marines (végétaux supérieurs) présentent des valeurs plus élevées qu'en milieu terrestre, avec un  $\delta^{15}\text{N}$  proche de 7 ‰ (Heaton 1987, DeNiro 1987). Le collagène des espèces herbivores en milieu terrestre présente des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  globalement comprises entre 2 et 7 ‰ et celles des carnivores souvent comprises entre 7 et 12 ‰. Les vertébrés de milieu marin présentent des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  généralement comprises entre 12 et 22 ‰, selon leur régime alimentaire (DeNiro & Epstein 1981, Schoeninger & DeNiro 1984). De nombreux auteurs ont également mis en évidence le rôle de certains milieux, comme le littoral, la steppe ou le désert, la forêt ou les sous-bois, dans la modification locale des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  des substrats et des plantes et donc consécutivement des tissus des consommateurs (Virginia & Delwiche 1982, Heaton 1987, Ambrose & DeNiro 1986, Heaton 1987, Sealy *et al.* 1987, Ambrose 1991, Rodière *et al.* 1996, Britton *et al.* 2008). C'est pourquoi, les valeurs présentées ci-dessus ne constituent pas des références absolues et qu'il est nécessaire, pour chaque étude, de caractériser les valeurs isotopiques de plusieurs maillons de la chaîne trophique locale et contemporaine de la population humaine étudiée.

- 14 Un fractionnement isotopique en carbone et en azote s'opère entre deux maillons successifs d'une chaîne trophique. Il correspond à un enrichissement en isotope lourd à chaque saut trophique, soit un enrichissement en  $^{13}\text{C}$  entre 0 et 1 ‰ (Minson *et al.* 1975, DeNiro & Epstein, 1978, Schoeninger & DeNiro 1984, Bocherens & Drucker 2003) et un enrichissement en  $^{15}\text{N}$  entre 3 et 5 ‰ (DeNiro & Epstein 1981, Minagawa & Wada 1984, Schoeninger & DeNiro 1984, Bocherens & Drucker 2003, O'Connell *et al.* 2012). Les différentes ressources protéiniques de la chaîne alimentaire locale sont définies grâce à l'analyse isotopique du collagène des ossements animaux, qu'ils soient domestiques ou sauvages. La contribution relative des différentes ressources alimentaires dans l'alimentation humaine est identifiée *in fine* sur la base de ces fractionnements isotopiques.

## La mesure des rapports isotopiques

- 15 Les signatures isotopiques correspondent au rapport de l'isotope lourd ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) sur l'isotope léger ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ) de l'échantillon comparé au même rapport d'un standard international<sup>2</sup>. Ces différences étant très faibles, elles sont exprimées en pour mille (‰). Les dosages de cette étude ont été réalisés sur un spectromètre de masse isotopique couplé à un analyseur élémentaire EA-IRMS (Europa Scientific 20-20, Iso-Analytical Ltd, UK). Les abondances isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) sont mesurées en alternance avec des standards (IA-R042, IA-R045, IA-R005, IA-R006). La reproductibilité des résultats, évaluée à partir des standards, est de 0,1 ‰ pour le  $\delta^{13}\text{C}$  et le  $\delta^{15}\text{N}$ . Le collagène a été extrait en suivant le protocole établi par Longin (1971) et modifié par Bocherens et collaborateurs (Bocherens *et al.* 1991).

## Que peut nous apporter l'analyse des compositions isotopiques en carbone et en azote dans le contexte de l'âge du Bronze en Auvergne ?

- 16 L'analyse des compositions isotopiques en carbone permet de préciser à la fois la nature des végétaux consommés (plantes en C<sub>3</sub> ou en C<sub>4</sub>) et le type d'environnement dans lequel ils ont été puisés (terrestre/marin). Pour la période qui nous intéresse, il est ainsi possible de distinguer la consommation de plantes en C<sub>3</sub> de celle de plantes en C<sub>4</sub>, comme par exemple le millet; ou encore, la consommation de viande d'herbivores ayant consommé des plantes en C<sub>3</sub> ou en C<sub>4</sub>. Quant à l'analyse des compositions isotopiques en azote, elle permet de cerner la nature des végétaux (consommation de légumineuse) et le milieu dans lequel l'individu puise ces ressources (terrestre/aquatique). En plus d'une estimation de l'aspect qualitatif des aliments consommés, les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  permettent de cerner la quantité des protéines animales consommées en distinguant les sujets les plus végétariens des sujets carnivores ou piscivores.

## Résultats

- 17 L'extraction des collagènes, les mesures élémentaires et isotopiques ont été réalisées avec succès pour l'ensemble des échantillons humains et animaux (tabl. 3 et 4 : données individuelles ; tabl. 5). Tous supérieurs à 10 mg/g, les rendements sont compris, pour les animaux, entre 14,9 et 111,9 mg/g (moyenne , 1 écart-type ; 56,6 mg/g ; 28,1 mg/g, N = 22) et, pour les humains, entre 15,6 et 155,4 mg/g (72,9 mg/g ; 39,1 mg/g, N = 49). Les teneurs élémentaires en carbone sont supérieures à 36,3 % pour les animaux et à 31,5 % pour les humains. Les teneurs élémentaires en azote sont supérieures à 13 % pour les animaux et à 11,2 % pour les humains. Les rapports C/N atomiques présentent une moyenne de 3,2 quel que soit le groupe considéré. L'ensemble de ces paramètres entrent dans les limites internationalement admises pour conclure à la bonne préservation, à la fois qualitative et quantitative, de la fraction organique analysée (DeNiro 1985, Ambrose 1990, van Klinken 1999). De plus, aucune corrélation significative n'a été observée entre les rendements, les pourcentages en carbone et en azote, les C/N et les valeurs isotopiques en carbone et en azote (Corrélation de Spearman), corroborant ainsi l'absence de relations entre des facteurs taphonomiques et la variabilité des signatures isotopiques enregistrées. La totalité des 49 collagènes humains et des 22 collagènes animaux a ainsi été prise en compte dans l'analyse paléalimentaire présentée ci-dessous.

Tableau 3. Données élémentaires et isotopiques des sujets humains des sites de Chantemerle (Gerzat), du Tourteix (Orcet) et de Machal (Dallet)

N° Sép	Sites	Sexe	Age	Structure	Décomposition	Enclous	Mobilier	Rendement (mg/g)	%C	%N	C/N	δ <sup>13</sup> C (‰)	δ <sup>15</sup> N (‰)
19	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non	Parure	109,5	42,1	15,3	3,2	-19,5	11,3
23	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non		88,5	37,4	13,6	3,2	-19,5	10,2
26	Ch	H	Adulte	fosse	nd	non		106,9	40,2	15,1	3,1	-19,8	9,9
29	Ch	II	AJ	fosse	vide	non	Vase	64,3	36,9	13,4	3,2	-19,7	11,7
32	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non		53,4	39,8	14,4	3,2	-20,0	11,0
39	Ch	H	Adulte	archi	vide	oui	Arme	82,9	36,7	13,4	3,2	-19,7	10,4
42	Ch	H	AJ	archi	vide	non		113,2	41,6	15,1	3,2	-19,5	10,8
62	Ch	nd	Adulte	archi	vide	non		43,1	37,3	13,7	3,2	-19,6	10,6
87	Ch	F	AA	archi	vide	non		133,6	43,3	15,7	3,2	-19,7	10,9
93	Ch	F	AJ	archi	vide	oui		155,4	40,4	14,8	3,2	-19,9	10,2
98	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non	Arme	69,6	39,0	14,0	3,2	-19,7	11,3
110	Ch	II	Adulte	archi	vide	oui		19,5	34,2	12,7	3,1	-19,6	10,5
114	Ch	F	AA	fosse	colmaté	non	Parure	72,2	31,5	11,2	3,2	-19,7	10,4
125	Ch	nd	Adulte	archi	vide	non		21,8	33,2	12,1	3,2	-19,2	11,0
134	Ch	II	Adulte	fosse	nd	oui		50,2	36,7	13,3	3,2	-19,4	11,1
162	Ch	II	Adulte	archi	vide	oui		57,7	38,9	14,3	3,2	-19,9	10,4
166	Ch	F	Adulte	archi	vide	non		71,4	38,8	14,0	3,2	-19,7	11,0
180	Ch	II	Adulte	archi	vide	non		115,6	38,8	14,1	3,2	-19,9	10,0
187	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non		106,0	39,0	14,8	3,1	-20,1	8,8
193	Ch	H	AA	archi	vide	non	Aiguille	133,4	41,5	15,1	3,2	-20,0	11,0
197	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non		111,6	40,5	14,8	3,2	-20,2	10,1
200	Ch	F	Adulte	fosse	nd	non		91,8	39,7	14,4	3,2	-20,0	10,8
212	Ch	II	Adulte	archi	vide	non		21,1	33,9	12,7	3,1	-19,4	11,7
215	Ch	II	Adulte	archi	vide	non		128,4	46,3	16,9	3,2	-19,9	11,2
220	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non		137,8	39,8	14,2	3,2	-20,0	10,4
233	Ch	nd	Adulte	fosse	vide	non		26,8	38,8	14,2	3,2	-19,5	10,8
250	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non		148,8	46,0	16,7	3,2	-19,9	10,2
255	Ch	nd	AJ	fosse	vide	non		38,3	39,3	14,3	3,2	-20,0	11,0
259	Ch	II	AJ	fosse	vide	non		78,4	41,0	15,2	3,1	-20,1	9,5
268	Ch	nd	AA	archi	vide	non		105,7	39,1	14,1	3,2	-19,9	11,0
274	Ch	F	Adulte	fosse	vide	non	Alêne	52,1	38,1	13,9	3,2	-19,9	10,7
280	Ch	II	AA	archi	vide	non		117,6	41,5	15,0	3,2	-19,8	10,5
286	Ch	F	AJ	archi	vide	non		54,1	35,7	13,0	3,2	-19,9	10,3
71,1	Ch	II	AA	archi	vide	non	Alêne	40,4	32,0	11,3	3,2	-19,9	10,7
71,3	Ch	H	Adulte	fosse	vide	non		61,1	42,1	15,4	3,2	-19,8	10,6
82,1	Ch	II	Adulte	archi	vide	oui		74,7	38,8	14,0	3,2	-19,6	11,1
82,2	Ch	II	Adulte	archi	vide	oui	Parure	116,4	37,9	13,8	3,2	-19,6	10,9
3	Ma	F	Adulte	dom				101,8	42,8	15,2	3,3	-19,9	10,3
9	Ma	nd	Adulte	archi				39,6	39,9	14,5	3,2	-20,0	10,0
10	Ma	nd	Adulte	fosse				46,9	41,1	14,6	3,3	-19,9	11,2
11	Ma	nd	Adulte	fosse				47,0	43,9	15,8	3,2	-19,4	11,2
13	Ma	nd	Adulte	dom				48,5	42,1	15,1	3,2	-20,0	10,2
14	Ma	nd	Adulte	archi				15,6	40,0	14,4	3,2	-19,9	10,7
18	Ma	F	Adulte	fosse				38,8	40,5	14,5	3,2	-20,2	10,6
23	Ma	nd	Adulte	archi				41,2	36,7	13,4	3,2	-19,6	10,4
26	Ma	nd	Adulte	archi				27,6	40,9	14,6	3,2	-19,6	10,4
27	Ma		Adulte	archi				18,6	41,4	14,7	3,3	-19,6	10,3
29	Ma		Adulte	archi				63,7	40,5	14,5	3,2	-19,7	11,4
Tombe 1	L1	F	Adulte	fosse				18,2	36,3	12,5	3,4	-20,3	9,9

Tableau 4. Données élémentaires et isotopiques des animaux des sites de Chantemerle (Gerzat), du Tourteix (Orcet) et de Machal (Dallet)

N° Structure	Site	Groupe	Nom latin	Rendement (mg/g)	%C	%N	C/N	δ <sup>13</sup> C (‰)	δ <sup>15</sup> N (‰)
Fosse254	Machal	Bovin	<i>Bos sp.</i>	72,6	39,9	14,6	3,2	-20,8	8,1
Fosse277	Machal	Bovin	<i>Bos sp.</i>	14,9	36,3	13,4	3,1	-21,1	4,9
Fosse 3	Le Tourteix	Bovin	<i>Bos sp.</i>	28,7	42,1	15,1	3,2	-21,7	4,8
Fosse 6	Le Tourteix	Bovin	<i>Bos sp.</i>	18,8	37,4	13,0	3,3	-21,6	4,3
160	Chantemerle	Chien	<i>Canis sp.</i>	53,0	37,5	13,4	3,2	-20,0	8,7
Fosse 10	Le Tourteix	Chien	<i>Canis sp.</i>	111,9	42,2	14,9	3,3	-20,1	7,6
200	Chantemerle	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	41,6	37,1	13,9	3,1	-21,0	5,6
200	Chantemerle	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	60,5	37,0	13,3	3,2	-21,0	7,2
82	Chantemerle	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	67,4	37,2	13,4	3,2	-20,8	7,4
Fosse254	Machal	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	42,3	37,1	13,5	3,2	-20,7	7,3
Fosse277	Machal	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	99,6	40,1	15,0	3,1	-20,9	7,1
Fosse277	Machal	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	63,6	36,3	13,0	3,2	-20,8	8,2
Fosse 11	Le Tourteix	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	46,3	40,0	14,5	3,2	-20,8	8,3
Fosse 3	Le Tourteix	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	40,1	41,6	14,7	3,3	-21,2	10,5
Fosse 10	Le Tourteix	Ovicaprin	<i>Ovis/Capra?</i>	46,4	39,4	13,9	3,3	-21,4	9,4
123	Chantemerle	Porc	<i>Sus domesticus</i>	58,3	38,7	14,2	3,2	-20,0	5,0
160	Chantemerle	Porc	<i>Sus domesticus</i>	37,5	38,5	13,9	3,2	-19,9	6,5
Fosse254	Machal	Porc	<i>Sus domesticus</i>	83,1	38,5	14,1	3,2	-19,5	6,3
Fosse277	Machal	Porc	<i>Sus domesticus</i>	30,0	39,1	14,2	3,2	-20,2	7,7
Excavation 1	Le Tourteix	Porc	<i>Sus domesticus</i>	29,9	39,5	14,1	3,2	-20,2	9,7
Fosse 10	Le Tourteix	Porc	<i>Sus domesticus</i>	109,5	36,7	13,5	3,2	-21,1	8,4
Fosse 8	Le Tourteix	Porc	<i>Sus domesticus</i>	90,1	43,4	15,6	3,2	-20,2	7,1

18 D'une façon générale, tous sites archéologiques confondus, les valeurs isotopiques en carbone pour les animaux sont comprises entre -21,7 et -19,5 ‰ (-20,8 ‰; [-21,1 ‰; -20,2 ‰]<sup>3</sup>, N = 22) (tabl. 4, tabl. 5, fig. 2). Seule une analyse statistique des signatures isotopiques entre les groupes a été réalisée. On remarque que les herbivores, représentés par des bovins et des ovicaprins, partagent des valeurs en carbone similaires alors que les porcs et les chiens présentent des valeurs significativement plus

hautes en carbone<sup>4,5</sup> (tabl. 6). Bien que nous soyons dans la variabilité isotopique attendue pour des espèces de milieu tempéré, une telle différence significative rend compte de la fréquentation d'un milieu plus ouvert pour les porcs et les chiens comparativement aux herbivores qui ont pu fréquenter un milieu plus fermé. Une gestion différente des porcs relativement aux herbivores domestiques peut être envisagée. Les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  pour l'ensemble des animaux s'étendent de 4,3 à 10,5 ‰ (7,3 ‰; [6,2 ‰ ; 8,3 ‰], N = 22). Résultat attendu, les valeurs sont significativement plus basses pour les bovins relativement aux autres espèces omnivores et carnivores<sup>6</sup> confirmant la contribution de protéines animales dans l'alimentation des porcs et des chiens. Le résultat le plus original concerne les hautes valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  des ovicaprins relativement à celles des bovins (respectivement 7,4 ‰ ; [7,2 ‰ ; 8,3 ‰], N = 4 et 4,8 ‰ ; [4,5 ‰ ; 6,5 ‰], N = 9) indiquant une consommation de végétaux enrichis en azote-15 pour les ovicaprins. Parmi, les scénarios envisageables pouvant expliquer ces valeurs, deux apparaissent plus probables. Il pourrait s'agir soit (1) d'une différence entre les fourrages donnés aux ovicaprins et aux bovins, soit (2) d'une différence de fréquentation des milieux de pâturages selon les groupes. En effet, les bovins ont pu être conduits dans les pâturages de montagne durant l'été, où la constitution lithologique et pédologique des terrains (substrat potentiellement plus acide), induisant des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  plus basses chez les végétaux, serait différente de celle des zones de plaine (Mariotti *et al.* 1980, Handley & Raven 1992, Rodière *et al.* 1996). Seules des analyses complémentaires réalisées sur des végétaux en zone de montagne et de plaine, ainsi qu'au niveau de différentes parties des végétaux (feuille/tronc/racine) pourront valider ces hypothèses de travail. On remarque également que les chiens partagent des signatures isotopiques similaires avec les porcs. Ce résultat, déjà observé dans d'autres sites du Néolithique du sud de la France, a été interprété comme la consommation de ressources mixtes à dominante végétale avec comme seule source protéinique, les rejets des repas des hommes (Goude 2007, Herrscher & Le Bras-Goude 2010).

Tableau 5. Paramètres statistiques des rendements, des données élémentaires, de C/N et des valeurs isotopiques des animaux et des hommes d'Auvergne

	N	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
<b>Humains</b>					
Rendement (mg/g)	49	72,9	15,6	155,4	39,1
%C	49	39,3	31,5	46,3	3,1
%N	49	14,2	11,2	16,9	1,1
C/N	49	3,2	3,1	3,4	0,0
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	49	-19,8	-20,5	-19,2	0,3
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	49	10,6	8,8	11,7	0,5
<b>Animaux</b>					
Rendement (mg/g)	22	56,6	14,9	111,9	28,1
%C	22	38,9	36,3	43,4	2,1
%N	22	14,0	13,0	15,6	0,7
C/N	22	3,2	3,1	3,3	0,1
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	22	-20,7	-21,7	-19,5	0,6
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	22	7,3	4,3	10,5	1,7

## 2. $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ des échantillons animaux des sites de Chantemerle, de Machal et du Tourteix (valeurs individuelles et médiane avec intervalles interquartiles)

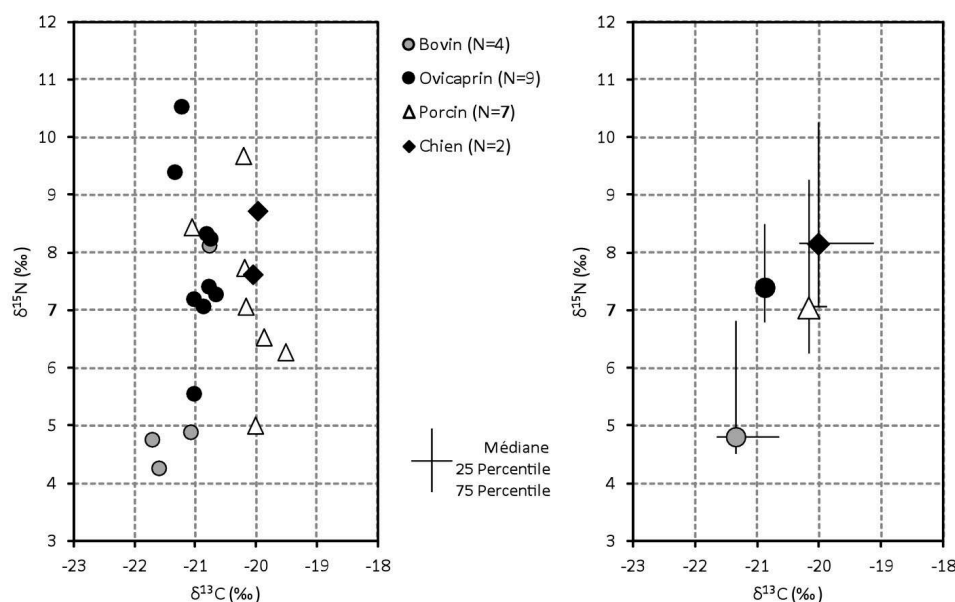


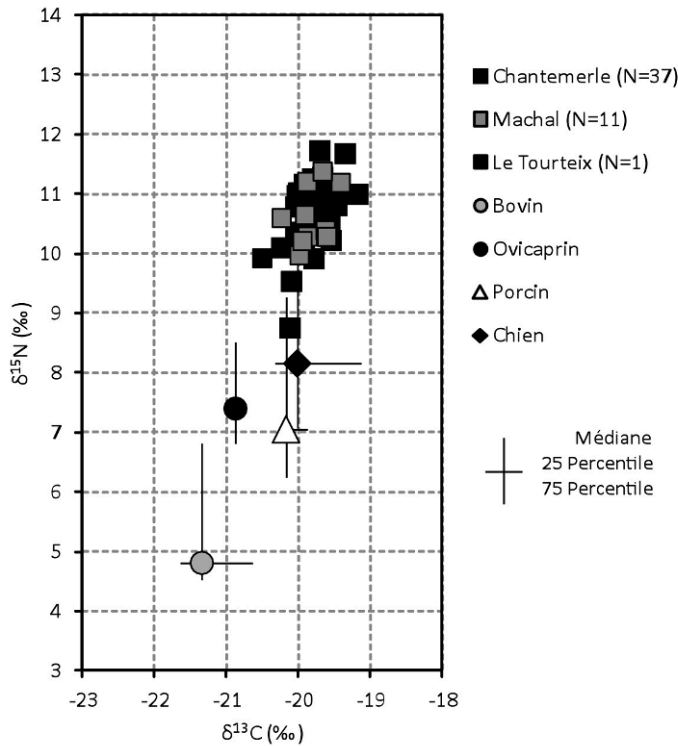
Tableau 6. Résultats des Test de U Mann-Whitney

	N Actif Féminin	N Actif Masculin	U	Z	valeur p	Z-ajusté	valeur p	p exact
<b>SEXE</b>								
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	18	17	80	-2,393	0,02	-2,393	0,02	0,02
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	18	17	114	-1,271	0,20	-1,271	0,20	0,21
<b>AGE</b>	Adulte Jeune	Adulte Agé						
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	6	6	13	-0,721	0,47	-0,721	0,47	0,48
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	6	6	14	-0,560	0,58	-0,560	0,58	0,59
<b>STRUCTURE</b>	Fosse	Architecture						
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	22	25	178	-2,057	0,04	-2,057	0,04	0,04
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	22	25	260	-0,309	0,76	-0,309	0,76	0,76
<b>DECOMPOSITION</b>	Vide	Indéterminé						
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	33	3	45	-0,229	0,82	-0,229	0,82	0,83
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	33	3	47	0,114	0,91	0,114	0,91	0,91
<b>ENCLOS</b>	Extérieur	Intérieur						
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	30	7	62	-1,648	0,10	-1,648	0,10	0,1
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	30	7	105	0,019	0,98	0,019	0,98	1
<b>MOBILIER</b>	avec	sans						
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	9	28	110	0,549	0,58	0,549	0,58	0,59
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	9	28	76	1,752	0,08	1,752	0,08	0,08

- 19 Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  des 49 sujets humains, tous sites confondus, sont comprises entre -20,5 à -19,2 ‰ (-19,8 ‰; 0,3 ‰) et les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  entre 8,8 à 11,7 ‰ (10,6 ‰; 0,5 ‰, fig. 3). Aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les valeurs isotopiques des séries de Chantemerle et de Machal ce qui pourrait indiquer une uniformité des pratiques alimentaires à l'échelle régionale. La dispersion, de l'ordre de 3 ‰, des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$ , s'inscrit dans l'intervalle observé entre deux niveaux trophiques successifs, traduisant un accès aux protéines animales variable selon les individus (O'Connell & Hedges 1999, O'Connell *et al.* 2001). On note un enrichissement moyen entre la faune et les hommes de 0,9 ‰ en  $^{13}\text{C}$  et de 3,3 ‰ en  $^{15}\text{N}$ . Cette distribution relative des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{15}\text{N}$  entre les hommes et les animaux est en accord avec un approvisionnement en protéines locales et très majoritairement terrestres. D'après cette première analyse, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$ , toutes inférieures à -19,5 ‰, témoignent de la fréquentation et de l'acquisition de ressources alimentaires

dans un milieu constitué de plantes en  $C_3$ . Ces résultats excluent pour cette région et à cette période, une consommation significative de plantes en  $C_4$ , comme le millet, par les animaux et les hommes, ou la consommation de viande d'animaux ayant eux-mêmes consommé des plantes en  $C_4$ .

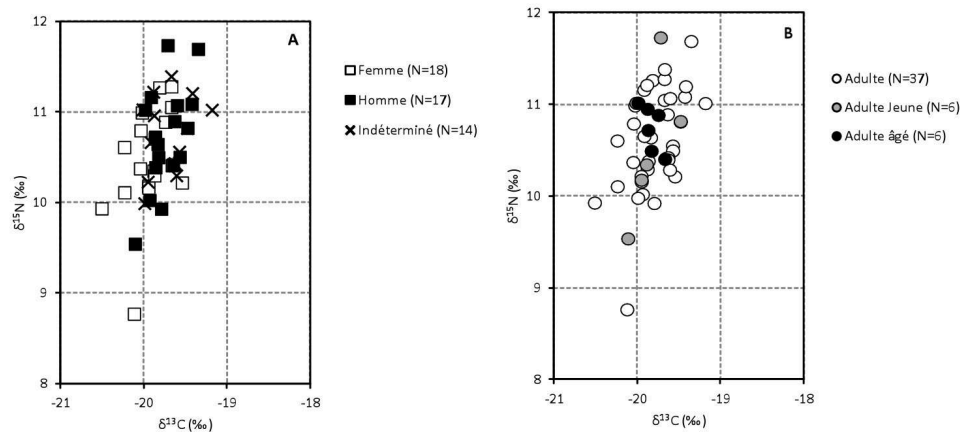
### 3. $\delta^{13}C$ et de $\delta^{15}N$ des sujets humains par site archéologique relativement aux valeurs isotopiques animales. Les valeurs animales correspondent aux médianes et aux intervalles interquartiles



- 20 Afin d'identifier le facteur qui pourrait expliquer la dispersion des valeurs de  $\delta^{15}N$  chez les hommes, des comparaisons ont été réalisées selon différents critères biologiques et archéologiques. Le premier critère biologique considéré est le sexe des sujets. Les deux valeurs de  $\delta^{15}N$  et de  $\delta^{13}C$  les plus hautes correspondent à des sujets masculins ; à l'inverse, la valeur de  $\delta^{15}N$  et de  $\delta^{13}C$  la plus basse correspond à un sujet féminin (fig. 4a). Aucune différence significative n'apparaît pour les valeurs de  $\delta^{15}N$  selon le sexe tandis que les valeurs de  $\delta^{13}C$  sont significativement plus hautes pour les sujets masculins (tabl. 6). La différence des moyennes de  $\delta^{13}C$  entre les deux groupes, faible (0,2 ‰), ne permet pas de proposer des régimes alimentaires distincts pour chacun des groupes. Il est intéressant de noter que ce type de différence a également été mis en évidence sur le site Néolithique de Pontcharaud, localisé à proximité des sites étudiés (Goude *et al.* 2013a). Le second critère biologique considéré est l'âge au décès des sujets. Pour des raisons méthodologiques, les sujets adultes ont été répartis en trois groupes d'âge : le groupe « Adulte Jeune » et le groupe « Adulte Agé » et le groupe indéterminé noté « Adulte ». La large superposition des valeurs de  $\delta^{13}C$  et  $\delta^{15}N$  entre ces différents groupes indique l'absence d'une pratique alimentaire particulière en rapport avec l'âge des sujets (tabl. 6, fig. 4B). Ces résultats attestent que, si la consommation des protéines varie entre les sujets, elle n'est liée ni à leur âge ni à leur sexe. Dans le but d'explorer plus précisément la relation entre les pratiques alimentaires et le statut social des sujets, des comparaisons ont également été réalisées en considérant trois critères

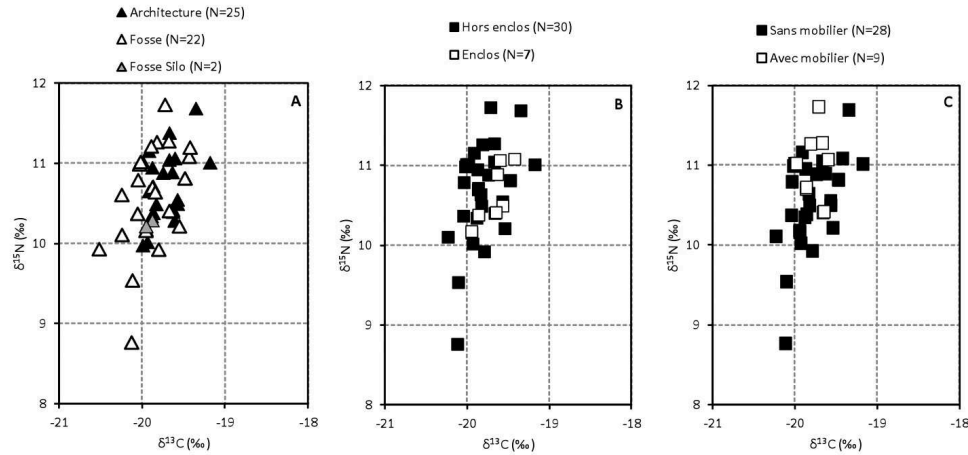
archéologiques. Le premier critère considéré est le type de structures funéraires pour l'ensemble des 3 sites considérés. Ces structures funéraires ont été regroupées en 3 types : fosse colmatée (notée « Fosse », N = 22), tombe élaborée avec des dallages et un empierrément, avec ou sans couverture (notée « Architecture », N = 25) et 2 fosses domestiques (notée « Fosse domestiques », N = 2) (tabl. 3). Comme pour le sexe, une tendance est observée (fig. 5A). Les sujets inhumés dans des tombes plus aménagées présentent, en moyenne, des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  et de  $\delta^{13}\text{C}$  plus hautes que celles des sujets inhumés dans des fosses. Une fois encore, cette tendance n'est pas statistiquement significative pour le  $\delta^{15}\text{N}$  alors qu'elle l'est pour le  $\delta^{13}\text{C}$  sans qu'il soit réellement possible de proposer deux patrons alimentaires distincts (tabl. 6). Pour le site de Chantemerle, d'autres critères ont été étudiés, il s'agit de l'espace de décomposition, de la localisation du défunt à l'intérieur ou à l'extérieur de l'enclos ainsi que la présence de mobilier dans la tombe. Aucune différence significative n'apparaît entre les sujets selon leur mode de décomposition (tabl. 6). Relativement à la localisation des défunts à l'intérieur et en dehors des enclos, aucune différence significative n'a été remarquée entre les deux groupes (tabl. 6, fig. 5B). Le critère « mobilier » correspond aux poignards, aux alènes, aux parures ainsi qu'aux aiguilles et aux vases (tabl. 3). Là encore, aucune différence n'existe entre les sujets avec ou sans mobilier associé (tabl. 6, fig. 5C). Le statut social particulier de certains sujets, identifié par l'archéologie et l'anthropologie, n'apparaît pas en relation avec des régimes alimentaires spécifiques. Ces résultats attestent de pratiques alimentaires plus ou moins homogènes au sein des groupes humains considérés pour le Bronze ancien en Auvergne.

#### 4. $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ selon le sexe (A) et le groupe d'âge au décès (B) pour les sujets des sites de Chantemerle, de Machal et du Tourteix





5.  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{15}\text{N}$  des sites de Chantemerle, de Machal et du Tourteix selon l'architecture des tombes (A), selon la localisation des tombes (B) et la présence de mobilier dans les tombes (C) uniquement pour le site de Chantemerle



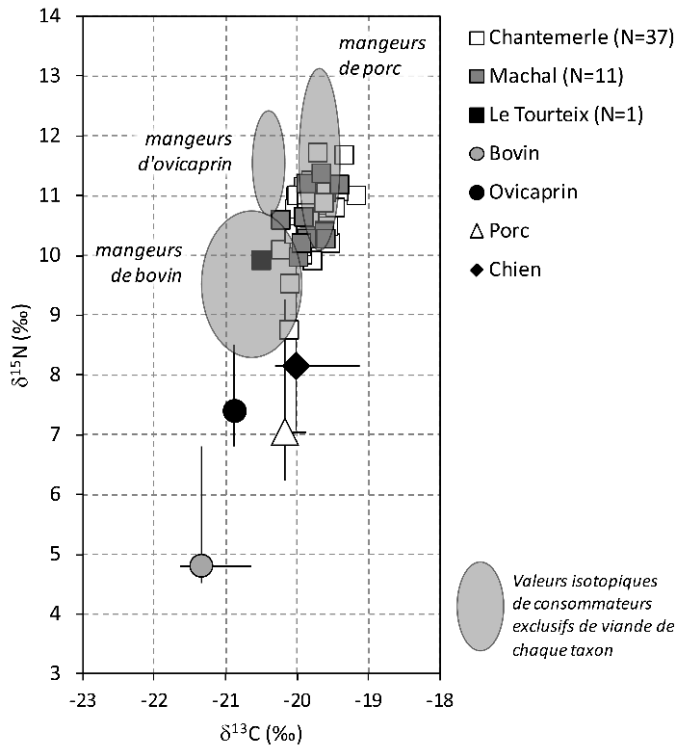
## Discussion

### Reconstruction théorique des pratiques alimentaires à l'âge du Bronze en Auvergne

- 21 À partir du fractionnement isotopique théorique entre deux niveaux trophiques successifs (cf. § méthodologique), et parce que les groupes d'animaux présentent des différences isotopiques significatives, il est possible de proposer une contribution relative des différents taxons animaux dans l'alimentation des sujets d'Auvergne. Une telle reconstruction montre que la variabilité isotopique des sujets humains<sup>7</sup> d'Auvergne ne recoupe en rien celle attendue pour des consommateurs exclusifs de viande d'ovicaprins<sup>8</sup> alors qu'elle présente une superposition partielle avec celle attendue pour des consommateurs exclusifs de viande de bovins<sup>9</sup> et de porcs<sup>10</sup> (fig. 6). Ainsi, les sujets présentant les valeurs les plus basses en carbone et en azote auraient préférentiellement consommé de la viande de bovins et tandis que ceux présentant les valeurs les plus hautes en carbone et en azote auraient préférentiellement consommé de la viande de porcs. Autrement dit, une telle disposition suggérerait un choix préférentiel pour la viande de porc relativement à celle de bovins et d'ovicaprins pour plus de la moitié des sujets considérés, que ce soit pour le site de Chantemerle et le site de Machal (25/49, soit 51 %). Ce résultat n'est pas corroboré par les données archéozoologiques qui soulignent pour cette période une consommation plus importante de viande de bovins et d'ovicaprins. Cette divergence pourrait notamment s'expliquer par les méthodes utilisées en archéozoologie qui prennent en compte la masse de viande disponible sur les carcasses, favorisant notamment la consommation de viande d'animaux de grande taille relativement à celle d'animaux de petite taille (Forest 2000). *A contrario*, il est intéressant de noter que le seul sujet du site du Tourteix se superpose à la variabilité isotopique attendue pour des consommateurs de viande bovine. Aucun des critères biologiques et archéologiques considérés ici ne peut expliquer la consommation préférentielle de viande d'un taxon domestique particulier selon les individus. Si l'hypothèse d'une position sociale spécifique reste toujours

possible alors celle-ci est indépendante de l'âge, du sexe et du statut accordé au défunt, une autre origine comme l'appartenance à un groupe, relevant de la sphère soit familiale, soit professionnelle peut être considérée. Ces résultats pourraient ainsi s'accorder avec « l'inadéquation entre structures sociales et économiques » qui semble caractérisée l'âge du Bronze (Carozza *et al.* 2009).

6. Comparaison des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  des sujets d'Auvergne et des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  attendues pour des consommateurs de 100 % de viande de bovins, d'ovicaprins et de porcs. Les valeurs animales correspondent aux médianes et aux intervalles interquartiles.



- 22 Le comportement alimentaire est modélisé par les contraintes du milieu telle que la disponibilité des ressources, qu'elle soit en rapport avec les caractéristiques physiques et climatiques de l'environnement local, mais également, par des contraintes induites par les compétences des groupes humains en matière d'élevage qui peut le cas échéant être dédiées à un taxon en particulier (de Garine 1988, Fischler 2001). D'autres critères peuvent également être évoqués comme des préférences gustatives individuelles, ou encore des tabous alimentaires (Corbeau & Poulain 2002, Richards & Schulting 2006). Il est toutefois particulièrement difficile, sur la base d'arguments archéologique et biologique, de démontrer de façon probante la contribution de ces facteurs dans la mise en place des comportements alimentaires des populations du Passé. Compte tenu des résultats obtenus, et sous l'hypothèse d'une consommation directe de son propre cheptel, il semble parcimonieux de retenir un élevage sélectif des groupes d'animaux. D'un point de vue isotopique, d'autres facteurs, comme l'état sanitaire et des conditions environnementales particulières (e.g. aridité) peuvent modifier les signatures isotopiques des tissus des consommateurs, notamment par une augmentation des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  (Ambrose 1990, Katzenberg & Lovell 1999). Quel que soit le facteur, climatique ou pathologique, aucun n'apparaît probant dans le cadre de cette étude. En effet, premièrement dans le contexte environnemental de l'Auvergne à cette période,

l'hypothèse d'une aridité n'est pas étayée (Loison 2003, Trément *et al.* 2006). Deuxièmement, l'étude anthropologique réalisée sur les sujets de Chantemerle n'a pas révélée la présence de lésions osseuses et dentaires particulières<sup>11</sup>. L'hypothèse privilégiée de la consommation préférentielle de viande d'un taxon spécifique par certains individus est toutefois à considérer avec prudence. En effet, toutes les ressources alimentaires ne sont pas strictement considérées dans cette analyse, à savoir la faune chassée ou encore les ressources d'eau douce, comme le brochet, le saumon, la truite ou la lamproie (Brugel *et al.* non publié), alors qu'elles ont pu constituer une part de l'alimentation de ces groupes humains.

## Essai d'interprétation des données isotopiques au Bronze en Europe sud-occidentale

- 23 En Europe, bien que de nombreuses études isotopiques aient été réalisées sur les populations néolithiques (e.g. en France : Le Bras-Goude *et al.* 2006a, 2006b, 2009, 2013, Goude *et al.* 2013a, 2013b, Goude 2007, Herrscher & le Bras-Goude 2008, 2010), à ce jour, très peu concernent des séries protohistoriques (Honch *et al.* 2006, Tafuri *et al.* 2009, Varalli *et al.* soumis.). Afin d'explorer les pratiques alimentaires durant l'âge du Bronze, une comparaison a été réalisée avec les données publiées par Tafuri et collaborateurs sur plusieurs séries archéologiques d'Italie du nord (Sedegliano et Olmo di Nogara) et du sud (Toppo Daguzzo et Lavello) (Tafuri *et al.* 2009, XVI<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles BC, Bronze ancien et moyen). Même si les analyses isotopiques d'ossements animaux sont peu nombreuses dans l'étude italienne, il est possible de comparer les caractéristiques isotopiques de l'environnement de chacune des populations (fig. 7, tabl. 7). Toutes espèces animales confondues, l'analyse statistique révèle des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  similaires entre les séries d'Auvergne et les séries d'Italie<sup>12</sup>. En revanche, pour les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$ , l'analyse statistique montre des valeurs similaires entre les séries d'Auvergne et la série de l'Italie du sud<sup>13</sup> et des valeurs significativement plus hautes des séries d'Auvergne relativement à celles des séries d'Italie du nord<sup>14</sup>. Tafuri et collaborateurs (2009) ont interprété la différence des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$ , entre les séries du sud et du nord de l'Italie comme l'utilisation de fourrages de céréales en  $\text{C}_4$ , comme le millet, pour les animaux du nord. Les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  entre les animaux étant similaires, quelle que soit la région considérée, une analyse comparée des groupes humains a été entreprise. Les séries d'Auvergne, qu'elles soient comparées aux sujets du nord ou du sud de l'Italie, présentent des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  significativement plus hautes<sup>15</sup>. Ce résultat met en évidence une consommation plus importante de protéines animales en Auvergne qu'en Italie. En revanche, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  des sujets d'Auvergne sont significativement plus basses que celles des sujets d'Italie<sup>16</sup>. Alors que la différence des moyennes de  $\delta^{13}\text{C}$  entre les sujets d'Auvergne et ceux d'Italie du sud, de l'ordre 0,3 ‰, n'est pas interprétable en termes de pratiques alimentaires distinctes, celle entre les sujets d'Auvergne et ceux d'Italie du nord, de 4,3 ‰, confirme la consommation de millet, qu'elle soit directe ou indirecte (tabl. 7 ; Tafuri *et al.* 2009). La comparaison des résultats isotopiques entre ces deux études européennes montre des différences inter-sites plus importantes que les différences intra-sites. Un tel résultat suggérerait des comportements alimentaires spécifiques au sein de chaque région, en lien avec le développement bien plus marqué, d'une part, des activités agricoles et de la consommation des céréales (blé/orge ou millet) pour les populations d'Italie (Varalli *et al.* soumis), et d'autre part, des activités

pastorales et la consommation de ressources issues de l'élevage pour les sujets d'Auvergne.

#### 7. Comparaison des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ des séries du Bronze ancien d'Auvergne et du Bronze ancien et moyen d'Italie (Tafari *et al.*, 2009)

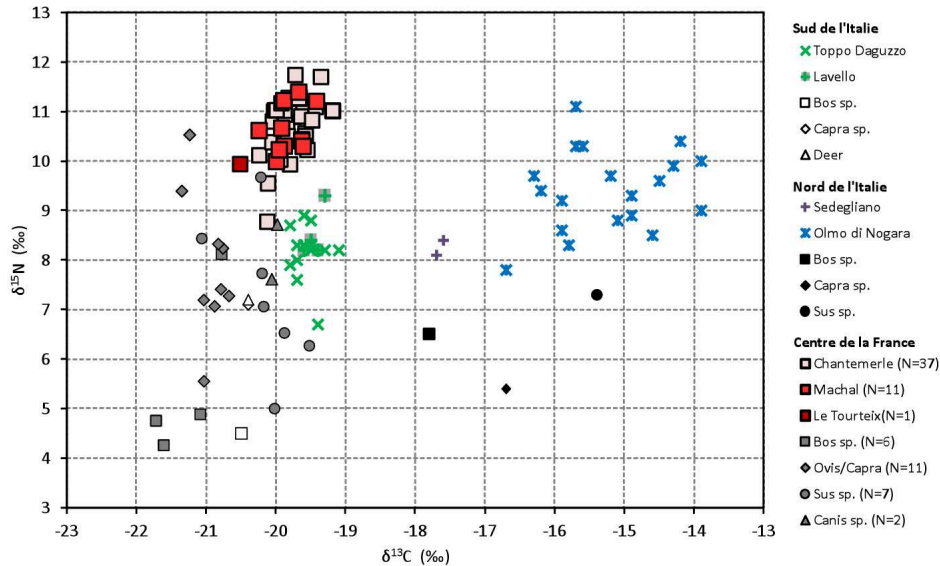


Tableau 7. Valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{15}\text{N}$  pour les hommes des sites d'Auvergne et d'Italie (Tafari *et al.*, 2009)

Pays	N	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		Référence
		moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	
Auvergne	49	-19,8	0,3	10,6	0,5	Cette étude
Italie-Nord	21	-15,5	1,1	9,3	0,9	Tafari <i>et al.</i> , 2009
Italie-Sud	18	-19,5	0,2	8,3	0,5	Tafari <i>et al.</i> 2009
Total	88	-18,7	1,9	9,8	1,2	

## Conclusion

- 24 L'étude de plusieurs séries datées du Bronze ancien en Auvergne a permis d'apporter de nouveaux éléments sur les pratiques alimentaires de ces groupes humains (Loison 2003, Vermeulen 2001). À partir des mesures de  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$  réalisées sur les collagènes de 49 sujets humains adultes et 22 animaux mis au jour dans les sites de Chantemerle, du Tourteix et de Machal, situés à proximité de Clermont-Ferrand, cette étude a montré une économie alimentaire des groupes humains majoritairement tournée vers l'exploitation de la viande du cheptel local relativement aux ressources végétales. Alors que la présence de millet est attestée en France dès le Bronze ancien, et notamment en Auvergne, les valeurs basses de  $\delta^{13}\text{C}$  ne mettent pas en évidence la consommation significative de cette céréale. Le millet ne semble pas avoir occupé une place importante dans l'économie alimentaire au Bronze ancien que ce soit pour l'alimentation du cheptel ou des hommes. Toutefois, ces résultats corroborent les études carpologiques qui montrent une très faible représentation de cette céréale dans cette région pour cette période (Bouby 2011). La large dispersion des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  observée au sein des groupes étudiés a été interprétée comme une consommation

différentielle des protéines animales, qu'elles proviennent de la viande et/ou de produits secondaires (lait, fromage). Sur la base du référentiel animal établi, une consommation préférentielle de viande de porc pourrait être avancée pour la moitié des sujets. La recherche d'un facteur pouvant expliquer la diversité des patrons alimentaires mis en évidence s'est montrée infructueuse pour le moment. Aucun des critères sélectionnés, qu'il soit biologique, comme l'âge au décès et le sexe, ou archéologique, comme la structure de la tombe, les pratiques funéraires, n'a permis de clairement identifier des groupes d'individus particuliers. À Chantemerle, la « hiérarchisation » sociale apparente de certains sujets inhumés en enclos ou encore associés à la présence de mobilier ne s'exprime pas par une consommation particulière des protéines. Si le statut social n'apparaît pas être déterminant, l'élevage d'une espèce animale en particulier, que ce soit à l'échelle de la famille, d'un village ou d'une caste, et de fait sa consommation préférentielle, pourrait expliquer les différences alimentaires entre certains individus. Ces résultats pourraient faire écho à l'absence de relations établies, à partir de l'archéologie, entre les structures sociales et économiques. D'un autre côté, la différence significative des signatures isotopiques entre les bovins et les ovicaprins indiquerait la fréquentation de milieux différents et/ou la consommation de ressources végétales distinctes entre ces deux espèces qui pourrait tout à fait résulter d'une gestion différente de ces deux cheptels. Un tel résultat n'a jamais été mis en évidence à partir de données isotopiques, c'est pourquoi des études isotopiques et archéozoologiques complémentaires mériteraient d'être réalisées afin de vérifier s'il s'agit de particularités locales, liées à des facteurs environnementaux et climatiques ou d'une gestion volontairement originale et nouvelle des animaux. Bien que cette recherche concerne une série numériquement bien représentée, elle n'en reste pas moins unique pour le territoire français pour cette période, et à ce titre ne saurait être généralisée que ce soit à l'échelle de l'Auvergne ou à l'échelle des régions limitrophes. Les travaux en cours sur d'autres séries du Néolithique, de l'âge du Bronze et de l'âge du Fer, en France et en Italie, permettront de préciser notamment si des patrons alimentaires régionaux spécifiques persistent au cours de temps et comment le millet prend place au sein de l'économie de production et de l'alimentation humaine (Goude *et al.* 2013b, Varalli *et al.* 2013, Goude *et al.* soumis), comme observés pour des populations datées de l'âge du Bronze en Italie (Tafari *et al.* 2009). Les données produites ici n'intéressent que l'alimentation des sujets adultes, des analyses en cours sur les sujets immatures viendront prochainement compléter ces premières interprétations. Enfin, une analyse spatiale et chronologique des tombes du site de Chantemerle devrait permettre de considérer un paramètre supplémentaire permettant une exploration diachronique plus fine des pratiques alimentaires à l'âge du Bronze ancien en Auvergne.

## 25 **Remerciements**

Les auteurs remercient la Fondation Nestlé France pour le soutien et le financement de ces projets de recherche. Nous tenons également à remercier les relecteurs pour leurs remarques très constructives ainsi que Jacques Élie Brochier pour ses conseils et ses suggestions pertinentes.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Ambrose 1990, AMBROSE S.H. Preparation and characterisation of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science*, 17, 1990, p. 431-51.
- Ambrose 1991, AMBROSE, S.H. Effects of diet climate and physiology on nitrogen isotope abundances in terrestrial foodwebs. *Journal of Archaeological Science*, 18, 1991, p. 293-317.
- Ambrose & DeNiro 1986, AMBROSE S. H. & DENIRO M. J. The isotopic ecology of East African mammals. *Oecologia*, 69, 1986, p. 395-406.
- Bocherens 1999, BOCHERENS H. Isotopes stables et reconstitution du régime alimentaire des Hominidés fossiles : une revue. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 11, 1999, p. 261-87.
- Bocherens & Drucker 2003, BOCHERENS H., DRUCKER D. Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology*, 13, 2003, p.46-53.
- Bocherens *et al.* 1991, BOCHERENS H., FIZET M., MARIOTTI A., LANGE-BADRE, B., VANDERMEERSCH B., BOREL J.P. & BELLON G. Isotopic biogeochemistry (<sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N) of fossil vertebrate collagen: application to the study of past food web including Neanderthal man, *Journal of Human Evolution*, 20, 1991, p. 481-92.
- Bouby 2000, BOUBY L. Agriculture et cueillette à l'âge du Bronze ancien dans la Vallée du Rhône et en basse Auvergne, in: *Sociétés et espaces*, Leduc M., Valdeyron N. & Vaquer J. (Dir.), Toulouse, Archives d'écologie préhistorique, 2000, p 201-210.
- Bouby 2011, BOUBY L. L'économie agricole à l'Age du Bronze en France méridionale. Apports récents de la carpologie, in: *L'Age du Bronze en Méditerranée Recherches récentes*, Garcia D. (Dir.), Paris, Errance, 2011, p. 101-114.
- Bréhard & Campmajo 2005, BREHARD S, & CAMPMAJO P. Exploitation des animaux domestiques et structuration de l'espace montagnard à l'Age du bronze : Llo (Cerdagne, Pyrénées-orientales), *Anthropozoologica* 40, 2005, p. 217-233.
- Britton *et al.* 2008, BRITTON K., MÜLDNER G. & BELL M. Stable isotope evidence for salt-marsh grazing in the Bronze Age Severn Estuary, UK: implications for palaeodietary analysis at coastal sites. *Journal of Archaeological Science*, 35, 2008, p. 2111-18.
- Brugel *et al.* non publié, BRUGEL C., CARMIE H., HUMBERT L., COURT E. & VRIGNAUD S. *Rapport pour la DREAL Auvergne. Annexes: Poissons et invertébrés aquatiques. Approche par espèces*, Clermont-Ferrand, Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques et DIREN Auvergne, non publié, 65 p.
- Bruzek 2002, BRUZEK J. A method for visual determination of sex, using the human hip bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 117, 2002, p. 157-68.
- Carozza & Marcigny, 2007, CAROZZA L, MARCIGNY C. *L'Age du Bronze en France*, Paris: La Découverte, 2007, 155 p.
- Carozza *et al.* 2009, CAROZZA L., MARCIGNY C., & TALON M.. Ordres et désordres dans l'économie des sociétés durant l'âge du Bronze en France, in: *Die wirtschaftlichen grundlagen der bronzezeit europas - The Economic Foundation of the European Bronze Age*, Bartelheim M. & Stäuble H. (Dir.), *Forschungen zur Archäometrie und Altertumswissenschaft*. 2009, p 23-64.

Chaix 1996, CHAIX L. L'exploitation du monde animal au Bronze ancien et le problème du cheval, in: Cultures et sociétés du Bronze ancien en Europe, Mordant C, Gaiffe O, (Dir.), Paris, CTHS, 1996, p 181-188.

Chisholm *et al.* 1982, CHISHOLM B.S., NELSON D.E. & SCHWARCZ H.P. Stable isotope ratios as a measure of marine versus terrestrial protein in ancient diet. *Science*, 216, 1982, p. 1131-32.

Corbeau & Poulain 2002, CORBEAU J-P., POULAIN J-P. *Penser l'alimentation. Entre imaginaire et rationalité*. Editions Privat/OCHA, Toulouse, 2002, 209p.

Dartevelle *et al.* 2004, DARTEVELLE H, LIABOEUF R, & RIALLAND Y. L'âge du Bronze en Auvergne, un rapide tour d'horizon des connaissances, in: *Auvergne et Midi - Actualité de la recherche*, Dartevelle H (Dir.), Cressensac, Préhistoire du Sud-Ouest. 2004, p 253-258.

de Garine 1988, GARINE de I. . Anthropologie de l'alimentation et pluridisciplinarité, *Ecologie Humaine*, vol VI, n° 2, 1988, p. 21-40.

Debet 2001, DEDET B. L'archéologie funéraire de l'âge du Bronze dans le sud-est de la France (1995-2000), *Documents d'Archéologie Méridionale* 24, 2001, p. 238-242.

Delwiche & Steyn 1970, DELWICHE C.C. & STEYN P. Nitrogen isotope fractionation in soils and microbial reactions, *Environmental Science and Technology*, 4, 1970, p.929-35.

DeNiro & Epstein 1978, DENIRO M. J. & EPSTEIN S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 1978, p. 495-506.

DeNiro & Epstein 1981, DENIRO M.J. & EPSTEIN S. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45, 1981, 341-51.

DeNiro 1985, DENIRO M.J. Post-mortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction, *Nature*, 317, 1985, p. 6032, 806-09.

DeNiro 1987, DENIRO M.J. Stable isotopy and archaeology, *American Scientist*, 75, 1987, p. 182-91.

Drucker & Henry-Gambier 2005, DRUCKER D. & HENRY-GAMBIER D. 2005. Determination of the dietary habits of a Magdalenian woman from Saint-Germain-la-Rivière in southwestern France using stable isotopes, *Journal of Human Evolution*, 49, 2005, p. 19-35.

Fischler 2001, FISCHLER C. *L'omnivore. Le goût, la cuisine et le corps*. Editions Odile Jacob, 2001, 440 p.

Forest 2000, FOREST V. Lots osseux fauniques archéologiques en Languedoc-Roussillon. Aperçu sur leur composition du Néolithique final au Bas Moyen Age, in: *L'Homme et l'animal dans les sociétés méditerranéennes*, Marandet M.-C. (Dir.), Perpignan: Presses Universitaires de Perpignan, 2000, p 15-26.

Gascó 2010. GASCO J. L'Age du bronze dans le sud de la France, in: *La France préhistorique : un essai d'histoire*, Clottes J, (Dir.), Paris, Gallimard, 2010, p 380-404.

Gleize *et al.* 2013, GLEIZE Y., LOISON G. & MARSAC R. Gestion singulière des morts au sein d'un petit ensemble de tombes du Bronze ancien à Valros (Hérault), *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 25 , 3-4, 2013, on line first: DOI 10.1007/s13219-13012-10070-13216

Goude 2007, GOUDE G., *Etude des modes de subsistance de populations néolithiques (VI<sup>e</sup>-IV<sup>e</sup> millénaires av. J.-C.) dans le nord-ouest de la Méditerranée. Approche par l'utilisation des isotopes stables (<sup>13</sup>C et <sup>15</sup>N) du collagène*. 415. Talence-Leipzig: Université Bordeaux 1-Université de Leipzig, 2007, 415 p.



- Goude *et al.* 2013a, GOUDE G., SCHMITT A., HERRSCHER E., LOISON G., CABUT S. & ANDRE G. Pratiques alimentaires au Néolithique moyen : Nouvelles données sur le site de Pontcharaud 2 (Auvergne, France), *Bulletins de la Société Préhistorique Française* 110, 2, 2013, p. 299-317.
- Goude *et al.* 2013b, GOUDE G., BALASESCU A., REVEILLAS H., THOMAS Y. & LEFRANC P. Diet variability and stable isotope analyses: looking for variables within Late Neolithic and Iron Age groups from Gougenheim site (Alsace, France), *Archaeology of food and drink, Annual Meeting of the European Association of Archaeologists (4-8 septembre 2013 Pilsen)*, communication affichée.
- Goude *et al.* soumis, GOUDE G., REY L. & ROTTIER S. Nutrition transition at the end of Prehistory in the Paris Basin : evidences from bone stable isotope analysis. *Transitions in Time: Perspectives on epidemiological, nutrition, and demographic transitions past and present, Colloque international de l'American Association of Physical Anthropologist (8-12 avril 2014, Calgary)*, communication orale.
- Handley & Raven 1992, HANDLEY LL. & RAVEN JA. The use of natural abundance of nitrogen isotopes in plant physiology and ecology, *Plant, Cell and Environment* 15, 1992, p. 965-985.
- Hastorf & DeNiro 1985, HASTORF C.A. & DENIRO M.J. Reconstruction of prehistoric plant production and cooking practices by a new isotopic method, *Nature*, 315, 1985, p. 489-490.
- Heaton 1987, HEATON T.H.E. The  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  ratios of plants in South Africa and Namibia: Relationship to climate and coastal/saline environments, *Oecologia*, 74, 1987, p. 236-46.
- Hedges *et al.* 2007, HEDGES R., CLEMENT J.G., DAVID C., THOMAS L. & O'CONNELL T.C. Collagen turnover in the adult femoral mid-shaft: modeled from anthropogenic radiocarbon tracer measurements, *American Journal of Physical Anthropology*, 133, 2007, p. 808-816.
- Herrscher & Le Bras-Goude 2008, HERRSCHER E. & LE BRAS-GOUBE G. Viande, laitage, poissons ou végétaux. Approche biochimique de l'alimentation néolithique en Toulousain, in: *Défunts néolithiques en Toulousain*, Vaquer J., Gandelin M., Remicourt M., Tchéremissinoff Y. (Dir.), Toulouse, Archives d'Ecologie Préhistorique, 2008, p 199-208.
- Herrscher & Le Bras-Goude 2010, HERRSCHER E. & LE BRAS-GOUBE G. Southern French Neolithic populations: Isotopic evidence for regional specificities in environment and diet, *American Journal of Physical Anthropology*, 141, 2010, 259-272.
- Herrscher 2003, HERRSCHER E. Alimentation d'une population historique. Analyse des données isotopiques de la nécropole Saint-Laurent de Grenoble (XIII<sup>e</sup>-XV<sup>e</sup> siècles, France), *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 15, 3-4, 2003, p. 149-269.
- Hollund *et al.* 2010, HOLLUND H.I., HIGHAM T., BELINSKIJ A. & KORENEVSKIJ S. 2010. Investigation of palaeodiet in the North Caucasus (South Russia) Bronze Age using stable isotope analysis and AMS dating of human and animal bones, *Journal of Archaeological Science*, 37, 12, 2010, p. 2971-2983.
- Honch *et al.* 2006, HONCH N. V., HIGHAM T.F.G., CHAPMAN J., GAYDARSKAB B. & HEDGES R.E.M. A palaeodietary investigation of carbon ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) and nitrogen ( $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) in human and faunal bones from the Copper Age cemeteries of Varna I and Durankulak, Bulgaria, *Journal of Archaeological Science*, 33, 11, 2006, p. 1493-504.
- Hu *et al.* 2006, HU Y., AMBROSE S.H. & WANG C. Stable isotopic analysis of human bones from Jiahu site, Henan, China: implications for the transition to agriculture. *Journal of Archaeological Science*, 33, 2006, p. 1319-1330.
- Katzenberg & Lovell 1999, KATZENBERG M.A. & LOVELL N.C. Stable isotope variation in pathological bone, *International Journal of Osteoarchaeology*, 9, 5, 1999, p. 316-324.
- Katzenberg & Saunders 2008, KATZENBERG A. & SAUNDERS R.S. (Dir.) *Biological Anthropology of the Human Skeleton*, John Wiley & Sons Inc - 2nd Revision edition, 2008, 680 p.

- Katzenberg *et al.* 1995, KATZENBERG M.A., SCHWARCZ H.P., KNYF M. & MELBYE, F.J. Stable isotope evidence for maize horticulture and palaeodiet in Southern Ontario, Canada, *American Antiquity*, 60, 1995, p. 335-350.
- Le Bras-Goude *et al.* 2006a, LE BRAS-GOUDE G., BINDER D., SIMON P., & RICHARDS MP. 2006b. L'homme du Rastel (Peillon, Alpes-Maritimes, France) : nouvelles données isotopiques ( $^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ ), radiométriques et archéologiques, *Bulletin du Musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco* 46, 2006, p. 84-87.
- Le Bras-Goude *et al.* 2006b, LE BRAS-GOUDE G., BINDER D., FORMICOLA V., DUDAY H., COUTURE-VESCHAMBRE C., HUBLIN J.-J. & RICHARDS M.P. Stratégies de subsistance et analyse culturelle de populations néolithiques de Ligurie : approche par l'étude isotopique ( $^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ ) des restes osseux, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 18, 1-2, 2006, p. 45-55.
- Le Bras-Goude *et al.* 2009, LE BRAS-GOUDE G., SCHMITT A., & LOISON G. Comportements alimentaires, aspects biologiques et sociaux au Néolithique : le cas du Crès (Hérault, France), *Comptes Rendus Palevol* 8, 2009, p. 79-91.
- Le Bras-Goude *et al.* 2010, LE BRAS-GOUDE G, BINDER D, ZEMOUR A, & RICHARDS MP. New radiocarbon dates and isotope analysis of Neolithic human and animal bone from Fontbrégoua Cave (Salernes, Var, France), *Journal of Anthropological Sciences* 88, 2010, p. 167-178.
- Le Bras-Goude *et al.* 2013, LE BRAS-GOUDE G., HERRSCHER E., & VAQUER J.. Funeral practices and foodstuff behavior: what does eat meat mean? Stable isotope analysis of Middle Neolithic populations in the Languedoc region (France), *Journal of Anthropological Archaeology* 32, 2013, p. 280-287.
- Loison 2003, LOISON G. (Dir.) *L'Age du Bronze ancien en Auvergne*, Toulouse: Archives d'Ecologie Préhistorique, 2003, 156 p.
- Longin 1971, LONGIN R. New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature*, 230, 1971, p. 241-42.
- Lösch *et al.* 2006, LÖSCH S., GRUPE G. & PETERS J. Stable isotopes and dietary adaptations in humans and animals at Pre-Pottery Neolithic Neval? Çori, Southeast Anatolia, *American Journal of Physical Anthropology*, 131, 2006, p. 181-193.
- Mariotti *et al.* 1980, MARIOTTI A., MARIOTTI F., AMARGER N., PIZELLE G., NGAMBI J., CHAMPIGNY M. & MOYSE A. Fractionnements isotopiques de l'azote lors des processus d'absorption des nitrates et de fixation de l'azote atmosphérique par les plantes, *Physiologie végétale*, 18, 1980, p. 163-181.
- Minagawa & Wada 1984, MINAGAWA M. & WADA E. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chain: further evidence and the relation between  $^{15}\text{N}$  and animal age, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 5, 1984, p. 1135-1140.
- Minson *et al.* 1975, MINSON D.J., LUDLOW M.M. & TROUGHTON J.H. Differences in natural carbon isotope ratios of milk and hair from cattle grazing tropical and temperate pastures, *Nature*, 256, 1975, p. 602.
- Mordant 2008, MORDANT C. L'habitat à l'Age du bronze en France orientale, in: *Villes, villages, campagnes de l'âge du Bronze*, Séminaire du Collège de France, Guilaine J. (Dir.), Paris, Errance, 2008, p. 204-223.
- Murail *et al.* 2005, MURAIL P., BRUZEK J., HOUËT F. & CUNHA E. 2005. DSP: a tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurement, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 17, 3-4, 2005, p. 167-76.

O'Connell et al. 2001, O'CONNELL T.C., HEDGES R.E.M., HEALEY M.A. & SIMPSON A.H.R.W. Isotopic comparison of hair, nail and bone: modern analyses, *Journal of Archaeological Science* 28, 2001, p. 1247-1255.

O'Connell & Hedges 1999, O'CONNELL T.C. & HEDGES R.E.M. Investigations into the effect of diet on modern human hair isotopic values, *American Journal of Physical Anthropology* 108, 1999, p. 409-425.

O'Connell et al. 2012, O'CONNELL T.C., KNEALE C.J., TASEVSKA N., KUHNLE G.G.C. 2012. The diet-body offset in human nitrogen isotopic values: A controlled dietary study, *American Journal of Physical Anthropology* 149(3), 2012, p. 426-434.

Richard & Schulting 2006, RICHARDS M.P. & SCHULTING R.J. [and response by], Milner NJ, Craig OE, Bailey GN, and Andersen SH. Touch not the fish: the Mesolithic-Neolithic change of diet and its significance, *Antiquity* 80, 308, 2006, p. 444-462.

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

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

Sealy et al. 1987, SEALY J.C., VAN DER MERWE N.J., LEE-THORP J.A. & LANHAM J. L. Nitrogen isotopic ecology in Southern Africa: implications for environmental and dietary tracing, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, 1987, p. 2707-2717.

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

Tafuri et al. 2009, TAFURI M.A., CRAIG O.E. & CANCI A. Stable isotope evidence for the consumption of millet and other plants in Bronze Age Italy, *American Journal of Physical Anthropology*, 139, 2, 2009, p. 146-53.

Tauber 1981, TAUBER H.  $^{13}\text{C}$  evidence for dietary habits of prehistoric man in Denmark. *Nature* 292, 1981, p. 332-333.

Tchérémissinoff 2003, TCHEREMISSINOFF Y. 2003. Modalités de "ré-individualisation" des sépultures durant le Bronze ancien dans le bassin rhodanien, in: *Temps et espaces culturels : du 6ème au 2ème millénaire en France du Sud*, Gascó J, Guthertz X, and Labriffe (de) P-A (Dir.), Lattes, A.D.A.L., p 197-203.

Tchérémissinoff et al. 2010, TCHEREMISSINOFF Y. CAZES J-P. GILABERT C. DUCHESNE S. LACHENAL T. LAGARRIGUE A. & MARET D. Nouvelles sépultures individuelles du Bronze ancien dans le sud de la France : contextes et problématiques, *Bulletin de la Société Préhistorique Française* 107, 2, 2010, p. 331-352.

Trément et al. 2006, TREMENT F., LOISON G., ARGANT J., BREHERET J.-G., CABANIS M., DOUSTEYSSIER B., FOURMONT A., FOURNIER G., LIABEUF R., LOPEZ-SAEZ J.-A. et al. Interactions sociétés-milieus en Grande Limagne du Néolithique à l'époque romaine. Apport des recherches interdisciplinaires conduites dans le bassin de Sarliève (Puy-de-Dôme), in: *Paysages et peuplements : aspects culturels et chronologie en France méridionale*, Fouéré P., Chevillot C., Courtaud P. et al. (Dir.), Actualité de la recherche des 6èmes rencontres méridionales de Préhistoire Récente (Périgueux, 14-16 octobre 2004), Périgueux, ADRAHP-PSO. 2006p 11-32.

- Ubelaker, 1989, UBELAKER D.H. (Dir.) *Human skeletal remains, excavation, analysis, interpretation*, Washington, Taraxacum, 1989, 172 p.
- Valentin *et al.* 2010, VALENTIN F., BUCKLEY H., HERRSCHER E., KINASTON R., BEDFORD S., SPRIGGS M., HAWKINS S. & NEAL K. Lapita subsistence strategies and food consumption patterns in the community of Teouma (Efate, Vanuatu), *Journal of Archaeological Science*, 37, 2010, p. 1820-1829.
- Valentin *et al.* 2011, VALENTIN F., HERRSCHER E., PETCHEY F. & ADDISON D.J. An analysis of the last 1000 years human diet on Tutuila (American Samoa) using carbon and nitrogen stable isotope data, *American Antiquity* 76, 3, 2011, p. 473-86.
- van der Merwe & Vogel 1978, VAN DER MERWE N.J. & VOGEL J.C.  $^{13}\text{C}$  content of human collagen as a measure of prehistoric diet in Woodland North America, *Nature*, 276, 1978, p. 815-816.
- van der Merwe 1982, VAN DER MERWE N.J. Carbon isotopes photosynthesis and archaeology, *American Scientist*, 70, 1982, p. 596-606.
- van der Merwe 1989, VAN DER MERWE N.J. Natural variation in  $^{13}\text{C}$  concentration and its effects on environmental reconstruction using  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios in animal bones, in: *The chemistry of prehistoric human bone*, Price T.D. (Dir.), Cambridge, Cambridge Academic Press 1989, p. 105-25.
- van Klinken 1999, VAN KLINKEN G.J. Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements, *Journal of Archaeological Science*, 26, 1999, p. 687-695.
- Varalli *et al.* 2013, VARALLI A., GOUDE G. & MOGGI-CECCHI J. Investigation of Italian Bronze Age dietary patterns: an anthropological and multi-element stable isotope approach. *Archaeology of food and drink, Annual Meeting of the European Association of Archaeologists (4-8 septembre 2013 Pilsen)*, communication orale.
- Varalli *et al.* soumis, VARALLI A., MOGGI-CECCHI J., GOUDE G. Investigation of Italian Bronze Age dietary patterns: an anthropological and multi-element stable isotope approach, *Journal of Archaeological Science*.
- Vermeulen 2001, VERMEULEN C. (Dir), *Puy de Dôme - Gerzat (63) Chantemerle*. Rapport de l'opération préventive de fouille archéologique. Clermont-Ferrand: Service Régional de l'Archéologie, 2001, 44 p.
- Virginia & Delwiche 1982, VIRGINIA R.A. & DELWICHE C.C. Natural  $^{15}\text{N}$  abundance of presumed  $\text{N}_2$  fixing and non  $\text{N}_2$  fixing plants from selected ecosystems, *Oecologia*, 57, 1982, p. 317-325.
- Vital 2008a, VITAL J. Architectures, sociétés, espaces durant l'Age du Bronze; Quelques exemples dans le Bassin Rhodanien, in: *Villes, villages, campagnes à l'Age du Bronze Séminaire du Collège de France*, Guilaine J, (Dir.), Paris, Errance, 2008, p 179-201.
- Vital 2008b, VITAL J. La séquence Néolithique final-Bronze ancien dans l'axe rhodanien : enseignements chronométriques et perspectives culturelles, *Bulletin de la Société préhistorique française* 105, 3, 2008, p. 539-554.
- Vital J. 2012, VITAL J. Bilan chronologique et géographique. In: Vital J, Convertini F, and Lemercier O, editors. *Composantes culturelles et premières productions céramiques du Bronze ancien dans le sud-est de la France : résultats du projet collectif de recherche 1999-2009*. Oxford: Archaeopress, British Archaeological Reports - International Series, 2446, 2012, p. 73-90.

## NOTES

1. Cette recherche a été menée dans le cadre d'un projet réalisé en collaboration avec l'INRAP. Elle a reçu le soutien financier de la Fondation Nestlé France (2009-2011) et de l'INRAP.
2.  $\delta^{13}\text{C} = \left[ \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ échantillon})}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ standard})} - 1 \right] \times 1000 \text{ ‰}$  ;  $\delta^{15}\text{N} = \left[ \frac{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ échantillon})}{(^{15}\text{N}/^{14}\text{N} \text{ standard})} - 1 \right] \times 1000 \text{ ‰}$
3. Compte tenu des faibles effectifs, les paramètres de statistique descriptive, de position et de dispersion pour les valeurs isotopiques sont la médiane et les intervalles interquartiles, notés [Q1 ; Q3].
4. Le test non paramétrique retenu ici est le Test U de Mann-Whitney, compte tenu des faibles effectifs inférieurs à 30, seule la valeur du p-exact a été considérée. Le seuil de significativité retenu est de 0,05. Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel ©STATISTICA 9.
5. Test U Mann-Whitney : Herbivores(13)/Porc-Chien(9) : p-exact( $\delta^{13}\text{C}$ ) = 0,00 ;  $\Delta^{13}\text{C}_{\text{me}} = 1,3 \text{ ‰}$
6. Test U Mann-Whitney : Bovin(4)/Porc-Chien(9) : p-exact( $\delta^{15}\text{N}$ ) = 0,00 ;  $\Delta^{15}\text{N}_{\text{me}} = 2,8 \text{ ‰}$
7. respectivement  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$  : -19,8 ‰/10,6 ‰ ; [-19,9 ‰/10,3 ‰ ; -19,6 ‰/11,0 ‰], N = 49
8. respectivement  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$  : -20,4 ‰/11,4 ‰ ; [-20,5 ‰/11,2 ‰ ; -20,3 ‰/12,3 ‰], N = 9
9. respectivement  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$  : -20,9 ‰/8,8 ‰ ; [-21,2 ‰/8,5 ‰ ; -20,4 ‰/10,5 ‰], N = 4
10. respectivement  $\delta^{13}\text{C}/\delta^{15}\text{N}$  : -19,7 ‰/11,1 ‰ ; [-19,7 ‰/10,3 ‰ ; -19,4 ‰/12,4 ‰], N = 7
11. Étude en cours de réalisation avec la collaboration de O. Dutour (EPHE, UMR 5199, Bordeaux)
12. Test U Mann-Whitney : Auvergne(22)/Italie-sud(3) : p-exact( $\delta^{15}\text{N}$ ) = 0,31 ; Auvergne(22)/Italie-nord(3) : p-exact( $\delta^{15}\text{N}$ ) = 0,35
13. Test U Mann-Whitney : Auvergne(22)/Italie-sud(3) : p-exact( $\delta^{13}\text{C}$ ) = 0,45
14. Test U Mann-Whitney : Auvergne(22)/Italie-nord(3) : p-exact( $\delta^{13}\text{C}$ ) = 0,00
15. Test U Mann-Whitney : Auvergne(49)/Italie-sud(18) : p-exact( $\delta^{15}\text{N}$ ) = 0,00 ; Auvergne(49)/Italie-nord(21) : p-exact( $\delta^{15}\text{N}$ ) = 0,00
16. Test U Mann-Whitney : Auvergne(49)/Italie-sud(18) : p-exact( $\delta^{13}\text{C}$ ) = 0,00 ; Auvergne(49)/Italie-nord(21) : p-exact( $\delta^{13}\text{C}$ ) = 0,00

## RÉSUMÉS

Les modifications, relatives aux systèmes de production et à l'apparition d'une hiérarchisation sociale, attestées dès le Bronze ancien en Europe occidentale, ne semblent pas apparaître de façon linéaire mais plutôt selon des stratégies régionales. Ces faits sont notamment illustrés sur le site de Chantemerle, à Gerzat (ca. 2300-1600 BC cal.) dont les fouilles ont révélé une affirmation du statut de l'individu dans la mort associée à une répartition sexuelle et sociale des sujets et des biens accompagnant les défunts au sein de l'espace funéraire. Ces différentes observations archéo-anthropologiques ont permis de proposer l'hypothèse de l'existence d'une société hiérarchisée au Bronze ancien à Gerzat. À partir de cette population, notre étude a pour objectif de cerner la variabilité des choix alimentaires et d'analyser les relations entre la hiérarchisation sociale apparente et la gestion/distribution des ressources alimentaires. Pour cela, des dosages isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) ont été réalisés sur le collagène osseux de 49 sujets humains. L'écosystème local a été caractérisé isotopiquement à partir d'un cortège faunique varié constitué de 22 restes osseux contemporains régionalement. L'analyse préliminaire montre une large dispersion des signatures isotopiques que ce soit pour les animaux ( $\delta^{13}\text{C}$  : -21,7 à -19,5 ‰ ;  $\delta^{15}\text{N}$  : 4,3 à 10,5 ‰,

N = 22) ou les humains ( $\delta^{13}\text{C}$  : -20,5 à -19,2‰,  $\delta^{15}\text{N}$  : 8,8 à 11,7 ‰, N = 49), témoignant de la fréquentation d'environnements isotopiquement variés et/ou d'une alimentation diversifiée. Aucune consommation du millet n'a été observée, autant pour les sujets humains que pour la faune. L'analyse des pratiques alimentaires selon le sexe et l'âge n'atteste pas de différence entre les sujets. Si les pratiques funéraires ne semblent pas être clairement en lien avec des pratiques alimentaires spécifiques, une tendance est observée chez les sujets humains découverts en association avec du mobilier (alène, parure, poignards, etc.) qui pourraient avoir eu un accès plus important aux protéines animales (viande, lait, fromage) relativement aux sujets dont les sépultures sont exemptes de mobilier.

Ce travail a été financé par la Fondation Nestlé France et l'INRAP.

Metal exploitation, modifications of the production system and manifestation of a social hierarchy are archaeologically attested during the Early Bronze Age in Western Europe. These social and technical modifications do not seem to appear in a linear way but rather according to regional strategies. Moreover, the subsistence pattern seems mainly turned toward herding and agriculture with a different access to the food items in relation with social and biological criteria. Based on an isotopic approach, the objectives of this research are (1) to characterize the dietary practices of individuals buried in Auvergne region and (2) to evaluate the impact of the local environment on human food choices and the management of these resources. Stable isotopic analyses ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) were performed on bone collagens from 49 human individuals and 22 animal remains excavated in three contemporary nearby archaeological sites dated to the Early Bronze Age (ca. 2300-1600 BC cal.): Chantemerle (Puy de Dôme), Orcet/Le Tourteix (Puy de Dôme), and Dallet/Machal (Puy de Dôme). Results show a wide dispersion of both carbon and nitrogen isotopic values for animals (-21.7 to -19.5‰; 4.3 to 10.5‰, n=22) and for nitrogen isotopic values for human individuals (-20.5 to -19.2‰ ; 8.8 to 11.7‰, n=49). These values are in relation either with a varied environment or the consumption of diversified food items. Isotopic data do not show any significant consumption of millet for both animal and human groups whereas its cultivation is attested in Central France during the Bronze Age. For animals,  $\delta^{15}\text{N}$  values of ovicaprid are higher than expected, indicating a probable consumption of specific fodder enriched in  $^{15}\text{N}$ . The wide nitrogen isotopic range for humans (3‰) suggest a differential consumption of animal proteins within the group, which should come from the meat and secondary products (milk, cheese) and a differential consumption of the meat of suid, bovid and ovicaprid. The human inter-variability of isotopic ratios has been analyzed according biological and funerary criteria, no significant cluster appears. The apparent social hierarchy of certain subjects buried in pit well-architected is not expressed either by significant food behaviors. A European comparison allows us to propose regional dietary practices involving a differential consumption of meat proteins according to pastoral and agricultural activities as well as the introduction of the millet crop cultivation.

This work was founded Nestlé France Foundation and INRAP.

## INDEX

**Keywords** : Bronze Age, diet, hierarchy, Auvergne (Central France), stable isotopes, nitrogen, carbon, collagen

**Mots-clés** : âge du Bronze, alimentation, hiérarchie, Auvergne, isotopes stables, azote, carbone, collagène

## AUTEURS

### **ESTELLE HERRSCHER**

UMR CNRS 7269 LAMPEA, MMSH, 5 rue du Château de l'Horloge - B.P. 647, 13094 Aix-en-Provence Cedex 2, France - herrscher@mmsch.univ-aix.fr

### **GWENAËLLE GOUDE**

UMR CNRS 7269 LAMPEA, MMSH, 5 rue du Château de l'Horloge - B.P. 647, 13094 Aix-en-Provence Cedex 2, France - goude@mmsch.univ-aix.fr

### **RENAUD LISFRANC**

INRAP Centre archéologique Méditerranée, 11 Place Bougainville, 13015 Marseille, France - renaud.lisfranc@inrap.fr

### **VIANNEY FOREST**

INRAP 52, avenue du Pont Juvénal, 34000 Montpellier, France / Centre de Recherche sur la Préhistoire et la Protohistoire de l'aire méditerranéenne, 39, Allées Jules Guesde, Toulouse, France - vianney.forest@inrap.fr

### **CHRISTINE VERMEULEN**

INRAP Région Auvergne, 9 place Dumas de Loire, 69009 Lyon - christine.vermeulen@inrap.fr