



**PALEO**

Revue d'archéologie préhistorique

22 | 2011

Varia

---

## Les derniers rennes de Dordogne

Nouvelles données chronologiques et environnementales par l'étude isotopique du collagène ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ )

*The last reindeer of Dordogne: new chronological and environmental data using isotopic signature of collagen ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ )*

Dorothee G. Drucker, Stéphane Madelaine et André Morala

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/paleo/2087>

ISSN : 2101-0420

### Éditeur

SAMRA

### Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2011

Pagination : 85-100

ISSN : 1145-3370

### Référence électronique

Dorothee G. Drucker, Stéphane Madelaine et André Morala, « Les derniers rennes de Dordogne », *PALEO* [En ligne], 22 | 2011, mis en ligne le 13 avril 2012, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/paleo/2087>

---



*PALEO* est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

# LES DERNIERS RENNES DE DORDOGNE : nouvelles données chronologiques et environnementales par l'étude isotopique du collagène ( $^{13}\text{C}$ , $^{14}\text{C}$ et $^{15}\text{N}$ ).

Dorothee G. DRUCKER<sup>(1, 2)</sup>, Stéphane MADELAINE<sup>(3)</sup>, André MORALA<sup>(3)</sup>

**Résumé :** Dans le cadre d'une étude régionale sur les modalités chronologiques et environnementales de la disparition du Renne (*Rangifer tarandus*) et de l'expansion du Cerf (*Cervus elaphus*) et du Chevreuil (*Capreolus capreolus*), une série d'analyses isotopiques en isotopes stables ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) et de datations  $^{14}\text{C}$  par SMA sur collagène a été réalisée sur des cervidés des sites du Tardiglaciaire du Moulin du Roc (Saint-Chamassy) et de La Gare de Couze (Lalinde) situés en Dordogne. Les résultats des datations directes confirment la cohabitation du Renne et du Chevreuil au cours du Tardiglaciaire. Des cerfs datés des couches du Magdalénien supérieur de La Gare de Couze et du Magdalénien final du Moulin du Roc s'avèrent contemporains de la fin du Dryas récent ou GS-1. De plus, la couche brune-bigarrée du Moulin du Roc a livré un reste de Renne daté de  $11860 \pm 60$  ans BP (13480-13860 ans cal BP, GrA-44537) qui situe ce spécimen au début de l'Alleröd ou GI-1c. Cette donnée confirme la présence du Renne en Dordogne après 12000 ans BP (ca. 13800 ans cal BP), alors que cette espèce semble avoir déjà disparu dans la région montagneuse des Pyrénées françaises et de la plaine septentrionale du Bassin parisien. Les teneurs en  $^{13}\text{C}$  des rennes de Dordogne montrent une légère diminution attribuable à la baisse de la disponibilité du lichen probablement liée au réchauffement climatique du début du Bölling. Cette tendance ne semble pas se confirmer avec le Renne de l'Alleröd du Moulin du Roc dont les teneurs isotopiques sont semblables à celles de ses congénères du Dryas ancien. Par ailleurs, les rennes du sud-ouest de la France présentent une teneur moyenne en  $^{15}\text{N}$  plus élevée que celles des rennes du Poitou, du Bassin parisien et des Alpes du Nord et Jura entre 12100 et 13400 ans BP (ca. 14000-16600 ans cal BP). Ce résultat pourrait refléter la reprise plus précoce de la pédogénèse dans le territoire du sud-ouest qui n'a pas subi la proximité d'un front glaciaire ou l'emprise directe d'un permafrost continu au cours du Dernier Maximum Glaciaire, à la différence des régions du Bassin parisien et du Jura. Les derniers rennes de Dordogne ont ainsi persisté au-delà de 12 000 ans BP dans un milieu où la production végétale s'était déjà intensifiée, permettant la coexistence de différentes espèces de cervidés. Nous présentons l'hypothèse qu'il pourrait s'agir d'une adaptation temporaire aux changements climatiques de l'interstade du Tardiglaciaire par des rennes sédentaires dans le sud-ouest de la France, tandis que les groupes plus mobiles des régions septentrionales ont changé leurs aires de répartition en modifiant leur schéma de déplacement.

**Mots-clés :** azote-15, carbone-13, carbone-14, Cerf, Chevreuil, collagène, Dordogne, Renne, Tardiglaciaire.

**Key-words:** nitrogen-15, carbon-13, carbon-14, red deer, roe deer, collagen, Dordogne, reindeer, Late-Glacial.

(1) Fachbereich Geowissenschaften, Forschungsbereich Paläobiologie, Universität Tübingen, Hölderlinstr. 12, D-72074 Tübingen (Germany)- dorothee.drucker@ifu.uni-tuebingen.de

(2) Fachbereich Geowissenschaften, Forschungsbereich Urgeschichte und Naturwissenschaftliche Archäologie, Universität Tübingen, Rümelinstr. 23, D-72070 Tübingen (Germany)

(3) Musée national de Préhistoire, 1 rue du Musée, 24620 Les Eyzies-de-Tayac et UMR PACEA 5199, Université Bordeaux 1, Bâtiment de Géologie B18, Avenue des Facultés, 33405 Talence - stephane.madelaine@culture.gouv.fr

## Abridged english version

### ***The last reindeer of Dordogne: new chronological and environmental data using isotopic signature of collagen (<sup>13</sup>C, <sup>14</sup>C, <sup>15</sup>N).***

The Late-Glacial at the end of the Upper Pleniglacial (ca. 18,000 to 11,500 years BP) was a period of important climatic and environmental change witnessed by populations of hunters-gatherers. The Late-Glacial to early Holocene transition is characterized by a change from glacial to temperate ecosystems in western Europe. The replacement of arctic-steppe species (e.g. mammoth, woolly rhinoceros, reindeer...) and the expansion of temperate species (red deer, roe deer, wild boar) happened in northwestern Europe with specific patterns at the regional scale (for France see Bridault et Chaix 2002 ; Bridault et Fontana 2003). Thus, local studies of the environmental and chronological context of Late-Glacial deer are considered (e.g. Coard et Chamberlain 1999; Bridault et Chaix 2002; Stuart et Lister 2007). In this study, reindeer (*Rangifer tarandus*), red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) from the Late-Glacial sites of La Gare de Couze (Lalinde) and Le Moulin du Roc (Saint-Chamassy) in Dordogne (fig. 1) were examined for radiocarbon (<sup>14</sup>C) dating and stable isotopes (<sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N).

AMS radiocarbon dating allows to work on small amounts of bone (ca. 1 gram). Moreover, direct dating of determined bones makes it possible to investigate the chronological and geographical pattern of survival or disappearance of a given species or group of species (e.g. Stuart and Lister 2004 ; Guthrie 2006).

The relative amounts in <sup>13</sup>C and <sup>15</sup>N in bone collagen reflect those of the animal's diet. The abundance in carbon and nitrogen stable isotopes of an herbivore depends on the consumed plant growth forms and the environmental condition during the development of those plants (see Koch 2007). In northwestern Europe, vegetation was exclusively composed of C<sub>3</sub> plants during the Late-Glacial. The canopy effect could be a source of variation since lower <sup>13</sup>C abundances are found in plants under dense forest cover compared to open air conditions as a result of intense atmospheric carbon recycling and low light intensity (see Heaton 1999). Thus, the herbivores feeding on plants under a dense canopy cover exhibit lower <sup>13</sup>C abundances than those eating plants from open contexts such as steppe or open woodland (see Drucker et al. 2008). The <sup>15</sup>N abundances in herbivores depend on those of plants, which in return are influenced by the soil activity through nitrogen biogeochemical processes. Soils and plants <sup>15</sup>N abundances increase with pedogenic activity, as found in lower altitude compared to higher altitude in mountains (Mariotti et al. 1980) and after the retreat of a glacier (Hobbie et al. 1998, 2005). Among factors that can influence soil maturation, temperature appears to be the driving parameter during the Upper Palaeolithic and the Late-Glacial (Drucker et al. 2003a; Drucker et al. 2009b).

We selected skeletal remains of reindeer and red deer from La Gare de Couze, level C, G0 and H (Late Magdalenian; Bordes et Fitte 1964; Fitte et Sonnevile-Bordes 1962; Bordes et Sonnevile-Bordes 1979) and of reindeer, red deer and roe deer from Le Moulin du Roc, layer brune-bigarrée (Final Magdalenian; Morala 1994; Detrain et al. 1996; Courtaud et Morala 2003 et 2004; Morala 2005). When possible, bone fragments were preferred as they deliver an isotopic record over several years (see Koch 2007), while tooth roots could be influenced by the milk consumption in the first months of the animal's life (Bocherens et al. 1994). As a result, the <sup>15</sup>N abundances measured in tooth roots were not considered in this study.

Collagen was extracted following Bocherens et al. (1997) at the Institute of Prehistory, Protohistory and Mediaeval Archaeology of Tübingen University (Germany). Elemental analysis (C<sub>coll</sub>, N<sub>coll</sub>) and isotopic analysis (δ<sup>13</sup>C<sub>coll</sub>, δ<sup>15</sup>N<sub>coll</sub>) were conducted at the Geosciences Institut of Tübingen University using a NC2500 CHN-elemental analyzer coupled to a Thermo Quest Delta+XL mass spectrometer. Isotopic signature of collagen can be considered as reliable when the atomic C/N ratios (C/N<sub>coll</sub>) is situated between 2.9 and 3.6 (DeNiro 1985). Isotopic abundances are expressed as δ (delta) values, as follows: δ<sup>EX</sup> = (R<sub>sample</sub>/R<sub>standard</sub> - 1).1000 (‰), where X stands for C or N, E stands for 13 or 15, and R stands for the isotopic ratios <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C, <sup>15</sup>N/<sup>14</sup>N, respectively. The standard, internationally defined, is a marine carbonate (PDB) for carbon and atmospheric nitrogen (AIR) for nitrogen. Analytical error is 0.1 ‰ for <sup>13</sup>C values, 0.2 ‰ for <sup>15</sup>N values.

Samples of deer were also chosen for AMS dating since the previous dating results were performed by counting method in La Gare de Couze (tabl. 1; Evin et al. 1976) and direct AMS dating measurements were available only for another part of the site in Le Moulin du Roc (tabl. 1 ; Detrain et al. 1996; Jones 2004, 2006). Either a part of the same bones than those studied for stable isotopes (La Gare de Couze) or the extracted collagen (Le Moulin du Roc) were sent to the Centre for Isotope Research of Groningen University (The Netherlands). In both cases, the isotopic reliability of the collagen was checked using its chemical composition (see Ambrose 1990; Drucker 2001).

The range of δ<sup>13</sup>C<sub>coll</sub> and δ<sup>15</sup>N<sub>coll</sub> values of reindeer (- 20.2 to - 19.2 ‰ and 3.0 to 4.6 ‰, respectively) and red deer (- 20.5 to - 20.1 ‰ and 4.5 to 5.5 ‰, respectively) from La Gare de Couze were comparable to those exhibited by the same species in Le Moulin du Roc (- 19.8 to - 19.4 ‰ and 3.3 to 4.3 ‰, respectively for reindeer ; - 20.3 to - 19.8 ‰ and 5.4 ‰, respectively for red deer). Red deer had lower δ<sup>13</sup>C<sub>coll</sub> values and higher δ<sup>15</sup>N<sub>coll</sub> values than those of reindeer in both sites (fig. 2, tabl. 2). Compared to the other cervids, the roe deer of Le Moulin du Roc exhibited the lowest δ<sup>13</sup>C<sub>coll</sub> values and among the highest δ<sup>15</sup>N<sub>coll</sub> values.

The systematically higher  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  values of reindeer compared to those of red deer and roe deer can be attributed to the high consumption of lichen whose  $^{13}\text{C}$  abundances are higher than those of vascular plants (Drucker *et al.* 2003a). Differences in  $^{15}\text{N}$  abundances depend on complex factors including the ingested plant types, the soil activity and the climatic conditions (Drucker *et al.* 2003a), which explain the rather high range of  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  values of a species such as reindeer (fig. 2). Thus, direct radiocarbon dating measurements are necessary to decipher the isotopic variation pattern of a species and among species.

The new calibrated dating results on the reindeer from level H of La Gare de Couze gave a narrower but comparable range than the previous counting dating (13,600-15,940 cal BP,  $2\sigma$  instead of 14,170-15,670 cal BP,  $2\sigma$ ) overlapping the end of the Older Dryas and the Bölling period (fig. 3, tabl. 4). The level G0 of La Gare de Couze could be considered as contemporaneous of the Bölling period (14,190-15,050 cal BP,  $2\sigma$ ). Radiocarbon dates of the La Gare de Couze red deer were more recent as they correspond to the transition from the Younger Dryas to the Preboreal.

All the radiocarbon dates found for the layer brune-bigarrée of Le Moulin du Roc were younger than the Bölling (fig. 3, tabl. 4). The roe deer was coeval to the Older Dryas or GI-1d, and the red deer to the end of the Younger Dryas. The reindeer of Le Moulin du Roc was dated to the Alleröd or GI-1c (13480-13860 cal BP,  $2\sigma$ ). This radiocarbon date is comparable to the result found on a reindeer of La Faurélie II (level 4,  $11,850 \pm 70$  BP ; Langlais *et al.* in press), but with a higher reliability of the analysed collagen. This is thus the youngest well-established AMS dated reindeer found so far for southwestern France. Indeed, the reindeers of Dufaure and Duruthy, which were supposed to have delivered among the last reindeers in France, provided Bölling radiocarbon dates (Costamagno *et al.* 2009), and the extirpation of reindeer in French Pyrenees at ca. 14,000 cal BP is currently hypothesized (Fontana et Brochier 2009). Direct dating have confirmed the extirpation of reindeer from northern Alps and French Jura around 13,800 cal BP (Bridault *et al.* 2000 ; Oberlin et Pion 2009), which corresponds also to the beginning of the Alleröd. In Massif Central, the most recent radiocarbon dating on reindeer gave a result of  $12,290 \pm 60$  BP (Beta-124232 ; Fontana 2000b), but the poor conditions of collagen preservation (Drucker unpublished) make this dating questionable. Finally, reindeer younger than 12,000 yr BP was found in Le Tureau-des-Gardes at Marolles-sur-Seine in the Paris Basin ( $11,560 \pm 100$  BP Ly-6989 ; Bridault *et al.* 1997), but the dating was probably performed using counting method on several mixed bones. At Etiolles, a AMS dating of  $11,790 \pm 60$  yr BP (Lyon-2417 (GrA)) was measured on a vertebrae that was first attributed to reindeer, but finally identified as horse (Chevallier et Bignon 2010). Thus, the dating results of Le Moulin du Roc confirm the survival of reindeer in southwestern France, in association with red deer and roe deer in an open landscape as reflected by their  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  values.

A slight decrease in the  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  values is observed for southwestern reindeer during the Bölling. This change was attributed to the decrease of lichen consumption (Drucker et Célérier 2001 ; Drucker 2007a ; Drucker *et al.* 2009a) as the lichen suffers from warming climatic conditions (Cornelissen *et al.* 2001). A return to the Pleniglacial  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  values was observed, based on the Alleröd reindeer of Le Moulin du Roc, but additional data are needed to confirm it. Such changes in  $^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  abundance could reflect the changing environment of the Late-Glacial suffered by reindeer, which were probably sedentary (Delpech 1979; Fontana 2000a). In contrast, the reindeer  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  values of the northern Alps and French Jura appeared as stable through the Late-Glacial interstadial. This difference of isotopic pattern between the two regions is consistent with the hypothesis of a migrating population that ceased coming in the northern Alps and French Jura when the climatic conditions became less favourable.

The  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  values of the Bölling/Alleröd reindeer of southwestern France (Szmids *et al.* 2009; this study) are higher than those found in reindeer from Poitou (Le Bois-Ragot; Drucker et Bocherens 2005), northern Alps and French Jura (16 sites; Drucker *et al.* 2009a) and the Paris Basin (Etiolles, Pincevent, Le Tureau-des-Gardes, Verberie; Drucker 2007b). This could be linked to a renewal in soil processes after the Late Glacial Maximal that started earlier in southwestern France than in other regions where ice cap or permafrost influence were stronger and longer. During the Late-Glacial interstadial, the soils in southwestern France could have been mature enough to support complex vegetation that could sustain high deer diversity.

The driving environmental parameter of the local extinction of reindeer from southwestern France is still difficult to decipher. Other direct radiocarbon dating on well-identified reindeer remains could help to investigate this question. Climatic but also other parameters such as the increasing competition with other deer (red deer, roe deer) and the hunting pressure from human populations should be considered.

## Introduction

Le Tardiglaciaire (ca. 18000 à 11500 cal BP) qui marque la fin du Pléniglaciaire supérieur est le cadre de profonds changements climatiques et culturels pour les populations de chasseurs-cueilleurs d'Europe de l'ouest. La transition entre la fin du Pléniglaciaire supérieur et le début de l'Holocène se caractérise par le passage d'un milieu de type glaciaire à un milieu de type tempéré. Le Tardiglaciaire se caractérise par des épisodes climatiques contrastés tant du point de vue global (Stuiver *et al.* 1995 ; Björk *et al.* 1998 ; Lowe *et al.* 2008) que local, comme en témoignent les enregistrements polliniques et fauniques des sites naturels et archéologiques (par exemple, Coard et Chamberlain 1999 ; Bridault et Chaix 2002 ; Stuart et Lister 2007). La recomposition significative du monde végétal et animal qui en résulte a très probablement influencé les pratiques de subsistance des populations humaines de chasseurs-cueilleurs. La disparition ou l'émigration des espèces dites froides (Mammouth, Rhinocéros laineux, Renne...) et le développement des espèces caractéristiques de milieu tempéré (Cerf, Chevreuil, Sanglier...) se sont opérés sur l'ensemble du nord-ouest de l'Europe selon des modalités propres à chaque région, comme l'illustrent différentes études menées sur la France (par exemple Bridault et Chaix 2002 ; Bridault et Fontana 2003). Ainsi, les études à l'échelle locale établissant le cadre chronologique de la disparition ou de l'expansion de certaines espèces chassées par l'Homme sont de plus en plus envisagées. Le présent travail a pour but d'apporter des éléments de chronologie, par des datations radiocarbone, et d'éthologie, par les mesures en isotopes stables, sur Renne (*Rangifer tarandus*), Cerf (*Cervus elaphus*) et Chevreuil (*Capreolus capreolus*) provenant du cortège faunique de deux sites du Tardiglaciaire de Dordogne : La Gare de Couze (commune de Lalinde), fouilles Paul Fitte et François Bordes (1957, 1961 et 1962), et Le Moulin du Roc (commune de Saint-Chamassy), fouilles André Morala (1990, 1994, 2003 à 2005) (fig. 1).

La datation directe par  $^{14}\text{C}$  par spectrométrie de masse couplée à un accélérateur (SMA) permet à présent de travailler sur des échantillons osseux de l'ordre du gramme. Par ailleurs, les datations directes sur des ossements déterminés ont permis d'établir des séquences chronologiques et géographiques de la présence d'une espèce ou d'un groupe d'espèces, ce qui constitue la base indispensable à l'étude de la disparition ou de l'expansion de certains taxons (par exemple, Guthrie 2006 ; Stuart et Lister 2007).

Les teneurs relatives en  $^{13}\text{C}$  et en  $^{15}\text{N}$  du collagène osseux d'un animal reflètent celles de sa nourriture. Ainsi, les teneurs isotopiques en carbone et azote d'un herbivore dépendent du type de plantes consommées et des conditions de développement de ces plantes (Koch 2007). Dans le contexte qui nous intéresse, la végétation est composée exclusivement de plantes à mode de photosynthèse dit en  $\text{C}_3$  (la première molécule formée comprend 3 atomes de carbone) à la différence des plantes tropicales dont la photosynthèse est dite en  $\text{C}_4$  (la

première molécule formée comprend 4 atomes de carbone). Au sein des plantes en  $\text{C}_3$ , les plantes de sous-bois sont soumises à l'effet conjoint d'un recyclage du carbone plus intense et d'un ensoleillement plus faible que les plantes de prairies. Cet effet de la canopée s'exprime par des teneurs en  $^{13}\text{C}$  plus basses des végétaux présents en milieu dit fermé par rapport aux végétaux de milieu dit ouvert (Heaton 1999). Ainsi, les herbivores s'alimentant dans un habitat à couvert forestier dense présentent des teneurs en  $^{13}\text{C}$  du collagène plus faibles que les herbivores s'alimentant en milieu plus ouvert de type steppe ou boisement clairsemé (Drucker *et al.* 2008).

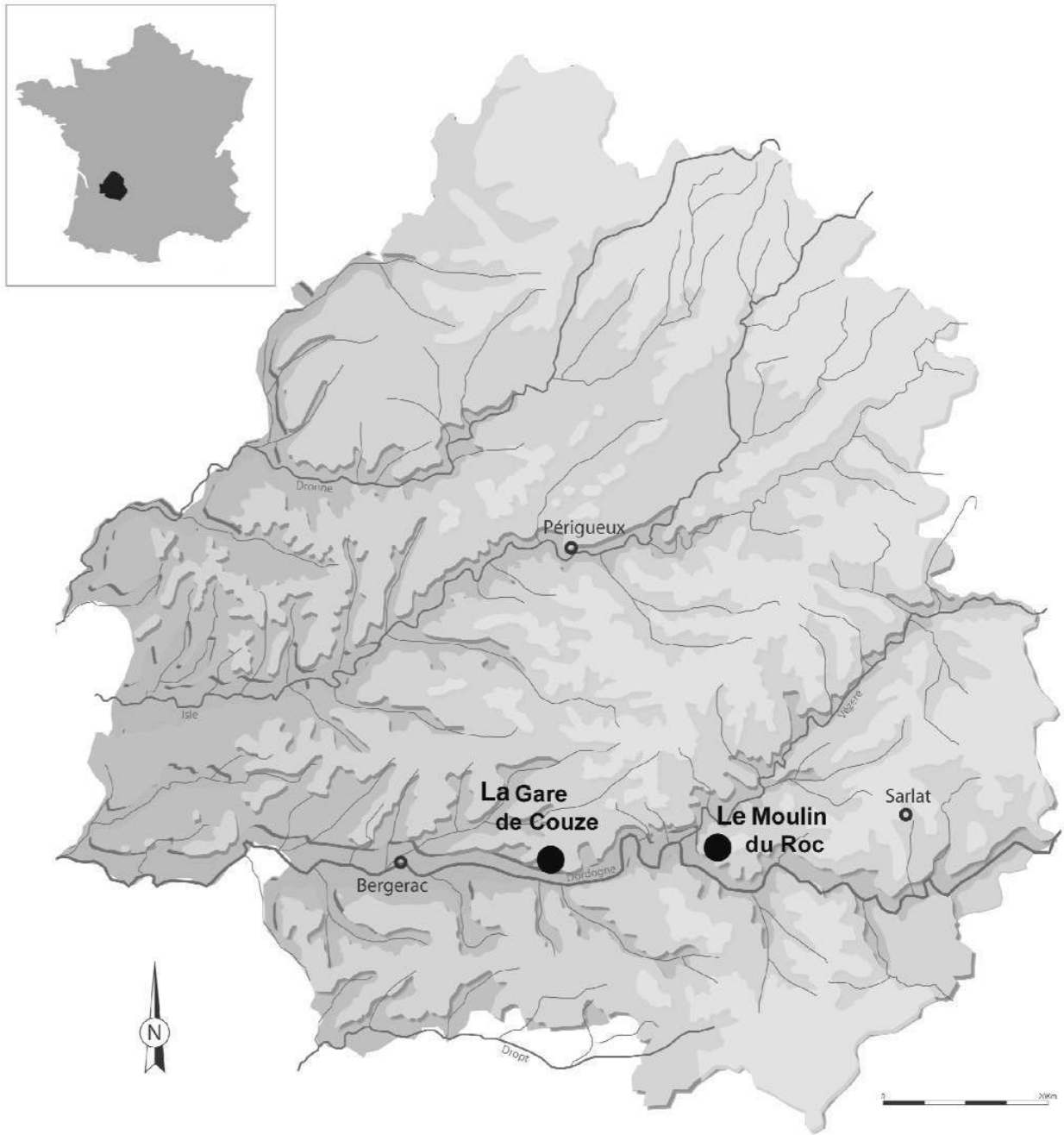
Les teneurs en  $^{15}\text{N}$  du collagène des herbivores dépendent également de la composition de la végétation consommée comme des conditions environnementales auxquelles elle a été soumise. Dans les milieux tempérés et péri-arctiques, l'activité des sols joue un rôle déterminant sur les teneurs en  $^{15}\text{N}$  de la végétation via le cycle de l'azote (voir Amundson *et al.* 2003). Les conditions qui stimulent la pédogenèse, comme l'augmentation de la température et la fertilisation des sols, entraînent l'augmentation des teneurs en  $^{15}\text{N}$  des sols et des plantes. Une augmentation des teneurs en  $^{15}\text{N}$  des sols est ainsi retrouvée entre moyenne et haute altitude en milieu montagnard (Mariotti *et al.* 1980). De même, les sols et les plantes voient leurs teneurs en  $^{15}\text{N}$  augmenter avec la maturation des sols après le retrait d'un glacier (Hobbie *et al.* 1998, 2005). Parmi les facteurs qui influent sur le cycle de l'azote dans les sols et par répercussion sur les teneurs en  $^{15}\text{N}$  des herbivores, la température paraît être un paramètre prépondérant dans le contexte du Paléolithique supérieur et du Tardiglaciaire (Drucker *et al.* 2003a ; Drucker *et al.* 2009b).

## Matériel et méthodes

Pour le gisement de La Gare de Couze, nous avons sélectionné des échantillons de Renne (n=7) et de Cerf (n=4) des couches C, G0 et H attribuées au Magdalénien supérieur (Bordes et Fitte 1964 ; Fitte et Sonnevile-Bordes 1962 ; Bordes et Sonnevile-Bordes 1979). Pour le site du Moulin du Roc, les prélèvements ont été réalisés sur des restes de Renne (n=5), de Cerf (n=3) et de Chevreuil (n=3) de la couche brune-bigarrée attribuée au Magdalénien final (Morala 1994 ; Detrain *et al.* 1996 ; Courtaud et Morala 2003 et 2004 ; Morala 2005).

Dans la mesure du possible, nous avons choisi de prélever les parties osseuses afin de disposer d'un enregistrement isotopique qui rende compte d'une moyenne de l'alimentation sur plusieurs années de la vie de l'individu (voir Koch 2007). Dans le cas de racines dentaires, nous n'avons pas utilisé les résultats des teneurs relatives en  $^{15}\text{N}$  en raison du possible effet de la consommation de lait dans les premiers mois de la vie de l'animal (Bocherens *et al.* 1994).

Les collagènes ont été extraits selon la méthode décrite dans Bocherens *et al.* (1997) à l'Institut de Préhistoire, Protohistoire et Archéologie du Moyen-Âge de Tübingen



Cartographie N. Maumont - CNP - d'après P. Ranoux (modifiée)

Figure 1 - Localisation géographique des sites de La Gare de Couze et du Moulin du Roc (Dordogne).

Figure 1 - Geographical location of La Gare de Couze and Le Moulin du Roc sites (Dordogne).

(Allemagne). Les analyses élémentaires du collagène ( $N_{coll}$  et  $C_{coll}$ ) et les analyses isotopiques ( $\delta^{13}C_{coll}$ ,  $\delta^{15}N_{coll}$ ) ont été effectuées à l'Institut des Géosciences de l'Université de Tübingen (Allemagne) sur un analyseur élémentaire (NC2500) couplé à un spectromètre de masse à flux continu (Thermo Quest Delta+XL). Les rapports C/N atomiques du collagène ( $C/N_{coll}$ ) permettent de vérifier la fiabilité du résultat de l'analyse isotopique. Ainsi, un  $C/N_{coll}$  compris entre 2,9 et 3,6 atteste que les teneurs isotopiques mesurées correspondent bien à celles enregistrées du vivant de l'individu (DeNiro 1985). Les teneurs en isotopes stables du carbone ( $^{13}C/^{12}C$ ) et de l'azote ( $^{15}N/^{14}N$ ) du collagène sont exprimées en valeurs relatives ( $\delta^{13}C_{coll}$  et  $\delta^{15}N_{coll}$ ) par rapport à des standards internationaux (V-PDB pour le carbone et  $N_2$  atmosphérique pour l'azote). La précision de la mesure est de 0,1 ‰ pour les valeurs de  $\delta^{13}C$  et de 0,2 ‰ pour les valeurs de  $\delta^{15}N$ .

Pour chaque site, nous avons effectué une sélection d'échantillons de cervidés pour datation radiocarbone par SMA afin de pouvoir fixer le cadre chronologique. Les datations directes disponibles pour le site de La Gare de Couze (tabl. 1) avaient été réalisées par la méthode de comptage de l'activité radiocarbone sur des lots d'ossements, ce qui en réduit la précision. Pour Le Moulin du Roc, nous disposons de deux dates par comptage : pour la couche brune base (Magdalénien supérieur)  $15600 \pm 1200$  BP (pollution probable) (Morala et Turq comm. pers. 2009), et pour la couche brune s. l. (Magdalénien final)  $11340 \pm 170$  BP (Detrain *et al.* 1996), ces deux couches étant situées dans un autre secteur (grand abri) que celui de la couche brune-bigarrée. Cette dernière est probablement contemporaine de la fin de la formation de la couche brune qui est localisée dans le petit abri sommital et qui a déjà été l'objet de deux datations SMA de  $12790 \pm 50$  BP et  $12890 \pm 60$  BP (Jones 2004, 2006).

Dans le cadre de cette étude, nous avons envoyé soit directement le collagène extrait par nos soins (Le Moulin du Roc) soit un autre morceau du même ossement (La Gare de Couze) au Centre de Recherche sur les Isotopes de l'Université de Groningen (Pays-Bas). Dans les deux cas, l'intégrité chimique du collagène, et donc la fiabilité des mesures des isotopes stables tout comme celle du carbone 14, a été vérifiée sur la base de sa composition en carbone et en azote ( $C_{coll}$  et  $N_{coll}$ ). En effet, cette composition, à présent bien connue, est constante d'une espèce à l'autre. Les quantités moyennes de carbone et d'azote du collagène varient respectivement entre ca. 30 et 45 % et entre ca. 10 et 16% (Drucker 2001). Avec des teneurs de moins de 8 % pour le carbone et 3 % pour l'azote, les collagènes extraits sont considérés comme altérés du point de vue chimique et isotopique (Ambrose 1990).

Pour le site de La Gare de Couze, quatre échantillons de Renne provenant des couches H (n=2), G0 (n=1) et C (n=1) et un échantillon de Cerf de la couche C ont été soumis à une datation radiocarbone par SMA. Pour le site du Moulin du Roc, un échantillon de collagène de chaque espèce des cervidés représentés, à savoir le Renne, le Cerf et le

Chevreuil, a été traité au laboratoire de datation de Groningen.

## Résultats et discussion

Les valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  et  $\delta^{15}N_{coll}$  des rennes de La Gare de Couze varient de - 20,2 à - 19,2 ‰ et de 3,0 à 4,6 ‰ respectivement (fig. 2, tabl. 2). Les valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  les moins négatives sont trouvées chez les rennes de la couche C, tandis que les valeurs de  $\delta^{15}N_{coll}$  les plus hautes sont trouvées pour les rennes de la couche H. Aucune différence notable n'est observée pour les teneurs isotopiques des cerfs entre la couche C et G0. Ainsi les cerfs de La Gare de Couze présentent des valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  et  $\delta^{15}N_{coll}$  comprises entre - 20,5 et - 20,1 ‰ et entre 4,5 et 5,5 ‰ (fig. 2, tabl. 2). Comparés aux rennes provenant des mêmes niveaux stratigraphiques, les cerfs se distinguent par des teneurs en  $^{13}C$  plus faibles et des teneurs en  $^{15}N$  plus élevées.

Une tendance similaire à celle de La Gare de Couze est retrouvée pour la couche brune-bigarrée du Moulin du Roc (fig. 2, tabl. 3). Le cerf présente une valeur de  $\delta^{13}C_{coll}$  (- 20,0 ‰) inférieure à celles des rennes du site (- 19,8 à - 19,4 ‰) et une valeur de  $\delta^{15}N_{coll}$  (5,4 ‰) supérieure à ces mêmes rennes (3,3 à 4,3 ‰). Les rennes et les cerfs du Magdalénien final du Moulin du Roc ont ainsi livré des teneurs isotopiques comparables à celles obtenues sur les mêmes espèces à La Gare de Couze. Enfin, le chevreuil se distingue des autres cervidés par des valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  plus négatives (- 21,1 à - 20,8 ‰) pour des valeurs de  $\delta^{15}N_{coll}$  relativement élevées (4,7 à 5,2 ‰).

Les valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  systématiquement plus élevées des rennes par rapport à celles des cerfs et des chevreuils pour chaque unité stratigraphique considérée peuvent être attribuées à la consommation significative de lichen dont les teneurs en  $^{13}C$  sont plus élevées que celles des plantes vasculaires (Drucker *et al.* 2003a). Les différences de teneurs en  $^{15}N$  peuvent être liées à des facteurs divers incluant le type de plantes ingérées, l'activité des sols et les conditions climatiques (Drucker *et al.* 2003a), ce qui explique la relative variabilité des valeurs de  $\delta^{15}N_{coll}$  pour une même espèce comme dans le cas du Renne (fig. 2). Ainsi, un calage chronologique par datation directe est nécessaire pour préciser les schémas de variation intra et interspécifique.

Les résultats des dates calibrées sur les rennes des couches H de La Gare de Couze confirment celles obtenues dans les années 1970 par comptage tout en réduisant significativement la gamme de probabilité à deux sigma qui passe de 13600-15940 cal BP à 14170-15670 cal BP, soit une période couvrant la fin du Dryas ancien et l'essentiel du Bölling (fig. 3, tabl. 4). La couche G0 semble à présent pouvoir être considérée comme contemporaine du Bölling (ou phase GI-1e de la courbe NGRIP ; Lowe *et al.* 2008) avec une datation de 14190 à 15050 cal BP (2s). Une date bien plus récente est trouvée pour le cerf de la couche C qui projette celui-ci entre la fin du Dryas récent et le tout début du Préboréal. La datation

Site et couche	Echantillon	Date 14C ans BP	Méthode	Date 14C	Date 14C	Référence
La Gare de Couze 20-40 cm	os (dont renne)	10900±230 Ly-391	comptage	12370-13300	11340-10430	
Couche C	os	11750±310 Ly-976	comptage	12900-14590	12630-10960	Evin <i>et al.</i> 1976
Couche H	os	12430±320 Ly-975	comptage	13600-15940	13980-11660	Evin <i>et al.</i> 1976
Le Moulin du Roc couche brune s. l.						
(grand abri)	os	11340±170 Ly-5444	comptage	12780-13530	11570-110840	Detrain <i>et al.</i> 1996
couche brune	os de chevreuil	12790±50 Beta-180048	SMA	14890-15650	13690-12950	Jones 2004, 2006
couche brune	os de renne	12890±60 Beta-180049	SMA	15000-15960	14000-13060	Jones 2004, 2006

Tableau 1- Récapitulatif des précédents résultats de datation obtenus sur les restes osseux des sites de La Gare de Couze et du Moulin du Roc (Dordogne). Les calibrations ont été calculées par le programme Calib6.0 utilisant la courbe de calibration Intcal09 (Reimer *et al.* 2009).

Table 1- Summary of the previously obtained radiocarbon dates on bone remains from La Gare de Couze and Le Moulin du Roc sites (Dordogne). Calibration were calculated according to IntCal09 dataset (Reimer *et al.* 2009).

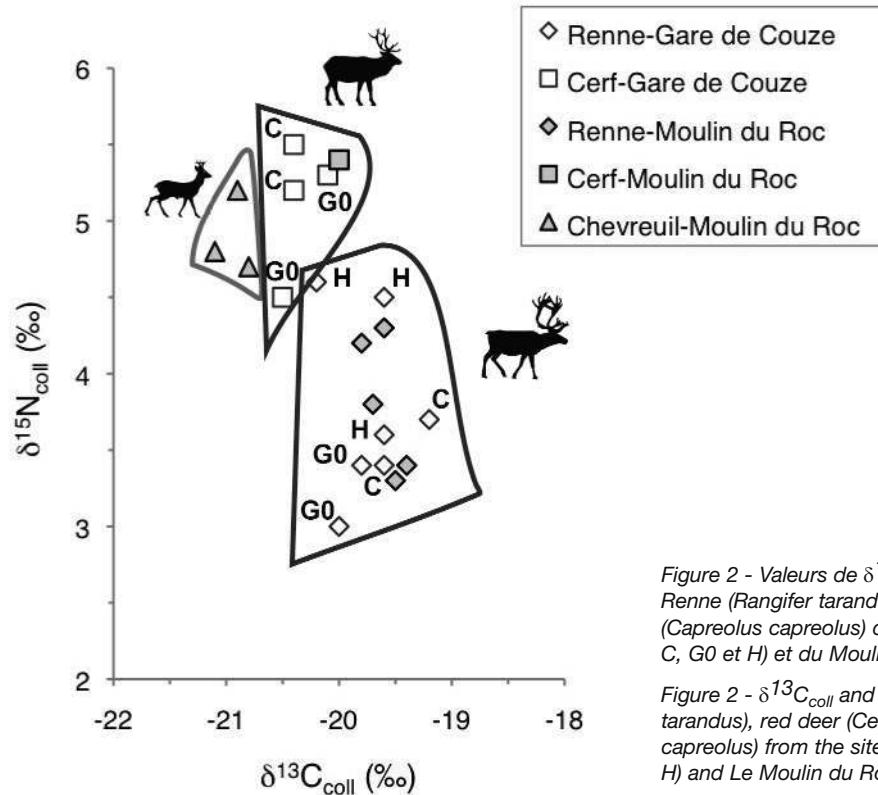


Figure 2 - Valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  et  $\delta^{15}N_{coll}$  des restes osseux de Renne (*Rangifer tarandus*), Cerf (*Cervus elaphus*) et Chevreuil (*Capreolus capreolus*) des sites de La Gare de Couze (couches C, G0 et H) et du Moulin du Roc (couche brune-bigarrée).

Figure 2 -  $\delta^{13}C_{coll}$  and  $\delta^{15}N_{coll}$  values of reindeer (*Rangifer tarandus*), red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) from the sites of La Gare de Couze (level C, G0 and H) and Le Moulin du Roc (layer brune-bigarrée).



N° lab	Espèce	Pièce	N° fouille	Niveau	C <sub>coll</sub> (%)	N <sub>coll</sub> (%)	C/N <sub>coll</sub>	δ <sup>13</sup> C <sub>coll</sub> (%)	δ <sup>15</sup> N <sub>coll</sub> (%)
GCZ-5	Renne	tibia	Couze C	C	35.6	13.2	3.1	-19.6	3.4
GCZ-6	Renne	tibia	Couze C	C	42.0	14.6	3.4	-19.2	3.7
GCZ-9	Renne	humérus	Couze G0	G0	39.0	13.8	3.3	-20.0	3.0
GCZ-10	Renne	humérus	Couze G0	G0	34.8	11.9	3.4	-19.8	3.4
GCZ-13	Renne	scapula	Couze H	H	41.8	13.7	3.6	-19.6	4.5
GCZ-14	Renne	scapula	Couze H	H	35.2	12.4	3.3	-20.2	4.6
GCZ-15	Renne	scapula	Couze H	H	40.9	14.1	3.4	-19.6	3.6
GCZ-7	Cerf	métacarpe	Couze C	C	40.2	14.1	3.3	-20.4	5.2
GCZ-8	Cerf	métapode	Couze C	C	36.9	13.8	3.1	-20.4	5.5
GCZ-11	Cerf	calcaneum	Couze G0	G0	32.7	11.4	3.4	-20.5	4.5
GCZ-12	Cerf	mandibule	Couze G0	G0	32.3	11.1	3.4	-20.1	5.3

Tableau 2 - Résultats des analyses isotopiques du collagène réalisées sur les restes de Renne (*Rangifer tarandus*) et de Cerf (*Cervus elaphus*) du site de La Gare de Couze (Dordogne).

Table 2 - Results of the isotopic analysis on collagen of reindeer (*Rangifer tarandus*) and red deer (*Cervus elaphus*) from La Gare de Couze (Dordogne).

N° lab	Espèce	Pièce	N° fouille	C <sub>coll</sub> (%)	N <sub>coll</sub> (%)	C/N <sub>coll</sub>	δ <sup>13</sup> C <sub>coll</sub> (%)	δ <sup>15</sup> N <sub>coll</sub> (%)
MRC-1	Renne	cubosc.	MDR05D41C#93	27.6	9.5	3.4	-19.6	4.3
MRC-3	Renne	métacarpe	MDR05D41C#16	28.0	9.3	3.5	-19.5	3.3
MRC-4	Renne	métatarse	MDR05D41C#83	31.1	10.8	3.3	-19.4	3.4
MRC-5	Renne	fémur	MDR05D41C#69	37.8	14.1	3.1	-19.7	3.8
MRC-6	Renne	mandibule	MDR05D41C#48	37.9	13.1	3.4	-19.8	4.2
MRC-9	Cerf	prémolaire sup	MDR05D41C#11	36.8	13.2	3.3	-19.8	(6,0)
MRC-10	Cerf	phalange	MDR05E41A#09	31.0	10.9	3.3	-20.0	5.4
MRC-11	Cerf	M3 inf	GMDR05E41A#084	1.31	4.5	3.3	-20.3	(6,9)
MRC-2	Chevreuil	métatarse	GMDR05D41C#53	36.6	12.6	3.4	-20.8	4.7
MRC-12	Chevreuil	phalange II	MDR05E41D#294	39.3	13.6	3.4	-20.9	5.2
MRC-13	Chevreuil	métapode proxi	MDR05E41A#11	40.8	14.3	3.3	-21.1	4.8

Tableau 3 - Résultats des analyses isotopiques du collagène réalisées sur les restes de Renne (*Rangifer tarandus*), de Cerf (*Cervus elaphus*) et de Chevreuil (*Capreolus capreolus*) de la couche brune-bigarrée du site du Moulin du Roc (Dordogne). Les valeurs de δ<sup>15</sup>N<sub>coll</sub> mises entre parenthèses correspondent à des mesures sur des racines dentaires susceptibles d'être affectées par la consommation de lait dans les premiers mois de la vie de l'animal (Koch 2007).

Table 3 - Results of the isotopic analysis on collagen of reindeer (*Rangifer tarandus*), red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) from level brune-bigarrée in Le Moulin du Roc (Dordogne). The δ<sup>15</sup>N<sub>coll</sub> values in brackets correspond to measurements done on tooth roots which could be influenced by the milk consumption during the first months of the animal's life (Koch 2007).

sur le renne de la couche C n'a pas abouti à un résultat faute de matériel osseux suffisant. Une nouvelle soumission en datation sur un échantillonnage complémentaire est en cours.

Les dates mesurées pour la couche brune-bigarrée du Moulin du Roc sont postérieures au Bölling (fig. 3, tabl. 4). Ainsi, le chevreuil peut être considéré comme contemporain du Dryas moyen ou phase GI-1d (13840 à 14190 cal BP). Dans le secteur de l'abri sommital, la couche brune-bigarrée repose directement sur le bed-rock, ce qui permet de pouvoir écarter l'éventualité d'une contamination avec un niveau sous jacent plus ancien. Seule une sépulture collective du Néolithique a été trouvée dans l'espace confiné situé au-dessus de cette couche. La datation directe sur le renne indique sans ambiguïté sa position chronologique dans la chronozone de l'Alleröd

(phase GI-1c, 13480-13860 cal BP). Le cerf appartient, comme à La Gare de Couze, à la fin du Dryas récent ou GS-1 (11600-12050 cal BP). L'obtention d'une datation aussi différente entre renne et cerf provenant pourtant de la même couche peut paraître *a priori* surprenante. Si nous ne pouvons fournir d'explication définitive du point de vue de l'assemblage archéologique, nous voulons insister sur la conformité de la composition chimique des collagènes datés par rapport aux standards internationaux de fiabilité actuellement appliqués pour les datations radiocarbone par SMA (par exemple, van Klinken 1999).

Le résultat de la datation du renne du Moulin du Roc est une preuve directe de la présence du Renne dans l'Alleröd en Dordogne. Une date similaire a été mesurée sur un métatarse de Renne de la couche 4 du site de La Faurélie II (11850 ± 70 ans BP Ly-5366/SacA-12059), mais la fiabilité

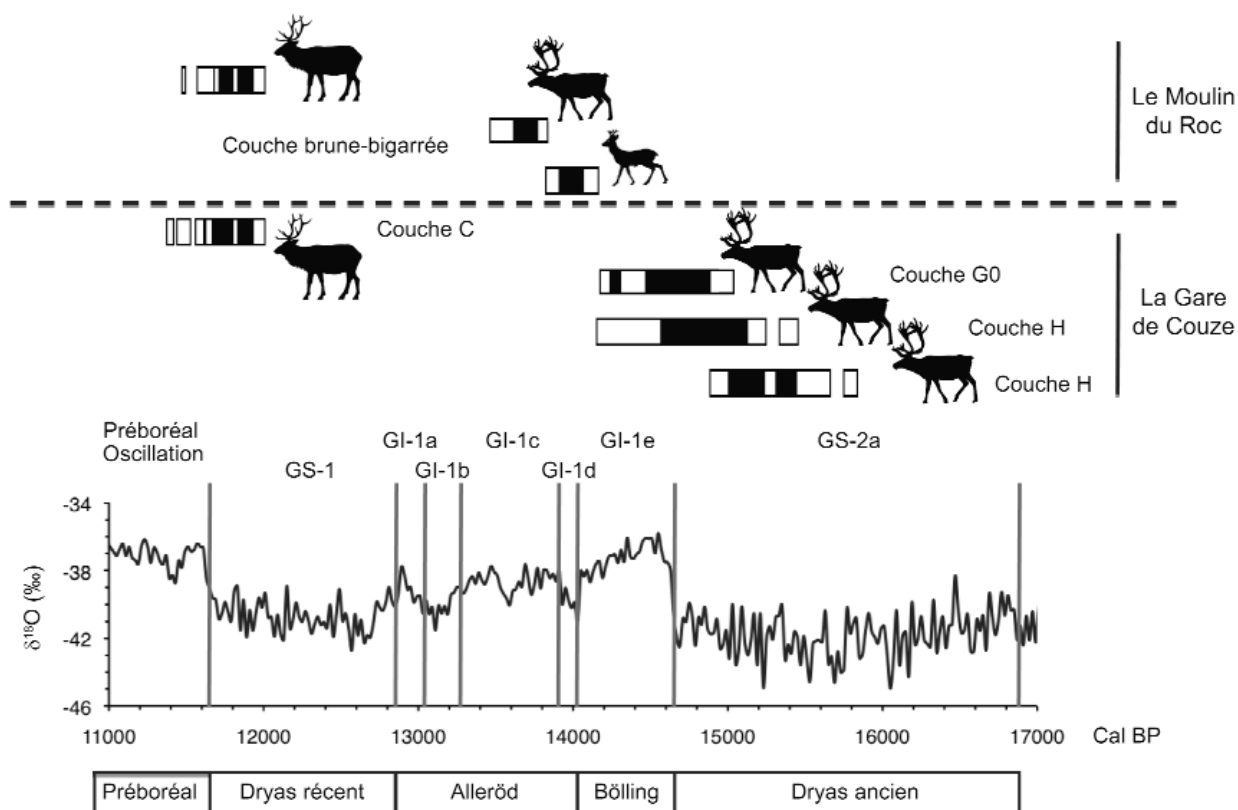


Figure 3 - Résultats des nouvelles datations directes au radiocarbone par SMA pour La Gare de Couze et Le Moulin du Roc après calibration par le programme Calib6.0 utilisant la courbe de calibration Intcal09 (Reimer et al. 2009). Les probabilités à 1 sigma sont indiquées en noir, et à 2 sigmas en blanc. La courbe NGRIP est reportée avec les limites des chronozones et les événements du GICC05 (Lowe et al. 2008).

Figure 3 - Results of the new AMS radiocarbon dating for La Gare de Couze and Le Moulin du Roc calibrated according to IntCal09 dataset (Reimer et al. 2009). Probability of 1 sigma are indicated in black, 2 sigmas in white. The NGRIP ice-core record is reported with the chronological limits of the palynological chronozones and the GICC05 events (Lowe et al. 2008).

Site et couche	Echantillon	N° lab	Date <sup>14</sup> C ans BP	Référence	Date <sup>14</sup> C cal BP (2s)	Date <sup>14</sup> C cal BC (2s)
La Gare de Couze						
C (fouilles F. Bordes)	cerf - métapode	GCZ-8	10140±60	GrA-45453	11470-12040	9520-10100
G0 (fouilles F. Bordes)	renne - humérus	GCZ-9	12490±50	GrA-43937	14190-15050	12240-13100
H (fouilles F. Bordes)	renne - scapula	GCZ-14	12630±120	GrA-45456	14170-15260	12220-13520
H (fouilles F. Bordes)	renne - scapula	GCZ-13	12800±60	GrA-45461	14900-15670	12940-13720
Le Moulin du Roc						
brune-bigarrée	cerf - phalange	MRC-10	10150±50	GrA-44604	11600-12050	9760-10100
brune-bigarrée	renne - métatarse	MRC-4	11860±60	GrA-44537	13480-13860	11530-11910
brune-bigarrée	chevreuil - métatarse	MRC-2	12170±50	GrA-44601	13840-14190	11890-12240

Tableau 4 - Résultats des datations directes au radiocarbone par SMA des échantillons de Renne (*Rangifer tarandus*), de Cerf (*Cervus elaphus*) et de Chevreuil (*Capreolus capreolus*) des sites de La Gare de Couze et du Moulin du Roc (Dordogne). Les calibrations ont été calculées par le programme Calib6.0 utilisant la courbe de calibration Intcal09 (Reimer et al. 2009).

Table 4 - Results of the AMS radiocarbon dating done on reindeer (*Rangifer tarandus*), red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus capreolus*) from La Gare de Couze and Le Moulin du Roc (Dordogne). Calibration were calculated according to IntCal09 dataset (Reimer et al. 2009).

de ce résultat est considérée comme moyenne par le laboratoire de datation (Langlais *et al.* sous presse). Or, le résultat du Moulin du Roc est basé sur un échantillon de collagène dont la fiabilité physico-chimique est solidement établie. Cette donnée est d'autant plus importante que les nouvelles datations menées sur les sites de Dufaure et Duruthy, autres sites du sud-ouest de la France réputés pour avoir livré des rennes tardifs, se rapportent à la phase antérieure du Bölling (Costamagno *et al.* 2009). Ainsi, la disparition du renne dans les Pyrénées françaises est à présent estimée avoir eu lieu aux environs de 14000 ans cal BP (Fontana et Brochier 2009 ; Langlais *et al.* sous presse). La série de datations sur renne menée dans les Alpes du Nord et le Jura français a montré sa disparition locale vers 13800 cal BP (Bridault *et al.* 2000 ; Oberlin et Pion 2009), soit également au cours de la phase GI-1c qui correspond au début de l'Alleröd. Le Massif Central, autre région montagneuse, n'a livré jusqu'à présent aucune datation plus récente que 12290 ± 60 BP (Beta-124232 ; Fontana 2000b). Cette dernière date a été obtenue sur un spécimen provenant de la couche 6 du Pont-de-Longues. Encore nous faut-il observer que des essais d'extraction de collagène sur une dizaine d'échantillons osseux de Renne et de Cheval de cette même couche de ce site ont échoué ou abouti à des extraits organiques chimiquement dégradés (Drucker inédit). En l'absence de données chimiques publiées pour la date de Pont-de-Longues, celle-ci est sans doute à considérer avec prudence et ne devrait être acceptée qu'après duplication. Pour finir, le Bassin parisien n'a fourni des datations sur renne postérieures à 12000 ans BP non calibrées qu'au Tureau-des-Gardes à Marolles-sur-Seine (11 560 ± 100 ans BP Ly-6989 ; Bridault *et al.* 1997). Cependant, cette datation a été réalisée (probablement par comptage de l'activité radiocarbone) sur un lot d'ossements ce qui diminue significativement la pertinence de ce résultat. Citons aussi la datation par SMA de 11790 ± 60 BP non calibrée (Lyon-2417/GrA) sur une vertèbre initialement identifiée comme du renne à Etiolles. La révision de cette pièce a établi son appartenance au Cheval (Chevallier et Bignon 2010).

La présence de cerfs datés de la fin du Dryas récent en superposition ou association apparente avec des rennes du Bölling ou du début de l'Alleröd n'est pas sans rappeler la lacune stratigraphique observée à Pont d'Ambon entre l'interstade Bölling/Alleröd représenté par les couches 5 à 3B et la phase terminale du Dryas récent représentée par les couches 3A et 3 (Célérier 1998). Faut-il y voir une érosion ou une absence de dépôt dans ces sites archéologiques entre la fin de l'Alleröd et une grande partie du Dryas récent ? Cette question mérite une étude attentive afin d'évaluer le caractère récurrent de cette possible lacune dans la région du sud-ouest de la France. La poursuite de datations directes systématiques sur les ossements d'espèces déterminées comme elle a pu être réalisée dans le Jura (Bridault *et al.* 2000 ; Oberlin et Pion 2009) apporterait également des éléments d'information.

Les datations sur Chevreuil du Magdalénien final du Moulin du Roc (Jones 2004, 2006 ; ce travail) confirment l'établissement définitif de cette espèce en Dordogne dès le

Bölling (Delpéch 1989). Cette expansion du chevreuil dans le sud-ouest de la France semble ainsi plus précoce que dans le Bassin parisien et les Alpes du nord et Jura où il n'est attesté qu'à partir de l'Alleröd (Bridault et Chaix 2002, 2009). Cependant, en Dordogne comme dans les autres régions citées, les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  indiquent que le Chevreuil du Tardiglaciaire n'est pas associé à un couvert forestier dense (Drucker 2007a ; Drucker et Célérier 2001 ; Drucker *et al.* 2008 ; ce travail). Cette espèce est souvent associée à la forêt tempérée mais est en fait capable d'occuper nombre d'habitats à l'exception des territoires en très haute altitude et les milieux très ouverts. Les hautes herbes leur suffisent parfois pour échapper à leurs prédateurs ou mettre bas (Linnel *et al.* 1998).

Les résultats isotopiques des rennes de La Gare de Couze et du Moulin du Roc peuvent être comparés à ceux obtenus précédemment en Dordogne pour le Pléniglaciaire supérieur (couches 6 à 20 de Laugerie-Haute Est, abri est, abri ouest et couche 2 du dépôt de pente des Jamblancs ; Drucker *et al.* 2003a) et le Dryas ancien (couche IX du Flageolet II, couches 1 à 4 de Laugerie-Haute Est, couloir des Jamblancs ; Drucker *et al.* 2003a). Aucune différence significative n'apparaît du point de vue isotopique entre les rennes du Dryas ancien et ceux du Pléniglaciaire supérieur (fig. 4 ; Drucker *et al.* 2003a). Au cours du Tardiglaciaire, le Renne de Dordogne montre une légère variation des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  vers des teneurs plus basses vers la fin du Dryas ancien et au cours du Bölling ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  compris entre - 20,8 à -19,8 ‰). Il est intéressant d'observer que des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  inférieures à - 20 ‰ avaient également été mesurées sur trois spécimens de Renne de la couche 3 de Duruthy (Hayden *et al.* 1987), niveau qui est à présent attribué à la période du Bölling sur la base de récentes datations  $^{14}\text{C}$  par SMA sur renne (Costamagno *et al.* 2009). Une baisse des teneurs en  $^{13}\text{C}$  du collagène des rennes du Bassin aquitain au cours du Tardiglaciaire a précédemment été décrite (Drucker et Célérier 2001 ; Drucker 2007a ; Drucker *et al.* 2009a). Elle a été interprétée comme reflétant la baisse de la disponibilité du lichen (Drucker 2007a ; Drucker *et al.* 2009a), plante défavorisée par la hausse des températures (Cornelissen *et al.* 2001). Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  supérieures à - 22 ‰ des cerfs et des chevreuils de la même période attestent de l'absence de couvert forestier dense équivalent à ceux trouvés dans les conditions tempérées du début du Boréal d'Europe de l'ouest ou des régions boréales actuelles en Amérique du Nord (Drucker *et al.* 2003b ; Drucker *et al.* 2008).

La persistance de ces faibles teneurs en  $^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  à l'Alleröd n'est par contre pas confirmée par le résultat du seul spécimen désormais attribuable à cette période (fig. 4). En effet, le spécimen daté de l'Alleröd du Moulin du Roc présente des teneurs isotopiques similaires ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  de - 19,4 ‰ et  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  de 3,4 ‰) à celles de ses congénères du Dryas ancien ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  variant de - 19,6 à - 18,9 ‰ et  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  variant de 2,5 à 4,5 ‰). L'acquisition éventuelle d'autres résultats isotopiques sur des rennes plus récents que 14000 ans cal BP, comme cela pourrait être le cas pour la couche C de La Gare de Couze, permettrait de préciser la gamme isotopique correspondant aux derniers rennes

de Dordogne. Si des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  supérieures à  $-20\text{‰}$  se confirmaient pour les derniers rennes de Dordogne, elles pourraient s'expliquer par les conditions climatiques relativement moins tempérées à l'Alleröd par rapport au Bölling.

Les valeurs isotopiques des rennes datés des sites de La Gare de Couze et du Moulin du Roc peuvent être associées à celles de l'abri Morin et de Bourouilla (Szmidi *et al.* 2009) pour être comparées aux données disponibles sur d'autres régions de France, entre environ 12100 et 13400 BP non calibrées (ca. 14000-16600 ans cal BP), comme le Poitou (couches 4, 5 et 6 du Bois-Ragot ; Drucker et Bocherens 2005), les Alpes du Nord et Jura (16 sites ; Drucker *et al.* 2009a) et le Bassin parisien (locus 1 et 2 d'Étiolles, couche IV0 et IV20 de Pincevent, zone VI et sondage 1 du Tureau-des-Gardes, couche II.1 de Verberie ; Drucker 2007b). Les résultats présentés dans la figure 5 montrent peu de différences entre les régions considérées pour les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  des rennes. Par contre, les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  présentent un gradient décroissant entre les rennes du Bassin aquitain et ceux des Alpes du Nord et du Jura. Les résultats présentés sous forme de moyennes et écarts-types des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  et  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  confirment les positions intermédiaires des rennes du Poitou et du Bassin parisien (fig. 6). Ces différences dans les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  des rennes entre les différentes régions peuvent être interprétées comme reflétant un gradient de température. Cependant, les reconstitutions quantitatives disponibles pour la phase du GI-1e ne montrent pas de différences significatives entre le

Bassin parisien et le Jura, y compris pour des sites en altitude dans cette dernière région (Magny *et al.* 2006). La raison du gradient des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  des rennes selon leur origine géographique est sans doute à rechercher dans le différentiel de maturité des sols. Ce différentiel serait hérité des conditions climatiques plus ou moins rigoureuses subies au cours du Maximum Glaciaire selon les régions. Ainsi l'emprise du permafrost a été significativement moindre dans la région du sud-ouest de la France, permettant ainsi une reprise de la pédogénèse plus précoce que dans les autres régions décrites, qui ont été soumises plus longtemps et plus intensément à l'influence des glaciers (inlandsis de l'hémisphère nord et des Alpes).

## Conclusions et perspectives

Les datations radiocarbone par SMA réalisées sur les restes de Renne des sites de La Gare de Couze et du Moulin du Roc confirment la présence du Renne en Dordogne pendant la période du Bölling jusqu'au début de l'Alleröd. Sont alors présents des cervidés réputés plus tempérés, comme le Chevreuil, dans un paysage dépourvu de couvert forestier dense. Ainsi, le Renne aurait perduré au delà de 12000 ans BP non calibrés (environ 13800 ans cal BP) dans une région de plaine aux conditions environnementales *a priori* moins favorables pour cette espèce que dans les massifs montagneux des Pyrénées françaises ou des Alpes du Nord et du Jura.

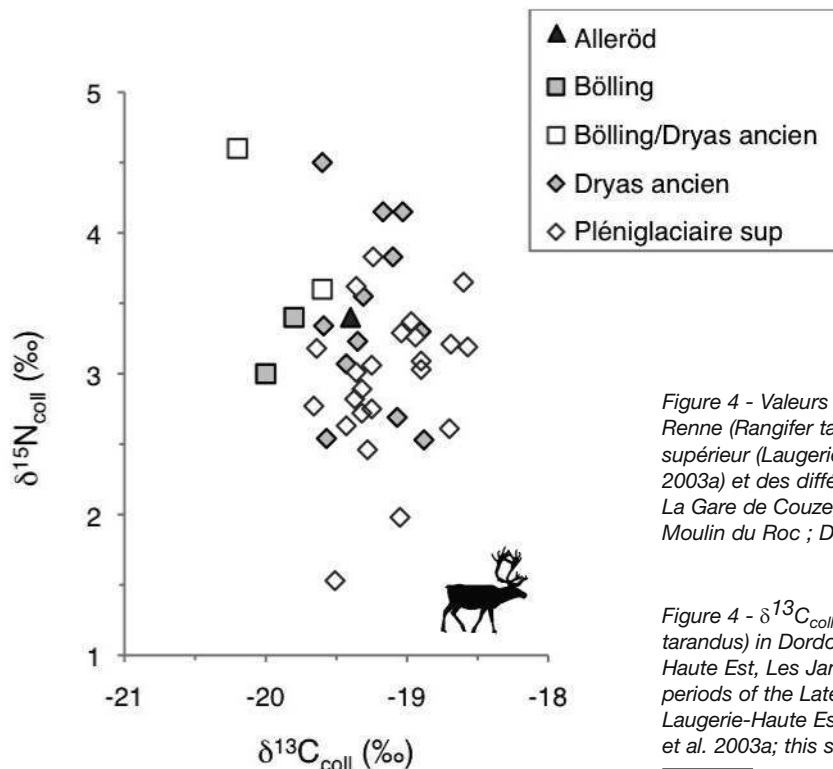


Figure 4 - Valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  et  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  des restes osseux de Renne (*Rangifer tarandus*) en Dordogne au Pléniglaciaire supérieur (Laugerie-Haute Est, Les Jamblancs ; Drucker *et al.* 2003a) et des différentes phases du Tardiglaciaire (Flageolet II, La Gare de Couze, Laugerie-Haute Est, Les Jamblancs, Le Moulin du Roc ; Drucker *et al.* 2003a ; cette étude).

Figure 4 -  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  and  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  values of reindeer (*Rangifer tarandus*) in Dordogne during the Upper Pleniglacial (Laugerie-Haute Est, Les Jamblancs; Drucker *et al.* 2003a) and other periods of the Late-glacial (Flageolet II, La Gare de Couze Laugerie-Haute Est, Les Jamblancs, Le Moulin du Roc; Drucker *et al.* 2003a; this study).

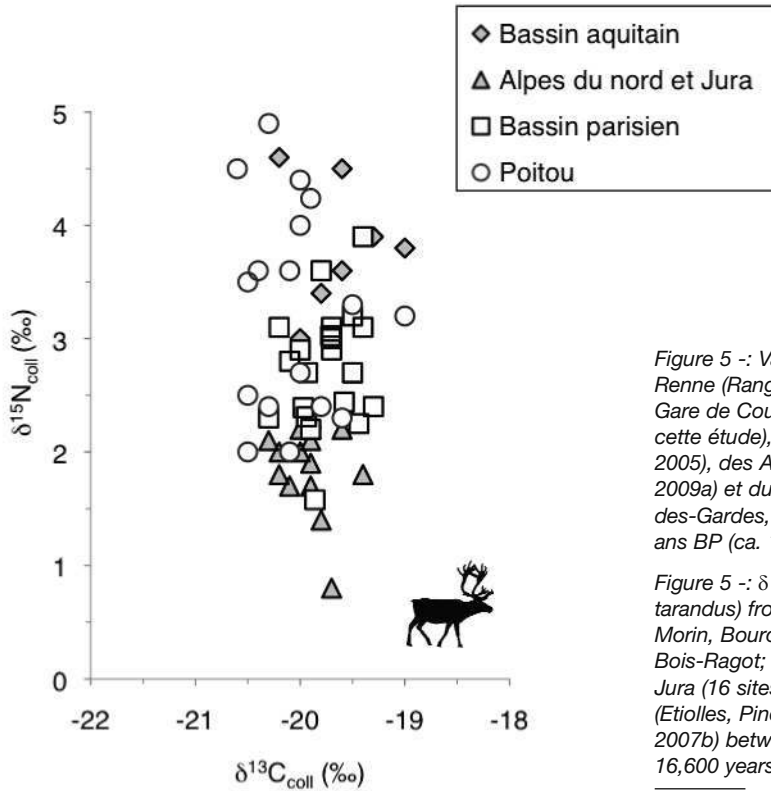


Figure 5 - : Valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  et  $\delta^{15}N_{coll}$  des restes osseux de Renne (*Rangifer tarandus*) provenant du Bassin aquitain (La Gare de Couze, abri du Morin, Bourouilla ; Szmidi et al. 2009 ; cette étude), du Poitou (Le Bois-Ragot ; Drucker et Bocherens 2005), des Alpes du nord et Jura (16 sites ; Drucker et al. 2009a) et du Bassin parisien (Etiolles, Pincevent, Le Tureau-des-Gardes, Verberie ; Drucker 2007b) entre 12100 et 13400 ans BP (ca. 14000-16600 ans cal BP).

Figure 5 - :  $\delta^{13}C_{coll}$  and  $\delta^{15}N_{coll}$  values of reindeer (*Rangifer tarandus*) from the Aquitaine Basin (La Gare de Couze, abri du Morin, Bourouilla; Szmidi et al. 2009; this study), the Poitou (Le Bois-Ragot; Drucker et Bocherens 2005), the northern Alps and Jura (16 sites ; Drucker et al. 2009a) and the Paris Basin (Etiolles, Pincevent, Le Tureau-des-Gardes, Verberie; Drucker 2007b) between 12,100 and 13,400 years BP (ca. 14,000-16,600 years cal BP).

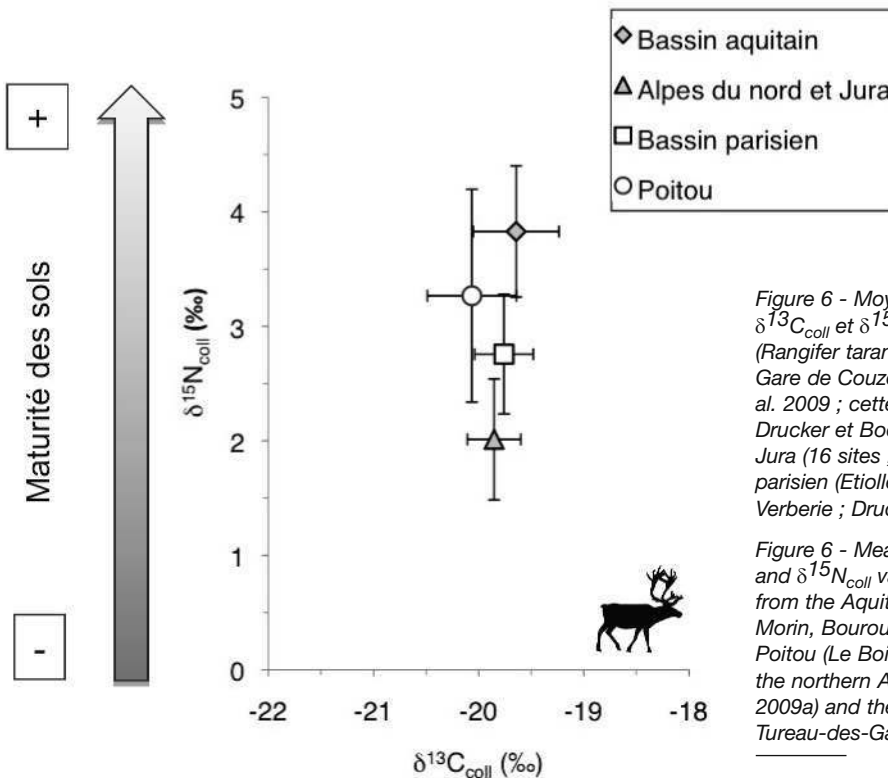


Figure 6 - Moyennes et écarts-types des valeurs de  $\delta^{13}C_{coll}$  et  $\delta^{15}N_{coll}$  des restes osseux de Renne (*Rangifer tarandus*) provenant du Bassin aquitain (La Gare de Couze, abri du Morin, Bourouilla ; Szmidi et al. 2009 ; cette étude), du Poitou (Le Bois-Ragot ; Drucker et Bocherens 2005), des Alpes du nord et Jura (16 sites ; Drucker et al. 2009a) et du Bassin parisien (Etiolles, Pincevent, Le Tureau-des-Gardes, Verberie ; Drucker 2007b).

Figure 6 - Means and standard deviations of  $\delta^{13}C_{coll}$  and  $\delta^{15}N_{coll}$  values of Reindeer (*Rangifer tarandus*) from the Aquitaine Basin (La Gare de Couze, abri du Morin, Bourouilla; Szmidi et al. 2009; this study), the Poitou (Le Bois-Ragot; Drucker et Bocherens 2005), the northern Alps and Jura (16 sites; Drucker et al. 2009a) and the Paris Basin (Etiolles, Pincevent, Le Tureau-des-Gardes, Verberie; Drucker 2007b).

Les valeurs de  $\delta^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  des rennes du Bassin aquitain au cours de l'interstade Bölling/Alleröd s'avèrent plus élevées que celles des rennes du Bassin parisien, du Poitou et des Alpes du Nord et Jura. Ces teneurs en  $^{15}\text{N}$  élevées des rennes du sud-ouest de la France témoignent probablement d'une reprise de l'activité des sols plus précoce dans cette région par rapport à celles du Jura ou du Bassin parisien. Dans le sud-ouest de la France, la plus grande maturité des sols, et donc sa capacité accrue à supporter une végétation développée, pourrait expliquer la réapparition du Chevreuil dès le Bölling. Ainsi, la cohabitation entre Renne, Cerf et Chevreuil en Dordogne au Tardiglaciaire aurait eu lieu dans un milieu réunissant des conditions climatiques encore relativement froides et une intensification de la production végétale précoce.

La baisse significative des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  des rennes de Dordogne au cours de la transition du Dryas ancien au Bölling contraste avec la stabilité des teneurs en  $^{13}\text{C}_{\text{coll}}$  et en  $^{15}\text{N}_{\text{coll}}$  observée pour les rennes des Alpes du Nord et du Jura (Drucker *et al.* 2009a). L'absence de variations isotopiques significatives chez les derniers rennes des massifs du Jura et du nord-ouest des Alpes est cohérente avec l'hypothèse d'une population migratrice qui cesse de fréquenter la région suite aux modifications de l'environnement. Par contraste, les teneurs en  $^{13}\text{C}$  décroissantes chez les derniers rennes de Dordogne pourraient correspondre à un changement d'alimentation (diminution de la consommation de lichen) chez des groupes relativement sédentaires et s'adaptant aux conditions locales, comme évoqué par les études archéozoologiques (Delpech 1979 ; Fontana 2000a).

La similitude isotopique du Renne de l'Alleröd du Moulin du Roc avec les rennes du Dryas ancien de Dordogne plaiderait en faveur d'un habitat et d'une alimentation relativement comparable entre ce spécimen particulier et ses prédécesseurs. Cette donnée est encore trop limitée pour déterminer s'il s'agit d'un retour à des conditions relativement plus froides ou à la présence de zones refuges dans la région. Dans tous les cas, il paraît encore difficile de faire coïncider la disparition du Renne du sud-ouest de la France avec un événement climatique ou un changement environnemental particulier. D'autres paramètres comme la compétition croissante avec les autres cervidés (Cerf, Chevreuil) et la pression de la chasse par l'Homme sur des groupes fragilisés sont également à considérer.

## Remerciements

Nous tenons à remercier Dominique Armand (PACEA-UMR5199, Talence) pour son aide dans la sélection des échantillons de La Gare de Couze. Nous remercions Nicholas Conard et Muharrem Satir (Professeurs à l'Institut des Géosciences, Université de Tübingen) pour nous avoir permis de mener à bien la préparation et l'analyse chimique du collagène, Jean-Jacques Cleyet-Merle (Directeur du Musée National de Préhistoire, Les Eyzies de Tayac) pour son autorisation d'étude ainsi que Nathalie Maumont (Centre National de Préhistoire, Périgueux) et

Malvina Baumann (Université de Paris I, Paris) pour la documentation graphique. La version abrégée en anglais a été aimablement relue par Jacqueline Angot-Westin (Musée National de Préhistoire, Les Eyzies-de-Tayac) et Walter Joyce (Institut des Géosciences, Université de Tübingen).

## Références bibliographiques

AMBROSE S.H. 1990 – Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. *Journal of Archaeological Science*, 17, p. 431-451.

AMUNDSON R., AUSTIN A.T., SCUUR E.A.G., YOO K., MATZEK V., KENDALL C., UERBERSAX A., BRENNER D. et BAISDEN W.T. 2003 – Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen. *Global Biogeochemical Cycles*, 17(1), 1031 p.

BJÖRK S., WALKER M.J.C., Cwynar L.C., JOHNSEN S., KNUDSEN K.-L., LOWE J.J., WOHLFARTH B. et INTIMATE members 1998 – An event stratigraphy for the last termination in the North Atlantic region based on the Greenland ice-core record: a proposal by the INTIMATE group. *Journal of Quaternary Science*, 13, p. 283-292.

BOCHERENS H., FIZET M., MARIOTTI A. 1994 – Diet, physiology and ecology of fossil mammals as inferred by stable carbon and nitrogen isotopes biogeochemistry: implications for Pleistocene bears. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107, p. 213-225.

BOCHERENS H., BILLIOU D., PATOU-MATHIS M., BONJEAN D., OTTE M. et MARIOTTI A. 1997 – Paleobiological implications of the isotopic signature ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) of fossil mammal collagen in Scladina cave (Sclayn, Belgium). *Quaternary Research*, 48, p. 370-380.

BORDES F. et FITTE P. 1964 – Microlithes du Magdalénien supérieur de la Gare-de-Couze (Dordogne). *Miscelanea en homenaje al Abate Henri Breuil*, Barcelone, p. 259-267.

BORDES F. et SONNEVILLE-BORDES 1979 – L'Azilianisation dans la vallée de la Dordogne. Les données de la Gare-de-Couze (Dordogne) et de l'abri Morin (Gironde). In : D. de Sonneville-Bordes (Ed.), *La fin des temps glaciaires en Europe. Chronostratigraphie et écologie des cultures du Paléolithique final*. Actes du colloque international de Talence, n° 271 (24-28 mai 1977). Paris, CNRS, 1979, p. 449-460, 9 fig., 8 tabl.

BRIDAULT A. et CHAIX L. 2002 – Ruptures et équilibres dans les faunes à la fin du Pléistocène et durant l'Holocène ancien en Europe occidentale. In : H. Richard, A. Vignot (Eds.), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*. Actes du colloque international de Besançon (septembre 2000). Besançon, Presses Universitaires Franc-Comtoises, p. 53-60.

BRIDAULT A. et CHAIX L. 2009 – Réflexions sur la recomposition des spectres fauniques dans le massif jurassien et les Alpes françaises du Nord durant le

Tardiglaciaire. In : G. Pion (Ed.), *La fin du Paléolithique supérieur dans le nord, l'est de la France et les régions limitrophes*. Mémoire de la Société Préhistorique Française, 50, p. 59-71.

BRIDAULT A. et FONTANA L. 2003 – Enregistrement des variations environnementales par les faunes chassées, dans les zones de moyenne montagne d'Europe occidentale, au Tardiglaciaire et au début de l'Holocène. In : M. Patou-Mathis, H. Bocherens (Eds.), *Le rôle de l'environnement dans les comportements des chasseurs-cueilleurs préhistoriques*. Actes du XIV<sup>ème</sup> Congrès UISPP (septembre 2001). Oxford, BAR International Series 1105, p. 55-65.

BRIDAULT A., LANG L., RIEU J.-L. 1997 – Les sites magdaléniens du Grand Canton et du Tureau-des-Gardes à Marolles-sur-Seine (Seine-et-Marne) In : A. Thévenin, A. Villes (Eds.), *Le Paléolithique supérieur de l'Est de la France: de l'Aurignacien à l'Ahrensbourgien*. Colloque de Chaumont 1994. Reims, p. 119-128, (Mémoire de la Société Archéologique Champenoise, n° 13).

BRIDAULT A., CHAIX L., PION G., OBERLIN C., THIÉBAULT S. et ARGANT J. 2000 – Position chronologique du renne (*Rangifer tarandus* L.) à la fin du Tardiglaciaire dans les Alpes du Nord françaises et le Jura méridional. In : G. Pion (Ed.), *Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement* Table ronde à Chambéry (12-13 mars 1999). Paris, p. 47-57 (Mémoire de la Société Préhistorique Française, n° 28).

CÉLÉRIER G. 1998 – L'abri sous-roche de Pont d'Ambon à Bourdeilles (Dordogne, France), Perspective synthétique. *Paléo*, 10, p. 233-264.

CHEVALLIER A. et BIGNON O. 2010 – Chasse estivale du renne chez les Magdaléniens du Bassin parisien : étude archéozoologique des niveaux « Renne » et « Sup-Renne » d'Étiolles. In : B. Valentin (Ed.), *Paléolithique final et Mésolithique dans le Bassin parisien et ses marges. Habitats, sociétés et environnements*. Projet Collectif de Recherche 2010-2012, Rapport d'activités pour 2010, p. 211-224.

COARD R. et CHAMBERLAIN A.T. 1999 – The nature and timing of faunal change in the British Isles across the Pleistocene/Holocene transition. *The Holocene*, 9, p. 372-376.

CORNELLISSSEN J.H.C., CALLAGHAN T. V., ALATALO J. M., MICHELSEN A., GRAGLIA E., HARTLEY A. E., HIK D. S., HOBBIÉ S. E., PRESS M. C., ROBINSON C. H., HENRY G. H. R., SHAVER G. R., PHOENIX G. K., GWYNN JONES D., JONASSON S., CHAPIN F. S., MOLAU U., NEILL C., LEE J. A., MELILLO J. M., SVEINBJÖRNSSON B., AERTS R. 2001 – Global change and arctic ecosystems: is lichen decline a function of increase in vascular plant biomass ?. *Journal of Ecology*, 89, p. 984-994.

COURTAUD P. et MORALA A. 2003 – Saint-Chamassy. LE MOULIN DU ROC (Dordogne). In : France. Ministère de la

Culture. Service régional de l'Archéologie d'Aquitaine. *Bilan scientifique* 2003, p. 38-39.

COURTAUD P. et MORALA A. 2004 – Saint-Chamassy. LE MOULIN DU ROC (Dordogne). In : France. Ministère de la Culture. Service régional de l'Archéologie d'Aquitaine. *Bilan scientifique* 2004, p. 54-57, 1 fig.

DELPECH F. 1979 – Les faunes de la fin des temps glaciaires dans le Sud-Ouest de la France. In : D. de Sonneville-Bordes (Ed.) *La fin des temps glaciaires en Europe. Chronostratigraphie et écologie des cultures du Paléolithique final*. Colloque du CNRS (24-28 mai 1977). Paris, Editions du CNRS, p. 169-175 (Colloques internationaux du CNRS, n° 271).

DELPECH F. 1989 – L'environnement animal des magdaléniens. In J.-Ph. Rigaud (Ed.) : *Le Magdalénien en Europe*. Actes du Colloque de Mayence (1987). Liège, p. 5-30 (ERAU, n° 38).

DENIRO M.J. 1985 – Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature*, 317, p. 806-809.

DETRAIN L., GUILLON M., KERVAZO B., MADELAINE S., MORALA A. et TURQ A. 1996 – Le Moulin du Roc à Saint-Chamassy (Dordogne), résultats préliminaires. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 93, p. 43-48.

DRUCKER D. 2001 – *Validation méthodologique de l'analyse isotopique d'ossements fossiles et apports aux reconstitutions paléoécologiques du Paléolithique supérieur du sud-ouest de la France*. Paris : Université de Paris 6, 2001. Thèse de l'Université, 222 p.

DRUCKER D.G. 2007a – Les cervidés durant le Tardiglaciaire et l'Holocène ancien en Europe occidentale : approche isotopique. In : S. Beyries et V. Vaté (Eds.), *Les civilisations du renne d'hier et d'aujourd'hui. Approches ethnohistoriques, archéologiques et anthropologiques*. XXVII<sup>e</sup> rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes (19-21 octobre 2006). Antibes, Editions APDCA, p. 243-253.

DRUCKER D. 2007b – Nouvelles analyses isotopiques de collagène de la faune du Tardiglaciaire du Bassin parisien et implications pour les reconstitutions paléoenvironnementales et paléoalimentaires. In : B. Valentin (Ed.), *Habitats et peuplements tardiglaciaires dans le Bassin parisien*. Projet Collectif de Recherche 2006-2008, Rapport d'activités pour 2007, p. 15-26.

DRUCKER D. et BOCHERENS H. 2005 – Conservation du collagène dans les ossements de la faune du site de Bois-Ragot et implications paléoenvironnementales des signatures isotopiques (<sup>13</sup>C, <sup>15</sup>N) des cervidés. In : A. Cholet, V. Dujardin (Eds.), *La grotte du Bois-Ragot à Gouëx (Vienne) : Magdalénien et Azilien, essais sur les hommes et les industries*. Mémoire de la Société Préhistorique Française, 38, p. 385-391.

- DRUCKER D. et CÉLÉRIER G. 2001 – Teneurs en carbone-13 du collagène de grands mammifères du site de Pont d'Ambon (Dordogne, France) : implications pour l'environnement et son exploitation au Tardiglaciaire dans le sud-ouest de la France. *Paléo*, 13, p. 145-158.
- DRUCKER D.G., BOCHERENS H. et BILLIOU D. 2003a – Evidence for shifting environmental conditions in Southwestern France from 33,000 to 15,000 years ago derived from carbon-13 and nitrogen-15 natural abundances in collagen of large herbivores. *Earth and Planetary Science Letters*, 216, p. 163-173.
- DRUCKER D., BOCHERENS H., BRIDAULT A. et BILLIOU D. 2003b – Carbon and nitrogen isotopic composition of red deer (*Cervus elaphus*) collagen as a tool for tracking palaeoenvironmental change during Late-Glacial and Early Holocene in northern Jura (France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 195, p. 375-388.
- DRUCKER D.G., BRIDAULT A., HOBSON K.A., SZUMA E. et BOCHERENS H. 2008 – Can collagen carbon-13 abundance of large herbivores reflect the canopy effect in temperate and boreal ecosystems? Evidence from modern and ancient ungulates. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 266, p. 69-82.
- DRUCKER D.G., BOCHERENS H. et BILLIOU D. 2009a – Quelle valence écologique pour les rennes et autres cervidés au Tardiglaciaire dans les Alpes du nord et le Jura ? Résultats de l'analyse des isotopes stables ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ) du collagène. In: G. Pion (Ed.), *La fin du Paléolithique supérieur dans les Alpes du nord françaises et le Jura méridional*. Mémoire de la Société préhistorique française 50, p. 73-86.
- DRUCKER D.G., BRIDAULT A., IACUMIN P. et BOCHERENS H. 2009b – Bone stable isotopic signatures ( $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) as tracers of temperature variation during the Late-glacial and early Holocene : a case study on red deer *Cervus elaphus* from Rochedane (Jura, France). *Geological Journal*, 44, p. 593-604.
- EVIN J., MARIEN G. et PCHIAUDI C. 1976 – Lyon natural radiocarbon measurements VI. *Radiocarbon*, 18, p. 60-88.
- FITTE P. et SONNEVILLE-BORDES D. (de) 1962 – Le Magdalénien VI de la Gare-de-Couze, commune de Lalinde (Dordogne). *L'Anthropologie*, 66 (3-4), p. 217-246.
- FONTANA L. 2000a – La chasse au renne au Paléolithique supérieur dans le sud-ouest de la France : nouvelles hypothèses de travail. *Paléo*, 12, p. 141-164.
- FONTANA L. 2000b – Stratégies de subsistance au Badegoulien et au Magdalénien en Auvergne : nouvelles données. In : G. Pion (Ed.), *Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*. Table ronde à Chambéry (12-13 mars 1999). Paris, p. 59-65 (Mémoire de la Société Préhistorique Française, n° 28).
- FONTANA L. et BROCHIER J.-E. 2009 – Diversification ou stabilité de la prédation au cours du Tardiglaciaire dans les Pyrénées françaises : et si on analysait les données ? *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 106(3), p. 477-490.
- GUTHRIE R.D. 2006 – New carbon dates link climatic change with human colonization and Pleistocene extinctions. *Nature*, 441, p. 207-209.
- HAYDEN B., CHISHOLM B. et SCHWARCZ H.P. 1987 – Fishing and Foraging. Marine resources in the Upper Paleolithic of France. In: O. Soffer (Ed.), *The Pleistocene Old World, Regional Perspectives*. New York: Plenum Press, 1987, p. 279-291.
- HEATON T.H.E. 1999 – Spatial, species, and temporal variations in the  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios of C3 plants: implications for palaeodiet studies. *Journal of Archaeological Science*, 26, p. 637-649.
- HOBBIE E.A., MACKO S.A. et SHUGART H.H. 1998 – Patterns of N dynamics and N isotopes during primary succession in Glacier Bay, Alaska. *Chemical Biology*, 152, p. 3-11.
- HOBBIE E.A., JUMPPONEN A. et TRAPPE J. 2005 – Foliar and fungal  $^{15}\text{N} : ^{14}\text{N}$  ratios reflect development of micorrhizae and nitrogen supply during primary succession: testing analytical models. *Oecologia*, 146, p. 258-268.
- JONES E.L. 2004 – *Broad spectrum diets and the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) : Dietary change during the Pleistocene-Holocene transition in the Dordogne, Southwestern France*. University of Washington, 2004. PhD dissertation thesis, 244 p.
- JONES E.L. 2006 – Prey choice, mass collecting, and the wild European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal of Anthropological Archaeology*, 25, p.275-289
- KOCH P. 2007 – Isotopic study of the biology of modern and fossil vertebrates. In : R. Michener and K. Laitha (Eds.), *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Boston : Blackwell Publishing, p. 99-154.
- LANGLAIS M., LAROULANDIE V., PÉTILLON J.-M., MALLYE J.-B. et COSTAMAGNO S. sous presse – Évolution des sociétés magdaléniennes dans le Sud-Ouest de la France entre 18000 et 14000 cal BP : reconstitution des environnements, reconfiguration des équipements. In : *Transitions, ruptures et continuité en préhistoire*. Actes du XXVII<sup>ème</sup> Congrès Préhistorique de France à Bordeaux-les Eyzies (31 mai-5 juin 2010). Paris (Mémoire de la Société Préhistorique Française).
- LINNELL J.D.C., DUNCAN P., ANDERSEN R. 1998 – The European roe deer: A portrait of a successful species. In : Anderson, R., Duncan, P., Linnell, J.D.C. (Eds.), *The European roe deer: the biology of success*. Oslo : Scandinavian University Press, p. 11-22.



LOWE J.J., RASMUSSEN S.O., BJÖRCK S., HOEK W.Z., STEFFENSEN J.P., WALKER M.J.C., YU Z.C. et the INTIMATE group 2008 - Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group. *Quaternary Science Reviews*, 27, p. 6-17.

MAGNY M., AALBERSBERG G., BÉGEOT C., BENOIT-RUFFALDI P., BOSSUET G., DISNAR J.R., HEIRI O., LAGGOUN-DEFARGE F., MAZIER F., MILLET L., PEYRON O., VANNIÈRE B. ET WALTER-SIMMONNET A.V. 2006 - Environmental and climatic changes in the Jura mountains (eastern France) during the Lateglacial-Holocene transition: A multi-proxy record from Lake Lautrey. *Quaternary Science Reviews*, 25, p. 414-445.

MARIOTTI A., PIERRE D., VEDY J.C., BRUCKERT S. et GUILLEMOT J. 1980 - The abundance of natural nitrogen-15 in the organic matter of soils along an altitudinal gradient (Chablais, Haute-Savoie, France). *Catena*, 7, p. 293-300.

MORALA A. 1994 - Saint-Chamassy. LE MOULIN DU ROC (Dordogne). In : France. Ministère de la Culture. Service régional de l'Archéologie d'Aquitaine. *Bilan scientifique* 1994, p. 36.

MORALA A. 2005 - Saint-Chamassy. LE MOULIN DU ROC (Dordogne). In : France. Ministère de la Culture. Service régional de l'Archéologie d'Aquitaine. *Bilan scientifique* 2005, p. 50-51.

OBERLIN C. et PION G. 2009 - Le corpus des datations radiocarbone et la disparition du Renne. In : G. Pion (Ed.), *La fin du Paléolithique supérieur dans les Alpes du nord françaises et le Jura méridional*. Mémoire de la Société Préhistorique Française, 50, p. 51-57.

REIMER P.J., BAILLIE M.G.L., BARD E., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E., BURR G.S., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAJDAS I., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., MCCORMAC F.G., MANNING S.W., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SOUTHON J.R., TALAMO S., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J. et WEYHENMEYER C.E. 2009 - Intcal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 51, p. 1111-1150.

STUART A.J. et LISTER A.M. 2007 - Patterns of Late Quaternary megafaunal extinctions in Europe and northern Asia. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 259, p. 287-297.

STUVER M., GROOTES P.M. et BRAZIUNAS T.F. 1995 - The GISP2 180 climate record of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean and volcanoes. *Quaternary Research*, 44, p. 341-354.

SZMIDT C., LAROULANDIE V., DACHARY M., LANGLAIS M. et COSTAMAGNO S. 2009 - Harfang, Renne et Cerf : nouvelles dates  $^{14}\text{C}$  par SMA du Magdalénien supérieur du Bassin aquitain au Morin (Gironde) et Bourouilla (Pyrénées-Atlantiques). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 106(3), p. 583-601.

VAN KLINKEN G.J. 1999 - Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science*, 26, p. 687-695.