



**HAL**  
open science

## Saisonnalité d'accumulation des carcasses dans l'Igue du Gral : résultats cémentochronologiques

William Rendu, Eric Pubert, Myriam Boudadi-Maligne, Jean-Christophe Castel

### ► To cite this version:

William Rendu, Eric Pubert, Myriam Boudadi-Maligne, Jean-Christophe Castel. Saisonnalité d'accumulation des carcasses dans l'Igue du Gral : résultats cémentochronologiques. Castel Jean-Christophe & Boudadi-Maligne Myriam. L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) : histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur, *Revue de Paléobiologie* (43(2)), Muséum de Genève, pp.509-516, 2024, 0253-6730. 10.5281/zenodo.13861592 . hal-04777132

**HAL Id: hal-04777132**

**<https://hal.science/hal-04777132v1>**

Submitted on 12 Nov 2024

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

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

REVUE DE

43(2) – 2024

# PALÉOBIOLOGIE



**L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot):  
histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur**

Sous la direction de J.-C. Castel & M. Boudadi-Maligne

**Une institution  
Ville de Genève**

[www.museum-geneve.ch](http://www.museum-geneve.ch)





Préface.....	1-2
Préambule .....	3-4
Remerciements.....	5-8
Castel J.-C., Camus H. & Muth X. - L'Igue du Gral et son contexte .....	9-23
Castel J.-C., Boudadi-Maligne M. & Mallye J.-B. - Historique et méthodologie des recherches....	25-42
Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. - Eléments de contexte, taphonomie et informations contextualisant l'analyse des corpus osseux de l'Igue du Gral.....	43-59
Boudadi-Maligne M., Mallye J.-B., Castel J.-C. avec la collaboration de F. Lacrampe-Cuyaubère F., Muth X. & Luret M. - Les remplissages paléontologiques de l'aven : description, définition des ensembles et cadre chronologique .....	61-85
Sitzia L. - Etude préliminaire du remplissage sédimentaire de l'Igue du Gral et implications pour l'accumulation des restes fauniques .....	87-105
Camus H. - Caractérisation morphokarstique de l'Igue du Gral .....	107-149
Brugal J.-P. - Les grands bovidés de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot, France) et les bisons de la fin du Pléistocène.....	151-191
Bignon-Lau O. - Spécificités et évolution des chevaux de l'Igue du Gral : analyses morphométriques et inférences comportementales .....	193-204
Castel J.-C. & Coumont M.-P. - Le cheval de l'Igue du Gral. 2023. Compléments d'analyses.....	205-214
Castel J.-C. Le cerf de l'Igue du Gral .....	215-233
Castel J.-C. & Kuntz D. - Le renne de l'Igue du Gral .....	235-300
Castel J.-C. - Les herbivores rares de l'Igue du Gral : du chamois au mammoth.....	301-315
Boudadi-Maligne M. - Les grands carnivores (à l'exception du loup) de l'Igue du Gral .....	317-327
Boudadi-Maligne M. & Castel J.-C. - Les loups ( <i>Canis lupus</i> ) de l'Igue du Gral : bilan de l'analyse taphonomique et paléontologique .....	329-352
Mallye J.-B. & Pelletier M. - Les léporidés et les petits carnivores de l'Igue du Gral.....	353-415
Laroulandie V. - Taphonomie des restes aviaires de l'Igue du Gral (Lot). Considérations méthodologiques et paléoenvironnementales.....	417-436
Jeannet M. - La microfaune de l'Igue du Gral.....	437-449
Studer J. - Les poissons de l'Igue du Gral .....	451-456
Chaix L. & Castel J.-C. - La malacofaune de l'Igue du Gral .....	457-464
Couture C., Escola M., Desrue A. & Castel J.-C. - Etude anthropologique des vestiges humains protohistoriques de l'Igue du Gral et des pièges naturels de Monclar (Sauliac-sur-Célé).....	465-474
Ducasse S., Renard C., Constans G., Villeneuve Q. & Mourre V. - Des chasseurs en embuscade? Les témoins de la présence humaine autour de l'Igue du Gral : caractérisation des vestiges lithiques «piégés» par l'aven et hypothèses d'introduction .....	475-488
Castel J.-C. - Archéozoologie du renne en aven: comparaison des profils squelettiques entre accumulation naturelle et sites archéologiques .....	489-507
Rendu W., Pubert E., Boudadi-Maligne M. & Castel J.-C. - Saisonnalité d'accumulation des carcasses dans l'Igue du Gral: résultats cémentochronologiques .....	509-516
Gauthier J., Bachmann Salvy M., Orlando L. & Alvarez N. - Paléogénomique de l'Igue du Gral, ou comment les populations de mégafaune ont traversé la dernière grande Glaciation .....	517-520
Boudadi-Maligne J., Castel J.-C., Ducasse S. & Mallye J.-B. avec la contribution de Bignon-Lau O., Brugal J.-P., Laroulandie V. & Pelletier M. - Synthèse paléoenvironnementale et biochronologique de l'Igue du Gral (Lot). Entre nature et culture... ..	521-534



## Saisonnalité d'accumulation des carcasses dans l'Igue du Gral : résultats cémento-chronologiques

William RENDU<sup>1,2,\*</sup>, Eric PUBERT<sup>3</sup>, Myriam BOUDADI-MALIGNE<sup>4,\*</sup> & Jean-Christophe CASTEL<sup>5</sup>

<sup>1</sup> CNRS - ArchaeoZOOlogy in Siberia and Central Asia - ZooSCAn, CNRS – IAET SB RAS International Research Laboratory, IRL2013 ; [william.rendu@cnrs.fr](mailto:william.rendu@cnrs.fr)

<sup>2</sup> IFEAC – Institut Français d'Etudes sur l'Asie centrale - (CNRS- MEAE), Bichkek, Kirghizistan

<sup>3</sup> Université de Bordeaux, PACEA UMR 5199, CNRS MCC, Allée G. St Hilaire B2, CS 50023, F-33615 Pessac cedex, France ; [eric.pubert@u-bordeaux.fr](mailto:eric.pubert@u-bordeaux.fr)

<sup>4</sup> CNRS – PACEA UMR 5199, Université de Bordeaux, MCC, Allée G. St Hilaire B2, CS 50023, F-33615 Pessac cedex, France ; [myriam.boudadi-maligne@u-bordeaux.fr](mailto:myriam.boudadi-maligne@u-bordeaux.fr)

<sup>5</sup> Laboratoire d'archéozoologie, Muséum d'Histoire naturelle, C.P. 6434, CH-1211 Genève 6, Suisse ; [jean-christophe.castel@geneve.ch](mailto:jean-christophe.castel@geneve.ch)

\* Auteurs correspondants

### Résumé

Cette étude préliminaire menée à l'Igue du Gral a pour objectif de déterminer la saison de mort des ongulés piégés dans l'aven pour inférer la saisonnalité d'occupation du plateau par ces taxons et discuter du fonctionnement annuel de l'aven comme un piège à grande faune. Cinq dents de bison et de renne provenant des ensembles biostratigraphiques 3 et 4 (ca 15,5-26 cal kBP) de l'Igue du Gral ont été échantillonnées afin de vérifier la préservation du ciment pour espérer mener une étude cémento-chronologique à plus grande échelle. Les résultats obtenus, certes limités, témoignent d'une préservation suffisante du ciment pour mener à bien cette étude. Une seule saison de mort a été identifiée et la comparaison des résultats avec les autres données disponibles permet de préciser le fonctionnement de l'Igue durant la fin du Pléistocène supérieur.

### Mots-clés

Cément, bison, renne, saison.

### Abstract

**Seasonality of Carcass Accumulation at Igue du Gral: first cementochronological results.**- This preliminary analysis at l'Igue du Gral had for objectives to test the preservation of dental cementum prior to a large scale study. Our long-term objectives are to discuss the seasonality of the presence of reindeer and bison on the plateau and the period of the year when the Igue du Gral was working as an animal trap. Five teeth of bison and reindeer from Igue du Gral's Ensemble 3 and 4 (ca 15.5-26 cal kBP) were sampled. Our preliminary results, although limited, attest of the relatively good preservation of the cementum and the death of all analyzed individuals during the warm season. The comparison of our results with previous analyses helps to better understand how the Igue functioned during the end of the Late Pleistocene.

### Keywords

Dental cementum, bison, reindeer, seasonality.

## 1. INTRODUCTION

L'étude de la saisonnalité d'occupation du territoire et des stratégies de chasse est au cœur de la recherche sur les sociétés passées (Monks, 1981) et a été particulièrement traitée par l'archéozoologie (e.g. Fontana, 1999, 1998; Gordon, 1993; Pike-Tay, 1991; Burke, 1993). En

effet, au gré des fluctuations saisonnières, le territoire des chasseurs-cueilleurs est considérablement modifié : les ressources animales et végétales qu'il est susceptible de fournir, et dont dépend la subsistance des populations humaines, varient tant en qualité, qu'en quantité et qu'en accessibilité. En particulier, les populations d'ongulés qui ont constitué la majeure partie des ressources animales

des chasseurs-cueilleurs pendant le Paléolithique sont profondément impactées par le cycle saisonnier (pour le cerf : voir Varin, 1980 ; pour le bison : Berger & Cunningham, 1991 et pour le cheval : Duncan, 2012). Ainsi, ces communautés passent au travers de différentes phases physiologiques (rut, mise bas...) qui ont une incidence sur leur condition physique et donc sur les matières premières exploitées par les groupes humains (quantité de viande, qualité de la peau, richesse de la graisse, bois pour les cervidés (Speth, 1983 ; Speth & Spielmann, 1983).

En lien avec ces changements biologiques, le comportement social des proies subit d'importantes modifications. Suivant les périodes de l'année, les individus se regroupent ou se dispersent ; l'agressivité des mâles, notamment, augmente au fur et à mesure que se rapproche la période de rut (Varin, 1980). Les femelles réduisent leurs déplacements pendant la période de mise bas. Il en résulte pour le chasseur une nécessité d'adapter ses tactiques de chasse aux rythmes biologiques des proies et un intérêt pour une population animale donnée (une espèce, une classe d'âge, un groupe social...) qui peut fluctuer au cours de l'année.

Enfin, les variations saisonnières de l'environnement et les contraintes qui en découlent (accessibilité de la nourriture, température, accessibilité à des sources d'eau) ont une très forte incidence sur la dispersion des populations d'herbivores dans le territoire par le biais des déplacements saisonniers (Berger & Cunningham, 1991). Les populations humaines dont la subsistance repose sur l'exploitation d'une espèce particulière doivent, lorsque celle-ci migre, pallier son absence. Ils peuvent alors la suivre, exploiter saisonnièrement un autre taxon, ou encore anticiper, à l'échelle de l'année, l'absence des proies en constituant des réserves de nourriture. Ainsi, « *dispersion and aggregation of populations is commonly a result of seasonal fluctuation in food and resource availability*<sup>1</sup> » (Monks, 1981, p. 179). Cette variation saisonnière de la taille des groupes humains a pour conséquence de profonds changements sur la vie économique, sociale et spirituelle des groupes de chasseurs-cueilleurs (Mauss, 1904-1905).

Dans ce cadre, la saisonnalité de prédation est un facteur clé à prendre en compte pour la mise en évidence d'une gestion, dans le temps et dans l'espace, d'une économie de subsistance, mais également d'une occupation raisonnée du territoire (Binford, 1978 ; Monks, 1981 ; Speth, 2013). A travers l'étude de ces stratégies d'exploitation de l'environnement physique et de l'animal, c'est l'ensemble de l'organisation de ces sociétés qui est recherché. Cependant, pour pouvoir discuter des adaptations des stratégies de chasse et de sélection des populations pas-

sées, il est essentiel de d'abord cerner la disponibilité saisonnière des ressources dans leur environnement pour la comparer à ce qui est présent dans les sites d'origine anthropique. Or les pièges à faune comme l'Igue du Gral offrent une fenêtre sur la composition des paléofaunes contemporaines des occupations humaines à l'échelle locale. Cependant, ces avens peuvent avoir un fonctionnement saisonnier et il est donc essentiel d'en caractériser la saisonnalité de fonctionnement pour identifier si les restes osseux qui y sont accumulés reflètent la diversité annuelle ou saisonnière des proies présentes dans l'environnement.

De par sa proximité immédiate à de nombreux sites archéologiques et plusieurs sites ornés majeurs du Paléolithique récent tels que Pégourie ou le Petit Cloup Barrat et la grotte du Pech-Merle (voir Castel *et al.*, 2024 pour un aperçu exhaustif du contexte archéologique) et sa richesse d'enregistrement des archéofaunes locales entre ca 10 et 30 ka BP, l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) offre un contexte idéal pour documenter la présence des grands herbivores sur le Causse au fil des saisons et du temps. La faune piégée dans l'aven est dominée, pour ce qui concerne les ongulés (voir Boudadi-Maligne *et al.*, 2024), par le renne (*Rangifer tarandus*), le cheval (*Equus caballus*), le bison (*Bison priscus*) et le cerf (*Cervus elaphus*). Plusieurs de ces ongulés étant de bons candidats dans le cadre des études cémento-chronologiques et étant présents sur quasiment toute la séquence stratigraphique documentée dans l'aven, une étude ciblée permet de documenter la ou les saisons de piégeage et donc de présence de ces espèces sur le Causse.

## 2. MÉTHODE ET MATÉRIEL

Depuis les débuts de l'archéozoologie, de nombreuses méthodes d'étude de saisonnalité ont été établies, mais la plupart d'entre elles souffrent de contraintes qui les rendent peu opérantes en contexte préhistorique (pour une synthèse, voir Gourichon, 2004 ; Rendu, 2007). La méthode qui a été retenue ici est la cémento-chronologie qui repose sur l'observation au microscope polarisant de marqueurs saisonniers au sein du ciment dentaire des mammifères en contexte archéologique (pour une synthèse, voir Naji *et al.*, 2022).

Le ciment est un tissu osseux conjonctif qui se dépose sur la surface extérieure de la racine dentaire. Il assure le lien entre cette dernière et les fibres du ligament parodontal. Constitué d'une matrice de collagène sur laquelle s'organisent des cristaux d'hydroxyapatite, sa croissance est continue tout au long de la vie de l'animal (Lieberman, 1994 ; Diekwisch, 2001 ; Klevezal', 1996). Elle suit un cycle saisonnier qui voit la succession de dépôts à croissance rapide (généralement de la fin du printemps jusqu'au début de l'hiver sous nos latitudes) et de dépôts à croissance lente [ou annuli du début de l'hiver jusqu'à la fin du printemps (Grue & Jensen, 1979 ; Klevezal' & Kleinenberg, 1969)] (Figs 1, 2). Ainsi, la détermination

1 La dispersion et l'agrégation des populations est généralement une réponse aux fluctuations saisonnières dans la disponibilité des ressources alimentaires.

de la nature et de l'état de croissance du dernier dépôt permet d'en inférer la saison de mort de l'animal (*e.g.* Burke & Castanet, 1995; Gordon, 1993; Klevezal, 1996; Martin, 1996; Pike-Tay, 1991, 1995).

Plusieurs centaines de référentiels, certains comportant plusieurs milliers d'individus (voir Rendu, 2007, p. 32, tabl. 2, et Naji *et al.*, 2015 pour une synthèse) ont été constitués pour un grand nombre d'espèces, validant sur la majorité des taxons testés la rythmicité et la reproductibilité de la méthode. Ces référentiels ont montré que pour la plupart des taxons considérés, les résultats obtenus dans la détermination de la saison de mort étaient plus fiables que ceux obtenus par les méthodes classiquement utilisées comme les séquences d'éruption et d'usure dentaires (pour le bison voir Walde, 2006).

## 2.1. Préparation des échantillons

Afin de tester la faisabilité de l'étude sur le gisement de l'Igue du Gral, cinq dents de renne et de Boviné (voir ci-dessous) qui présentaient la meilleure préservation

macroscopique ont été sélectionnées. Les dents ont été photographiées puis incluses dans une résine de type époxy laissant libre la couronne pour permettre des études postérieures sur cette partie par d'autres spécialistes. Les blocs de résine ont été découpés selon le plan mésio-distal des dents. Après les avoir collés sur lames de verre, les échantillons ont été polis jusqu'à une épaisseur d'environ 100 µm (suivant le protocole de E. Pubert, Pubert *et al.*, 2022).

Gral 10, Q47 dec59 (Ens 4), 1627, Première molaire inférieure de renne

Gral 09, Q46 dec58 (Ens 4), 1605, Première molaire inférieure de renne

Gral 06, N49 dec23 (Ens 3), 505, Première molaire inférieure de Boviné

Gral 03, P48 (Ens 3), 236, Première molaire inférieure de Boviné

Gral 06, Q47 dec30 (Ens 3), 793, Première molaire inférieure de Boviné.

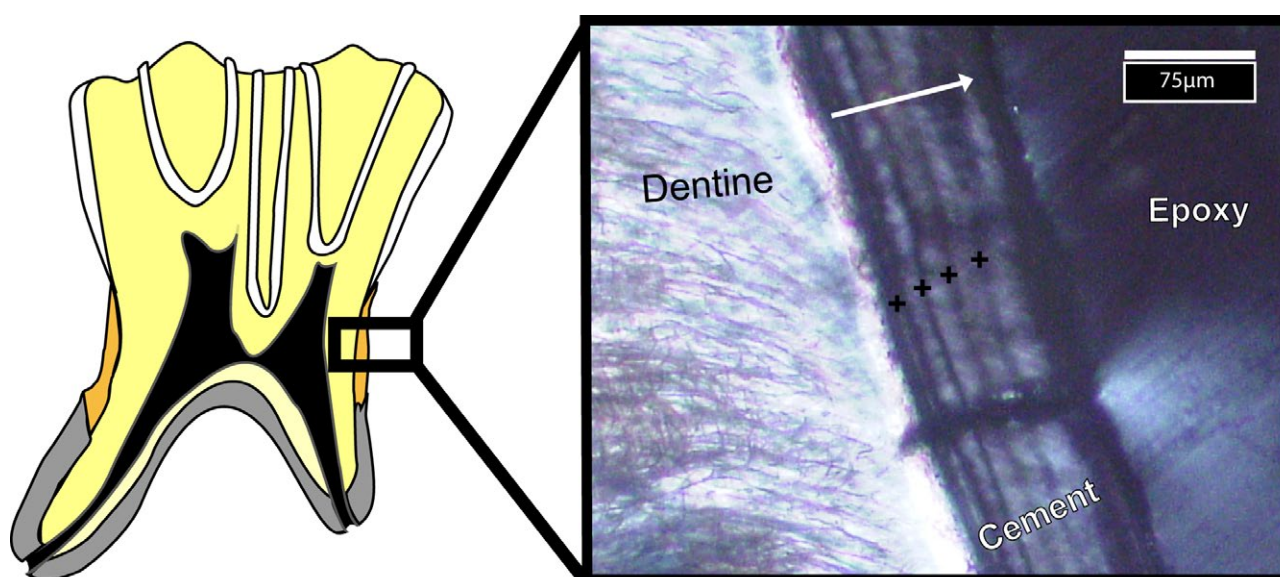


Fig. 1: Coupe schématique d'une dent d'ongulé. En gris: ciment. La photographie représente des bandes de ciment observées au microscope polarisant. La flèche indique le sens de croissance du ciment. Les + positionnent les annuli.

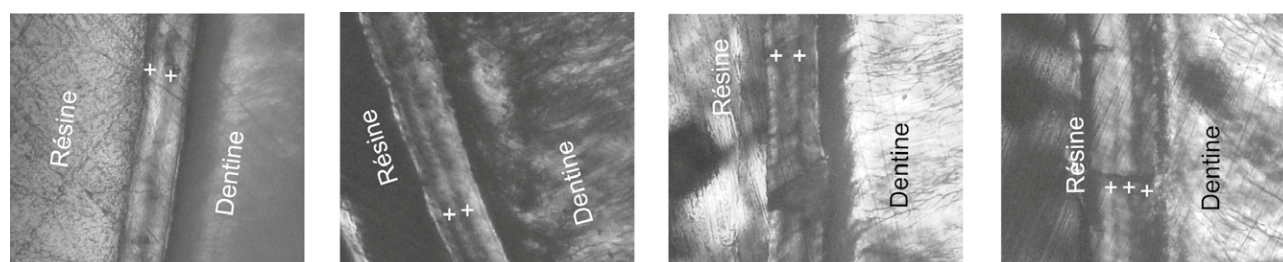


Fig. 2: Photographie en lumière polarisée analysée de lames minces issues de collections modernes témoignant de différents stades de croissance du ciment. Les + positionnent les annuli (d'après Rendu, 2010; Rendu & Speth, 2019).



## 2.2. Conditions d'observation

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé un microscope Leica DM2500P équipé d'une caméra (Leica MC120 HD) permettant – via une station PC équipée de la suite logicielle Leica Application Suite – une observation directe sur écran et une acquisition d'images numériques avec une résolution de 1824 x 1368 pixels. Les observations microscopiques s'effectuent dans un premier temps sous lumière polarisée/analysée avec et sans insertion d'une lame d'onde, aux grossissements x40 et x100, afin de différencier les structures dentaires (dentine, cément cellulaire ou CAFE) et la résine époxy (Rendu, 2010).

De manière à sélectionner les meilleures zones du ciment pour mesurer l'épaisseur des incréments, il est recommandé d'observer l'ensemble du ciment acellulaire à fort grossissement (x200 et x500). Le choix de la région d'intérêt (*Region of Interest*: ROI) est ensuite réalisé dans la mesure du possible, selon les recommandations de Rendu *et al.* (2022). Les critères de choix de la ROI (Fig. 3) sont les suivants :

1. Observation au sein du Cément Acellulaire à Fibres Extrinsèques (CAFE) dans la moitié supérieure de la racine
2. Identification des différentes structures dentaires (Dentine, Couche granuleuse de Tomes, Couche hyaline)
3. Continuité des incréments sur l'ensemble de la ROI
4. Epaisseur constante des incréments de même nature
5. La ROI doit être deux fois plus longue que large
6. Les bords du ciment doivent être équidistants sur toute la ROI.

L'identification de la nature du dernier dépôt et de son stade de croissance (évalué par comparaison de son épaisseur à celle des dépôts précédents de même nature) si c'est un incrément à croissance rapide permet d'inférer la saison de mort de l'animal considéré (Tabl. 1).

## 3. RÉSULTATS

Une première série de lames a été réalisée en 2019. Leur analyse n'a fourni aucun résultat probant, l'ensemble des lames minces s'avérant illisible. Un réexamen a permis de révéler un problème dans la glue utilisée. Une deuxième

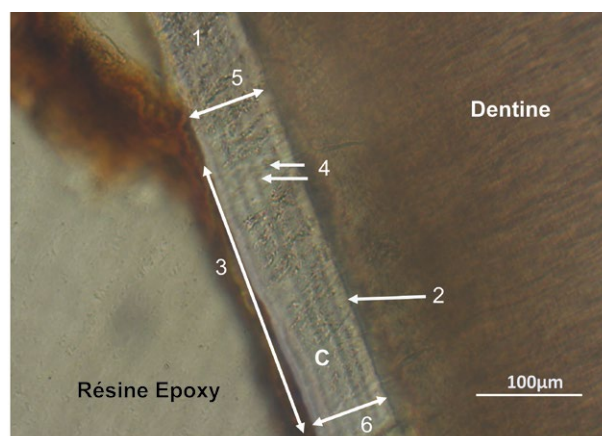


Fig. 3: Critères utilisés pour accepter une région d'intérêt (ROI), d'après (Rendu *et al.*, 2022).

série a été réalisée par l'un d'entre nous (E. P.). Cette fois-ci aucun problème de réalisation n'a été observé. Les tissus dentaires sont globalement bien préservés malgré quelques problèmes de recristallisation et de remobilisation de la trame de collagène. La météorisation n'a impacté sévèrement qu'une seule dent qui reste toutefois lisible. Au final, une dent est rejetée à cause d'atteintes taphonomiques trop poussées qui ont complètement remobilisé les incréments, détruisant l'enregistrement saisonnier.

Pour les quatre autres dents, le dernier dépôt est toujours une zone en début ou milieu de croissance. Si on se réfère aux référentiels actualistes qui ont été établis sur les deux taxons considérés, ce stade de cémentogénèse suggère, pour les quatre individus concernés, une mort survenue entre la fin du printemps et le milieu de l'été (Gordon, 1993 ; Moffitt, 1998 ; Peck, 2004 ; Pike-Tay, 1995).

### P48-236 (Première molaire de Bovin - ENS3)

Les tissus dentaires de la dent sont globalement bien préservés. Les tubules de dentine sont faciles à voir et la zone granulaire de Tomes est observable sur toute sa profondeur. En revanche la jonction dentine-cément est obscurcie par un dépôt brun qui empêche d'observer la couche hyaline. Observée en lumière polarisée avec insertion d'une lame lambda, le dépôt apparaît magenta et sans organisation suggérant une déstructuration (Geusa *et al.*, 1999 ; Stutz, 2002a) de la matrice de collagène.

Tableau 1 : Nomenclature utilisée pour inférer la saison de mort.

Nature du dernier incrément	Epaisseur de l'incrément	Saison inférée
Incrément à croissance rapide	<33 % d'épaisseur	Début de saison chaude
	33 %-66 % d'épaisseur	Milieu de saison chaude
	66 %-100 % d'épaisseur	Fin de saison chaude
Incrément à croissance lente		Saison froide

La partie lisible du ciment montre des incréments assez distincts, parallèles et d'épaisseur constante. Cinq couples de bandes sont lisibles et l'enregistrement se termine par une zone en début de croissance (Fig. 4). L'animal serait mort au début de la saison chaude.

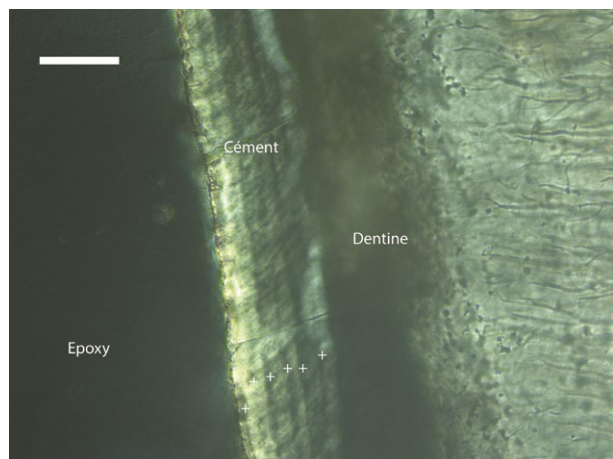


Fig. 4: Observation à grossissement (x400) sous lumière analysée/polarisée. La barre d'échelle représente 100  $\mu\text{m}$ . Les + positionnent les annuli.

#### N49-505 (Première molaire de Boviné - ENS3)

Les tissus dentaires sont très bien préservés et ne semblent présenter aucune altération d'ordre taphonomique. Les tubules de dentine sont clairs et la zone granulaire de Tomes est bien marquée. Les premiers dépôts de ciment sont du ciment cellulaire à fibre intrinsèque, il se peut ainsi qu'une partie significative de l'enregistrement saisonnier soit manquante. Après ce dépôt cellulaire, un fin dépôt de ciment acellulaire à fibre extrinsèque lumineux en lumière polarisée/analysée clôt la séquence (Figs 5 et 6). Il s'agit d'une zone en cours de croissance, l'animal serait donc mort pendant la saison chaude, sans qu'il soit possible de préciser à quel moment de cette dernière.

#### Q46-1605 (Première molaire de renne)

La dentine est ici très bien préservée. Les tubules de dentine sont clairs et la zone granulaire de Tomes est bien marquée. La limite ciment-dentine est bien marquée et le ciment est de type acellulaire à fibre extrinsèque. Cependant, de nombreuses craquelures transverses recoupent le ciment, limitant ainsi son observation. Ces modifications post-mortem sont probablement à mettre en lien avec l'impact de la météorisation. Une seule ROI a été identifiée. La partie la plus interne du ciment est difficilement lisible, mais un couple complet zone-annulus est présent, suivi d'un dernier dépôt qui serait une zone en début de croissance (Fig. 7). L'individu serait donc mort au début de la saison chaude.

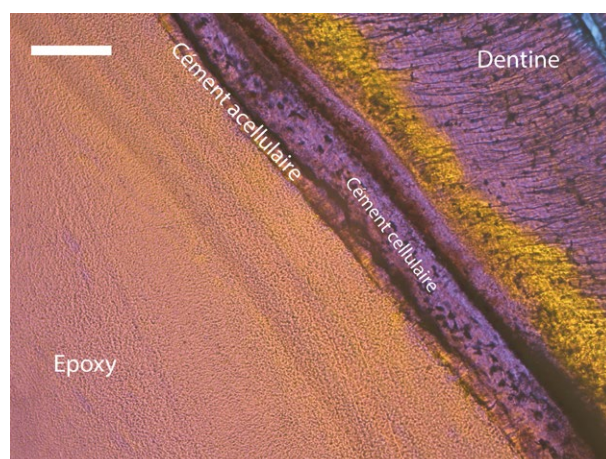


Fig. 5: Observation à fort grossissement (x200) sous lumière analysée/polarisée avec insertion de la lame d'onde. La barre d'échelle représente 100  $\mu\text{m}$ . Les deux types de ciment sont facilement discernables sur l'image. La coloration différente s'explique par l'orientation différente des fibres (extrinsèques vs intrinsèques) au sein des deux types de ciment. Pour une synthèse sur la nature et constitution de ces types de ciment, voir Naji *et al.*, 2015.

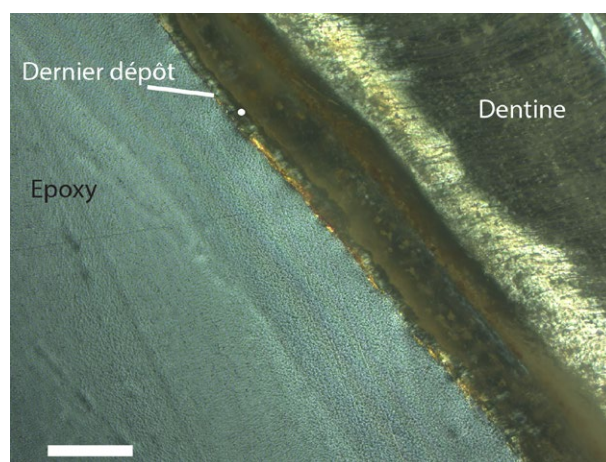


Fig. 6: Observation à fort grossissement (x200) sous lumière analysée/polarisée. La barre d'échelle représente 100  $\mu\text{m}$ . Le point positionne l'annulus avant le dernier dépôt.

#### Q47-793 (Première molaire de Boviné)

Les tissus dentaires sont globalement mal préservés. Si la partie interne de la dentine est intacte, ce n'est pas le cas pour la partie la plus externe. Ainsi, la limite dentine-ciment est par endroit non discernable. Un dépôt brun recouvre cette zone sur une grande partie de la lame mince. Néanmoins, une ROI a pu être identifiée. Sur cette dernière, l'ensemble des incréments sont visibles, continus, parallèles les uns aux autres et de même épaisseur. Quatre couples de bandes sont visibles et un dernier

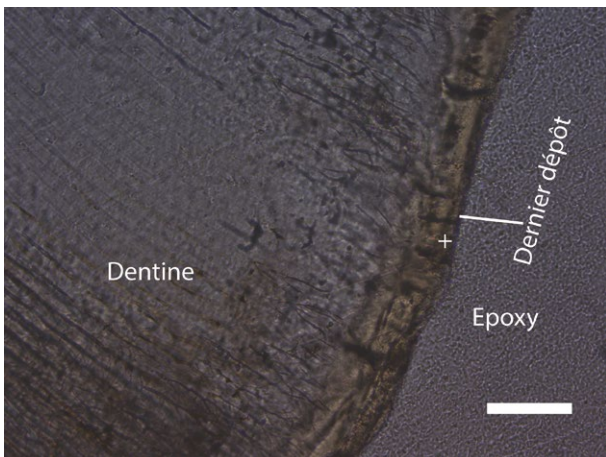


Fig. 7: Observation à très fort grossissement (x400) sous lumière analysée/polarisée. La barre d'échelle représente 50  $\mu\text{m}$ . La croix positionne l'annulus avant le dernier dépôt.

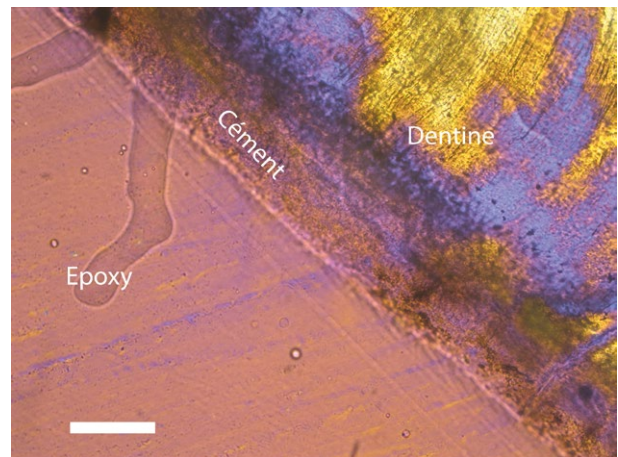


Fig. 9: Observation à fort grossissement (x200) sous lumière analysée/polarisée avec insertion de la lame d'onde ou lame lambda (suivant Stutz, 2002a, b)

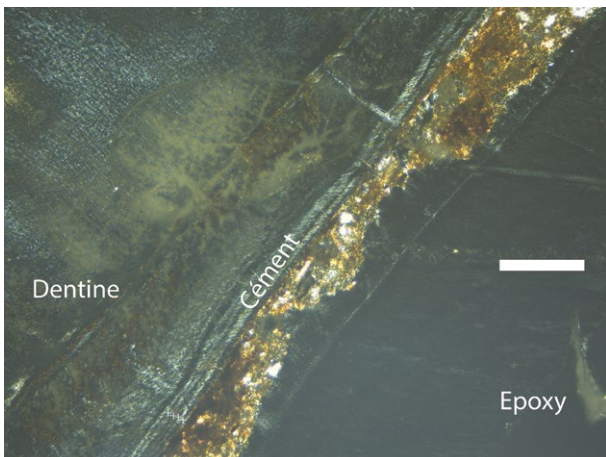


Fig. 8: Observation à fort grossissement (x200) sous lumière analysée/polarisée. La barre d'échelle représente 100  $\mu\text{m}$ . Les points positionnent les annuli.

dépôt clair, une zone en cours de croissance, vient terminer l'enregistrement saisonnier (Fig. 8). L'animal est donc mort au milieu de la saison chaude.

#### Q47-1627 Première molaire de renne

La dent présente des tissus dentaires altérés, même si la dentine est partiellement préservée. Cependant, la limite dentine-cément n'est pas nette et ni la ligne granulaire de Tomes ni la couche Hyaline ne sont observables. Le ciment lui-même apparaît désorganisé et prend une coloration mixte (magenta/jaune) en lumière polarisée avec lame lambda (Fig. 9). Aucun incrément n'est observable et le ciment est de type amorphe, indication de très forte

perturbation post-mortem (Geusa *et al.*, 1999). Il n'est donc pas possible de déterminer la saison de mort de l'animal.

#### 4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette étude, conduite sur très peu de dents de renne et de bison, a été menée à des fins exploratoires afin de tester les possibles variations saisonnières dans la fréquentation du Causse par les grands ongulés. Les dents sélectionnées ont permis de documenter une présence du renne et du bison pendant la bonne saison, et ce quel que soit l'ensemble biostratigraphique considéré (ici Ens 3 et 4). Ces données peuvent d'ores et déjà être comparées à celles obtenues par H. Martin en 2005 (Tabl. 2).

Comme dans notre étude, tous les rennes analysés indiquaient une mort durant la saison chaude. Ce résultat pourrait suggérer une présence de cet ongulé uniquement à cette période de l'année. Les résultats obtenus au terme de l'étude paléontologique et populationnelle des restes de renne (Castel & Kuntz, 2024) indiquent cependant une présence probable de cet animal tout au long de l'année puisque les restes crâniens de plusieurs mâles dépourvus de bois ont été identifiés. Il serait par conséquent nécessaire de poursuivre la démarche analytique afin de tenter de déterminer la saison de mort de plus d'individus et notamment de ceux dont les caractéristiques biologiques laissent à penser que leur mort ait pu avoir lieu au cours de la saison de ralentissement métabolique, l'hiver.

En ce qui concerne le bison, les résultats de l'Ensemble 3 permettent de compléter l'étude précédente (Martin, 2005) portant sur l'Ensemble 2. Ainsi, les bisons comme les rennes provenant de cet ensemble biostratigraphique, daté entre 15,5 et 22 ka calBP, sont décédés lors de la sai-

Tableau 2 : Restes dentaires analysés dans le cadre de l'étude cémentochronologique menée par Hélène Martin, modifié d'après Martin, 2005. S : saison

Référence	Espèce	Ens. biostratigraphique	Dent	Latéralisation	Individu	Saison
P46 - 125	cerf	Ens 2	M sup	G	cerf1	illisible
N50 - 484	renne	N/A	M sup	G	renne1	Bonne S
Q45 - 108	renne	Ens 3	P3 sup	G	renne2	Début Bonne S
Q46 - 107	renne	Ens 3	M2 sup	D	renne3	illisible
M51 - 99	cerf	N/A	M2 inf	G	cerf2	Début Bonne S
Q45 - 200	renne	Ens 3	M sup	G	renne4	Fin Bonne S
Q45 - 23	renne	Ens 3	P inf	G	renne5	Bonne S
M50 - 358	renne	N/A	M1 inf	D	renne6	Bonne S
N49 - 14	bison	Ens 2	D3 sup	D	bis2	Mauvaise S
N50 - 225	renne	N/A	D4, M1 et M2	G	renne7	Bonne S
P47 - 218	bison	Ens 2	M1 sup	D	bis1	Mauvaise S

son chaude. Ces données coïncident avec celles fournies par l'étude paléobiologique de ce grand ongulé (Brugal, 2024) qui, du fait de la présence de femelles et de leurs petits, démontre une présence certaine de cet herbivore pendant la bonne saison. La présence de bison au cours de la saison froide documentée dans les phases les plus récentes d'accumulation (Ens 2) constitue donc un résultat très intéressant qui doit être étudié spécifiquement, car il pourrait induire des modalités différentes d'accumulation des carcasses.

L'étude cémentochronologique constitue, dans le contexte spécifique de l'Igue du Gral, une méthode d'analyse indispensable pour déterminer les variations saisonnières et chronologiques du peuplement animal des Causses du Quercy. Les résultats présentés ici ne constituent de fait qu'une première étape dans l'étude des ongulés piégés dans ce gisement.

## REMERCIEMENTS

Cette recherche a été conduite dans le cadre du projet CemeNTAA (ANR-14-CE31-0011, dir. W. Rendu and L. Gourichon) et du projet DeerPal (ANR-18-CE03-0007 dir. E. Discamps), et finalisée au sein de la plateforme de cémentochronologie de l'IRL 2013 ZooSCAN.

## BIBLIOGRAPHIE

Brugal J.-P. 2024. Les grands Bovidés de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot, France) et les bisons de la fin du Pléistocène. In : Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. (dir.), L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) : histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur. *Revue de Paléobiologie*, 43(2) : 151-191.

Berger J. & Cunningham C. 1991. Bellows, copulations, and sexual selection in bison (*Bison bison*), *Behavioral Ecology*, 2(1) : 1-6.

Boudadi-Maligne M., Mallye J.-B., Castel J.-C. avec la collaboration de Bignon-Lau O., Lacrampe-Cuyaubère F., Laroulandie V., Luret M. & Muth X. 2024. Les remplissages paléontologiques de l'aven : description, définition des ensembles et cadre chronologique. In : Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. (dir.), L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) : histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur. *Revue de Paléobiologie*, 43(2) : 61-85.

Binford L.R. 1978. *Nunamiut : Ethnoarchaeology*, New York : Academic Press.

Burke A. 1993. Applied Skeletochronology: The Horse as Human Prey During the Pleniglacial in Southwestern France. In : Clarke G. A. (dir.), *Archaeological Papers of the American Anthropological Association*, 4 : 145-150.

Burke A. & Castanet J. 1995. Histological observations of cementum growth in horse teeth and their application to archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 22 : 479-493.

Castel J.-C., Camus H. & Muth X. 2024. L'Igue du Gral et son contexte. In : Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. (dir.), L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) : histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur. *Revue de Paléobiologie*, 43(2) : 9-23.

Castel J.-C. & Kuntz D. 2024. Le renne de l'Igue du Gral. In : Castel J.-C. & Boudadi-Maligne M. (dir.), L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot) : histoire d'un piège naturel au Pléistocène supérieur. *Revue de Paléobiologie*, 43(2) : 235-300.

Diekwisch T.G. 2001. The developmental biology of cementum. *International Journal of Developmental Biology*, 45(5/6) : 695-706.

Duncan P. 2012. *Horses and grasses : the nutritional ecology of equids and their impact on the Camargue*. Vol. 87, Springer Science & Business Media.

Fontana L. 1998. *Mobilité et subsistance au Magdalénien dans le Languedoc occidental et le Roussillon*. Thèse de

- Doctorat, Université de Paris I, 2 t., 285 pp., 297 fig., 296 tabl.
- Fontana L. 1999. Mobilité et subsistance au Magdalénien dans le Bassin de l'Aude. *Bulletin de la Société préhistorique française* 96(2): 175-190.
- Geusa G., Bondioli L., Capucci E., Cipriano A., Grupe G., Savorè C. & Macchiarelli R. 1999. Dental cementum annulations and age at death estimates. In: Bondioli L. & Macchiarelli R. (dir.), *Osteodental Biology of the People of Portus Romae (Necropolis of Isola Sacra, 2nd-3rd cent. AD)*, Roma.
- Gordon B.C. 1993. Archaeological tooth and bone seasonal increments: the need for standardized terms and techniques. *Archaeozoologia*, 5(2): 9-16.
- Gourichon L. 2004. *Faune et saisonnalité: L'organisation temporelle des activités de subsistance dans l'Épipaléolithique et le Néolithique précéramique du Levant nord (Syrie)*. Université Lumière - Lyon II. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00721868> [Accédé le 23 octobre 2013].
- Grue H. & Jensen B. 1979. Review of the Formation of Incremental Lines in Tooth Cementum of Terrestrial Mammals. *Danish Review of Game Biology*, 11: 1-48.
- Klevezal' G.A. 1996. *Recording Structures of Mammals: Determination of Age and Reconstruction of Life History*, Rotterdam, A. A. Balkema Series, 448 pp.
- Klevezal' G.A. & Kleinenberg S.E. 1969. Age determination of mammals from annual layers in teeth and bones. Israel Program for Scientific Translations (Ed. orig.: Opređenje Vozrasta mlekopitayushchikh po sloistym strukturam zubov i kosti. Moskva: Institut Morfologii Zhivotnykh im, A.N. Severtsova, Akademiya Nauk S.S.S.R.
- Lieberman D.E. 1994. The Biological Basis for Seasonal Increments in Dental Cementum and their Application to Archaeological Research. *Journal of Archaeological Science*, 21: 525-539.
- Martin H. 1996. L'analyse du ciment dentaire et la détermination de l'âge des adultes: méthodes et limites. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 8(3-4): 433-440.
- Martin H. 2005. Analyse cémento-chronologiques des restes dentaires recueillis à l'aven du Gral. In: Castel J.-C., Coumont M.-P., Brugal J.-P., Cochard D., Guadelli J.-L., Laroulandie V., Martin H., Mourre V. & Oberlin C. Igue du Gral, Sauliac-sur-Célé, Lot (46). Rapport triennal de fouille programmée. SRA Midi-Pyrénées, pp. 149-151.
- Mauss M. 1904-1905. Essai sur les variations saisonnières des sociétés eskimos. *L'Année sociologique*, T. 9, pp. 39-132.
- Moffitt S.A. 1998. Aging Bison by the Incremental Cementum Growth Layers in Teeth. *The Journal of Wildlife Management*, 62(4): 1276-1280.
- Monks G.G. 1981. Seasonality Studies. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 4: 177-240.
- Naji S., Gourichon L. & Rendu W. 2015. La cémento-chronologie. In: Balasse M., Brugal J.-P., Dauphin Y., Geigl E.-M., Oberlin C. & Reiche I. (dir.), *Messages d'os. Archéométrie du squelette animal et humain*, Edition des Archives Contemporaines (Sciences Archéologiques), pp. 217-240.
- Naji S., Rendu W. & Gourichon L. 2022. *Dental cementum in anthropology*, Cambridge University Press.
- Peck T.R. 2004. *Bison ethology and native settlement patterns during the Old Women's phase on the northwestern plains*, Oxford, Archaeopress (BAR International Series 1278), 147 pp. <http://dSPACE.ucalgary.ca/handle/1880/42704> [Accédé le 16 octobre 2014].
- Pike-Tay A. 1991. *Red deer Hunting in the Upper Paleolithic of Southwest France: A Study in Seasonality*. British Archaeological Reports International Series S569, Oxford, Tempus Reparatum.
- Pike-Tay A. 1995. Variability and synchrony of seasonal indicators in dental cementum microstructure of the Kaminuriak caribou population. *Archaeofauna*, (4): 273-284.
- Pubert E., Naji S., Gourichon L., Santos F. & Rendu W. 2022. Cementochronology for Archaeologists: Experiments and Testing for an Optimized Thin-Section Preparation Protocol. In: Naji S., Rendu W. & Gourichon L. (eds). *Dental Cementum in Anthropology*, 1st edition, Cambridge University Press, pp. 173-188.
- Rendu W. 2007. *Planification des activités de subsistance au sein du territoire des derniers Moustériens Cémento-chronologie et approche archéozoologique de gisements du Paléolithique moyen (Pech-de-l'Azé I, La Quina, Mauran) et Paléolithique supérieur ancien (Isturitz)*. Université Bordeaux 1. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00444154> [Accédé le 23 octobre 2013].
- Rendu W. 2010. Hunting behavior and Neanderthal adaptability in the Late Pleistocene site of Pech-de-l'Azé I. *Journal of Archaeological Science*, 37(8): 1798-1810.
- Rendu W. & Speth J.D. 2019. Seasonality of Kebara's Middle Paleolithic Occupations: A cementum increment analysis. In: Meignen L. & Bar-Yosef O. (eds), *Kebara Cave, Mt. Carmel, Israel. Part II: The Middle and Upper Paleolithic Archaeology. American School of Prehistoric Research Bulletin 51* (Peabody Museum).
- Rendu W., Naji S., Pubert E., Sánchez-Hernández C., Vuillien M., Alarashi H., Discamps E., Jimenez E.-L., Rigaud S. & White R. 2022. 11 Cementochronology Protocol for Selecting a Region of Interest in Zooarchaeology. In: Naji S., Rendu W. & Gourichon L. (eds). *Dental Cementum in Anthropology*, 1st edition, Cambridge University Press, p. 201.
- Speth J.D. 1983. *Bison kills and bone counts: Decision making by ancient hunters*. University of Chicago Press.
- Speth J.D. 2013. Thoughts about hunting: Some things we know and some things we don't know. *Quaternary International*, 297: 176-185.
- Speth J.D. & Spielmann K.A. 1983. Energy source, protein metabolism, and hunter-gatherer subsistence strategies. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2(1): 1-31.
- Stutz A.J. 2002a. Polarizing Microscopy Identification of Chemical Diagenesis in Archaeological Cementum. *Journal of Archaeological Science*, 29(11): 1327-1347.
- Stutz A.J. 2002b. *Pursuing past seasons: a re-evaluation of cementum increment analysis in Paleolithic archaeology*, University of Michigan, Ann Arbor, 280 pp.
- Varin E. 1980. *Chevreuril, cerf, sanglier: Etudes et récits d'un chasseur*. Les Editions de l'Orée.
- Walde D. 2006. Bison breeding characteristics and interpretation of archaeological seasonality revisited. *International Journal of Osteoarchaeology*, 16(6): 481-492.