



**PALEO**

Revue d'archéologie préhistorique

21 | 2009-2010

Varia

---

## Approche taphonomique en Cémentochronologie : réexamen du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne, France)

William Rendu, Dominique Armand, Éric Pubert et Marie Soressi

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/paleo/1832>

DOI : 10.4000/paleo.1832

ISSN : 2101-0420

### Éditeur

SAMRA

### Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2011

Pagination : 223-236

ISSN : 1145-3370

### Référence électronique

William Rendu, Dominique Armand, Éric Pubert et Marie Soressi, « Approche taphonomique en Cémentochronologie : réexamen du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne, France) », *PALEO* [En ligne], 21 | 2009-2010, mis en ligne le 28 mars 2013, consulté le 07 juillet 2020. URL : <http://journals.openedition.org/paleo/1832> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/paleo.1832>

---



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

# APPROCHE TAPHONOMIQUE EN CÉMENTOCHRONOLOGIE : réexamen du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne, France)

William RENDU<sup>(1, 2, 3)</sup>, Dominique ARMAND<sup>(3)</sup>,  
Éric PUBERT<sup>(3)</sup>, Marie SORESSI<sup>(4, 5, 6)</sup>

**Résumé** : Alors que la cémentochnologie est une méthode de plus en plus utilisée pour reconstituer la saisonnalité de prédation des animaux présents en contexte archéologique, peu d'études incluent la recherche systématique des modifications taphonomiques qui peuvent affecter le ciment. Ce travail propose une présentation des phénomènes de remobilisations diagénétiques de l'enregistrement saisonnier. À travers la reprise de l'analyse du niveau 4 du gisement du Pech-de-l'Azé I, nous proposons une illustration de leurs conséquences sur les études cémentochnologiques.

**Mots-clés** : diagénèse, Moustérien, saison, stratégie de chasse, cémentochnologie, taphonomie.

**Key-words**: Diagenesis, Mousterian, Season, Hunting strategy, Skeletochronology, Taphonomy.

## Abridged english version

### *Taphonomic approach in Skeletochronology: Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne, France) Level 4 revision.*

#### Introduction

This paper propose the application of A. J. Stutz method of diagenetic cementum modification identification to the skeletochronological analysis of Level 4 of the Pech-de-l'Azé I study previously published by some of us (Armand *et al.* 2001). Skeletochronology is based on the observation of seasonal cementum deposits and has long been used in zooarchaeology to access the season of death of human preys (Saxon and Higham 1968 ; Spiess 1979 ; Burke 1995 ; Martin 1994 ; Pike-Tay *et al.* 1999). Cementum is a bonelike tissue that allows the connection between tooth roots and the gingival, through the periodontal ligament, (Lieberman and Meadow 1992 ; Klevezal' 1996 ; Dieckwisch 2001). It apposes itself along mammal tooth roots from their formation, until the death of the animal. In most mammal populations, this growth follows predictable seasonal cycles which exhibit the succession of a fast growth deposit (also called "Zone") from mid-spring to autumn and a slow growth one (Annulus and/or LAG) in winter (Klevezal' and Kleinenberg 1969 ; Martin 1994 ; Burke and Castanet 1995 ; Klevezal' 1996 ; Moffit 1998 ; Peck 2004). Seasonal patterns of cementum depositions produce microscopically distinct incremental levels, which may exhibit one or more of a variety of ultrastructural, microstructural, and histological patterns (fig. 1).

(1) Université Toulouse le Mirail, UMR 5608 TRACES, 5 allées Antonio Machado, 31058 Toulouse cedex 9.

(2) University of Michigan, Museum of Anthropology, 4013 Museums Building, Ann Arbor, Michigan 48109-1079, USA - williamrendu@hotmail.fr

(3) Université Bordeaux 1, PACEA UMR 5199, Avenue des facultés, 33405, Talence, France – d.armand@ipgq.u-bordeaux1.fr

(4) INRAP Centre/Ile-de-France, 525 av. de la Pomme de Pin, 45590 Saint-Cyr-en-Val, France.

(5) Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology, Dept. of Human Evolution, Deutscher Platz 6, 04103 Leipzig, Allemagne.

(6) AnTet UMR 7041, 21, allée de l'Université, 92023 Nanterre cedex, France.

## Taphonomy and cementum

Although lots of researchers have underlined the existence of post-mortem modification of the tooth tissues (fig. 2), few of them specifically focalised on the taphonomic modifications that can alter the seasonal record such as weathering (fig. 2). One of the most important of these taphonomic processes is the apatite crystal re-crystallisation that can mimic biogenic deposit that cannot be identified with the classical methods used (Stutz 2002a, 2002b). However, in polarizing microscopy (Gilbert, 1989), the use of the Lambda plate can help to resolve this issue by colouring the taphonomic and the biogenic deposit in two different ways (figure 3). Figure 4 proposes an example of the lambda plate application for the identification of diagenesis modifications.

We present the application of this method to the skeletochronological study of Pech-de-l'Azé I level 4 originally conducted by some of us (Armand *et al.* 2001). Our objectives was firstly to propose a reevaluation of the previous seasonal results and, secondly, to present an example of the impact of that kind of modifications on archaeological series.

## Revision of the Pech-de-l'Azé I

The previous skeletochronological study of Pech-de-l'Azé I was conducted on the two main taxa identified in the level 4: the red deer and the bison. It highlighted the well preservation of the cementum increment (Armand *et al.* 2001) and proposed a deer slaughter during the good season and a bison hunt during the bad season (fig. 5). The reevaluation has concerned the same material and the observations were made with the lambda plate inserted. Twelve teeth were analysed and taphonomic modification were identified on several of them (tab.1). It appears that five of the twelve teeth exhibited some apatite recrystallisations and/or a lost of their collagen structure that conducted to the lost of a part of the seasonal records. For these teeth, the post-mortem modifications were too important to propose a precise age at death. In addition, in three cases, we weren't able to establish the season of death (fig. 6). Moreover a black deposit on the outer-edge of the cementum was identified. It appears that it was previously interpreted as a slow growth deposit. The use of the lambda plate has helped us to recognize it as a non biogenic material and, consequently, to correct the previous identification.

## Discussion

By tacking into account the post-mortem modification, we were able to propose a modified seasonal spectrum of the Pech-de-l'Azé I fauna, in which four seasonal result were different from the prior study (fig. 7). The red deer hunting season wasn't really modified contrary to the bison one. At the end of this study, it appears that the bison were killed at the end of the good season contrary to what was previously proposed. These new data modify the perception we had of the subsistence strategies by rejecting the hypothesis of a bison hunt during the winter. A second sampling in the same level (not presented here) has confirmed the results of this study (Rendu 2007).

The conclusions of this paper underline, that although most of the skeletochronological samples are not affected by these kinds of alterations, they appears to be quite common. They may have important consequences on the skeletochronological results, especially for the small samples. However, while taphonomic modifications of the cementum records might interfere with the seasonal interpretations, it is now possible to resolve these problems. Consequently, the technique developed by A. J. Stutz (2002a, 2002b) helps to magnify the reliability of one of the most accurate method to discuss the season of death of ungulate preys.

---

## Introduction

Développée dans les années cinquante par les biologistes spécialistes de l'étude des populations animales (Scheffer 1950 ; Laws 1952 ; Sergeant et Pimlott 1959), la cémento-chronologie repose sur l'observation des marqueurs saisonniers de croissance au sein du ciment dentaire. Cette méthode est désormais très largement utilisée en archéologie pour documenter la saisonnalité de prédation des animaux trouvés en contexte préhistorique (Pike-Tay 1991 ; Pike-Tay *et al.* 1999 ; Martin 1994 ; Peck 2004 ; Wall 2005). Alors que beaucoup de travaux ont abordé les mécanismes de la cémento-chronologie (Lieberman et Meadow 1992 ; Lieberman 1993 ; Burke et Castanet 1995), peu d'études se sont concentrées sur les problèmes qui découlent de son application au contexte archéologique. Ces dernières années cependant, la recherche s'est davantage intéressée aux modifications susceptibles d'intervenir sur l'enregistre-

ment saisonnier après la mort de l'animal et qui, dans certains cas, peuvent avoir de lourdes conséquences sur les résultats (Geusa *et al.* 1999). En particulier, les phénomènes de modifications diagénétiques de l'apatite (un des principaux constituants du ciment) peuvent entraîner l'apparition de faux marqueurs saisonniers, non perceptibles avec les méthodes couramment employées (Stutz 2002a, 2002b).

Nous nous baserons sur l'analyse d'une série précédemment étudiée, le niveau 4 du Pech-de-l'Azé I (Armand *et al.* 2001), pour mettre en évidence les biais que peuvent induire ces phénomènes sur les résultats cémento-chronologiques.

## Principe de cémento-chronologie

Le ciment est un tissu osseux, constitué d'hydroxy-apatite et de fibres de collagène, qui se dépose le long des racines des dents de mammifères, depuis leur formation jusqu'à la

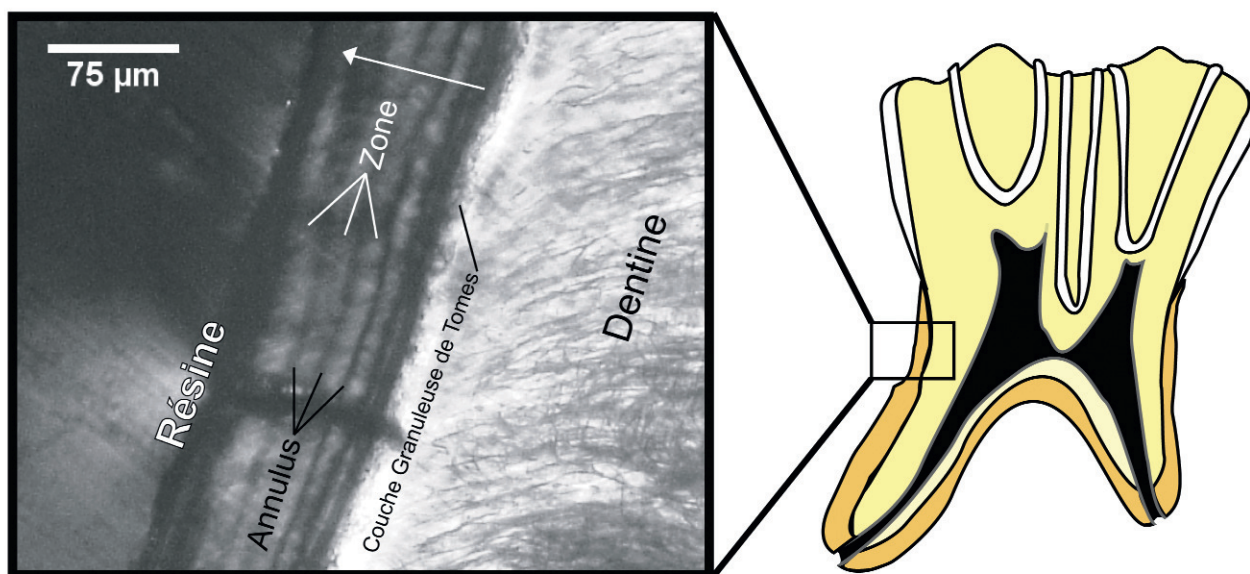


Figure 1 - Coupe schématique d'une dent d'ongulé. Le ciment est en orange. La photographie représente des bandes de ciment observées au microscope polarisant. La flèche blanche indique le sens de croissance du ciment.

Figure 1 - Schematic section of an ungulate tooth. In grey: cellular cementum. The cementum is in orange. The picture shows the succession of the observed cementum lines observed under polarized microscopy. The white arrow shows the direction of the growth.

mort de l'animal (Lieberman et Meadow, 1992 ; Diekwisch, 2001). Son apposition répond à un cycle annuel constitué du dépôt successif d'une bande à croissance rapide (qui apparaît claire au microscope en lumière polarisée, fig. 1) et d'une bande à croissance lente (qui apparaît sombre dans les mêmes conditions d'analyse). La première, appelée **zone** ou bande de bonne saison, se forme généralement du printemps à l'automne ; la seconde, appelée **annulus** ou bande de mauvaise saison, se développe en hiver. De très nombreux référentiels, réalisés sur des individus actuels dont l'âge et la saison de mort étaient connus, ont permis de valider ces processus sur l'ensemble des mammifères testés (Mitchell 1963 ; Lowe 1967 ; Klevezal' et Kleinberg 1969 ; Klevezal et Pucek 1987 ; Gordon 1988 ; Pike-Tay 1991 ; Martin 1994 ; Burke 1995 ; Moffit 1998).

Au microscope polarisant à fort grossissement (x20-x200), il est possible de déterminer la saison de mort de l'individu concerné, par l'identification de la nature de la dernière bande et de son stade de croissance. L'excellente reproductibilité de la méthode et sa possible application à l'ensemble des individus présents sur un site expliquent l'intérêt qu'elle a suscité chez les archéologues pour aborder la saisonnalité de prédation (Saxon and Higham 1968 ; Gordon 1988 ; Pike-Tay 1991 ; Martin 1994 ; Burke 1995 ; Rendu 2007).

## Taphonomie et ciment

L'utilisation de la cémento-chronologie en contexte archéologique conduit à observer des structures microscopiques vieilles parfois de plusieurs dizaines de milliers d'années. Il est donc essentiel d'identifier les phénomènes qui peuvent gêner l'observation et en biaiser potentiellement l'interprétation. La météorisation, ou « *weathering* », est le phénomène

le plus souvent évoqué (Stallibrass 1982 ; Lieberman *et al.* 1990 ; Pike-Tay 1991 ; Miracle et O'Brien 1998). Son expression consiste d'abord en l'apparition puis le développement d'une fissuration de la racine et de plages de décollement au contact de la dentine. La région affectée correspond à une zone de changements minéralogiques et structuraux majeurs (Diekwisch 2001), donc une zone de faiblesse (fig. 2). Un deuxième réseau de fissures peut ensuite être généré. Les fissures partent alors de la surface externe du ciment jusqu'à la zone granuleuse de Tomes et sont perpendiculaires aux bandes de ciment (Stallibrass 1982 ; Lieberman *et al.* 1990 ; Pike-Tay 1991 ; Miracle et O'Brien

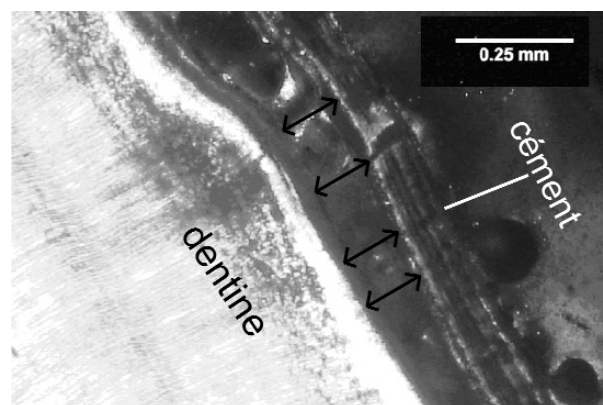


Figure 2 - Observation sous lumière polarisée d'une région de décollement du ciment. Les doubles flèches noires indiquent la région en cours de décollement entre la dentine et le ciment.

Figure 2 - Observation under polarized microscopy of a weathered cementum. The double black arrows show the modified area between dentine and cementum.

1998). Poussée, cette altération peut entraîner une perte de l'ensemble des dépôts de ciment. Si ces modifications engendrent une gêne indéniable lors de l'étude cémento-chronologique, les dents présentant ce type de modification sont facilement identifiées et écartées de l'étude.

D'autres phénomènes post-dépositionnels récemment identifiés, telles les recristallisations de l'apatite, sont des problèmes beaucoup plus importants car les biais induits dans la détermination de la saison de mort ne sont pas forcément perceptibles avec les méthodes couramment utilisées (Geusa *et al.* 1999 ; Stutz 2002a, 2002b).

**Les recristallisations et déstructurations**

Pendant l'enfouissement et notamment sous l'effet des micro-organismes et de la moisissure, les fibres de collagène peuvent se fragmenter et être dissoutes par les eaux d'infiltration au sein du sédiment (Hackett 1981 ; Pate and Brown 1985 ; Child 1995). Les vides ainsi formés constituent des régions favorables aux précipitations de néo-cristaux d'apatite (Gilbert 1989 ; Child 1995 ; Geusa *et al.* 1999). Ces derniers vont alors grandir avec leur axe d'allongement aligné suivant l'axe d'allongement principal des fibres de collagène dissoutes (Ziv *et al.* 1996).

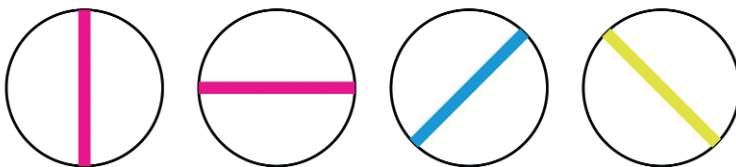
Comme les structures saisonnières ont des dimensions comprises entre 1 µm et 1mm, si cette recristallisation cesse à un niveau « ultrascopique » (inférieur au micro-mètre), l'extension et la perte de collagène restent limitées et les structures du ciment seront alors parfaitement préservées (Ziv *et al.* 1996). Cependant, si la croissance des cristaux d'apatite *post-mortem* se poursuit jusqu'à un niveau microscopique, une oblitération des structures saisonnières pourra se produire (Stutz 2002a ; 2002b).

**Dimension et comportement des cristaux d'apatite en lumière polarisée**

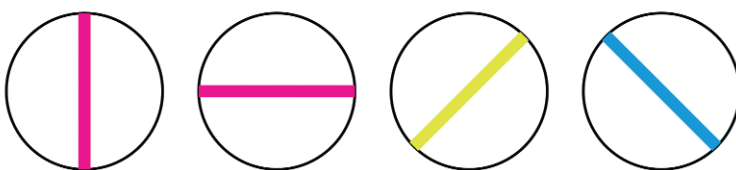
Les cristaux d'apatite biogénique sont trop petits pour influencer sur la lumière qui les traverse et se comportent comme des matériaux transparents isotropes (Ziv *et al.* 1996 ; Stutz 2002a, 2002b). Ainsi, à l'état frais, seules les fibres de collagène sont optiquement actives sous les conditions d'observation énoncées (Schmidt et Keil 1971 ; Ziv *et al.* 1996). Il faut que la taille des cristaux d'apatite augmente sous l'effet des processus de diagénèse, jusqu'à une dimension minimale de 390 nm (plus petite longueur d'onde des rayonnements du spectre visible), pour affecter la lumière visible transmise (Schmidt et Keil 1971). Deux cas particuliers de recristallisation/déstructuration peuvent avoir des conséquences sur les études cémento-chronologiques (Stutz 2002a, 2002b) :

- en l'absence de recristallisation, les zones qui perdent leur collagène présentent des cristaux d'apatite de trop petite dimension pour arrêter la lumière. La lumière polarisée les traverse sans être affectée et arrive jusqu'à l'analyseur qui la stoppe. La zone en question apparaît éteinte, quelle que soit sa position par rapport aux deux polariseurs. Ainsi présente-t-elle les mêmes propriétés optiques qu'un *annulus*, d'où une possible erreur d'identification ;
- l'apatite néo-formée possède les mêmes caractéristiques optiques sous microscope polarisant que les fibres de collagène (Gilbert 1989). Sa couleur de biréfringence (sous lumière polarisée - analysée) est grise du premier ordre. Comme son axe d'allongement principal est de même direction que celui des fibres de collagène, l'extinction se produit en même temps pour ces dernières (Schmidt and Keil 1971;

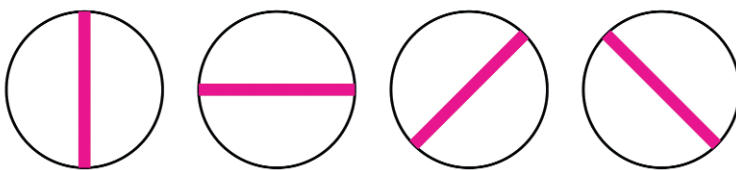
**a) Cément biogénique**



**b) Apatite néo-formée**



**c) Cément dépourvue de collagène (destructuré)**



Cément en extinction

Cément en illumination

*Figure 3 - Représentation des teintes de biréfringence obtenues après insertion de la lame lambda et suivant la nature du tissu observé (modifié d'après Stutz 2002a - p. 157). Les traits symbolisent une bande de ciment suivant son orientation par rapport au couple polariseur-analyseur.*

*Figure 3 - Birefringence patterns of different kind of cementum tissues with the insertion of the plate. The segments symbolize a cementum deposit, in function of its orientation (modified from Stutz 2002a - p. 157).*



Gilbert 1989). Par conséquent, ces dépôts cristallins imitent à la perfection les zones et si un *annulus* est recouvert par un tel dépôt, l'analyste se trompera dans la détermination de l'âge au décès ou même de la saison de mort.

### Identification de l'origine des tissus observés

La principale différence optique existant entre l'apatite diagénétique et le collagène, porte sur leur biréfringence qui est positive pour le collagène, négative pour l'apatite (Gilbert 1989). Une technique issue de la pétrologie minéralogique et développée par A. J. Stutz (2002a, b) permet de s'appuyer sur cette différence pour discriminer les deux types de dépôts. L'insertion d'un cristal biréfringent entre la lame mince et le polariseur va augmenter la différence de réfringence des deux cristaux et entraîner une coloration différentielle des dépôts (Stutz 2002a, 2002b). La lame (ou lambda) aussi appelée *wave plate* ou encore *red 1 plate*, est utilisée dans ce but. Cette lame génère des différences de teintes très marquées entre des substances de biréfrin-

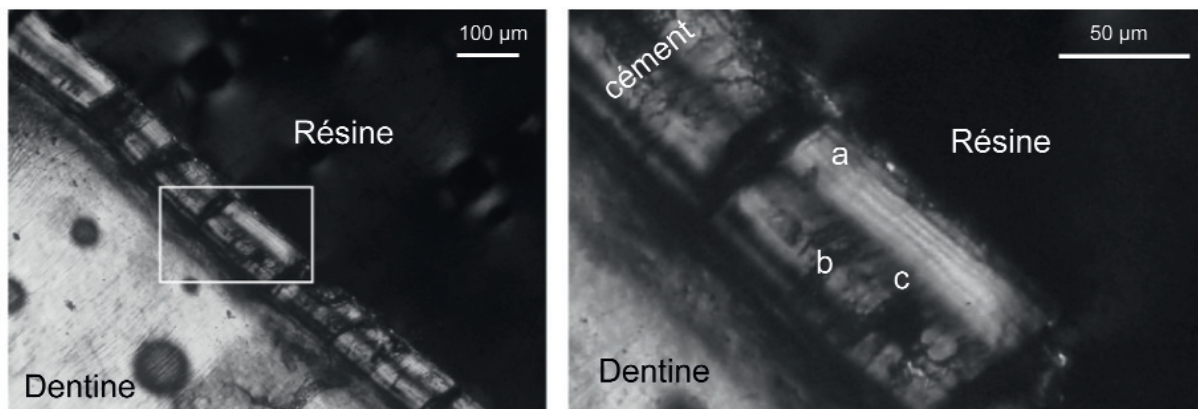
gence opposée (Stutz 2002a, 2002b). Dans la position de luminescence maximale, quand la lame lambda est insérée, l'apatite apparaît bleue quand le collagène est jaune et apparaît jaune quand le collagène est bleu (fig. 3 a et b). Par contre, quand les bandes sont alignées avec les axes d'un des polariseurs (suivant les directions N-S ou E-O), leur couleur est magenta quelle que soit leur nature. Les régions déstructurées, appauvries en collagène, présentent, quant à elles, une coloration rose magenta quelle que soit leur orientation (fig. 3c).

Cette technique permet donc de déterminer facilement l'origine biogénique ou diagénétique de la partie du ciment observée.

### Exemple d'emploi de la lame lambda

Pour illustrer le propos, nous présentons ici un exemple d'application de la lame lambda (Rendu 2007). La Figure 4a est une photographie sous lumière polarisée d'une lame mince réalisée à partir d'une dent de Cerf provenant du

#### a) Observation sous microscope polarisant



#### b) Observation sous microscope polarisant avec insertion de la lame lambda

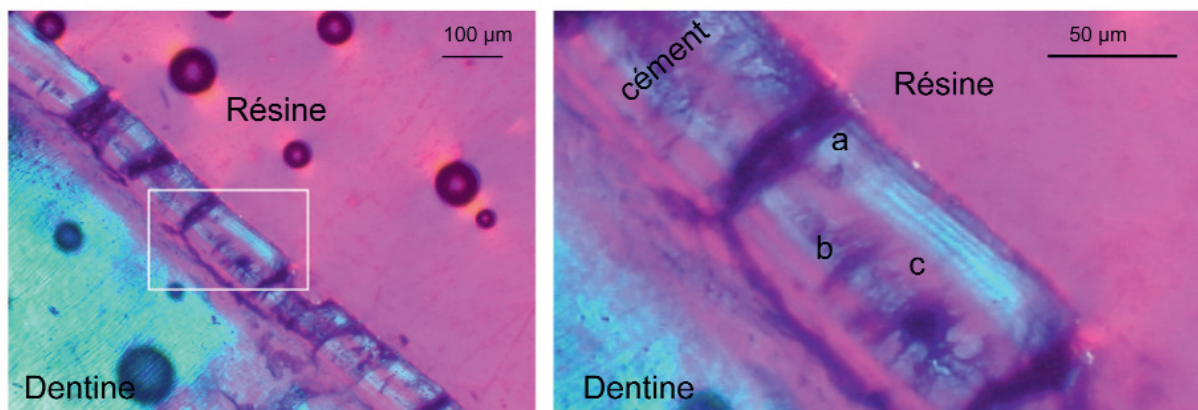


Figure 4 - Observation sous lumière polarisée sans (a) et avec (b) insertion de la lame lambda d'une lame mince réalisée dans une molaire inférieure de Cerf provenant du niveau 7 du gisement du Pech-de-l'Azé I. Le carré blanc sur la photographie de gauche délimite la zone agrandie sur la photographie de droite.

Figure 4 - Observation under polarized microscopy without (a) and with the lambda plate inserted of a thin section from a red deer lower molar from Level 7 of the Pech-de-l'Azé I. The white square on the left picture localised the enlargement region of the right picture.

gisement de Pech-de-l'Azé I, niveau 7. L'observation en lumière polarisée permet de distinguer deux régions dans ce ciment : une région extérieure (a), présentant un enregistrement saisonnier bien préservé au sein duquel quatre couples de bandes sont lisibles. La partie la plus intérieure (b) montre une organisation des tissus particulièrement difficile à analyser. Ces deux principales régions sont séparées par une large bande noire (c) délicate à interpréter sous ce mode d'observation. L'observation sous lumière polarisée avec insertion de la lame lambda (fig. 4b) apporte des éléments de réponse. La partie externe du ciment présente une coloration bleue (a), qui atteste de la conservation du collagène dans cette zone. À l'inverse, la partie la plus interne apparaît rose (b), témoignant d'une probable disparition du collagène. La ligne noire précédemment signalée (c) semble résulter d'une disparition complète du collagène et, si elle avait été plus fine, aurait pu être confondue avec une bande de mauvaise saison en lumière polarisée analysée.

### Réexamen du niveau 4 du gisement du Pech-de-l'Azé I

Une première étude du niveau 4 du gisement du Pech-de-l'Azé I a été réalisée par une partie des auteurs (D.A., E.P., M.S.). Les deux taxons dominants, le Cerf et le Bison, ont été analysés cémento-chronologiquement (Armand *et al.* 2001). Douze individus, représentés par autant de dents ont permis l'obtention de 24 lames minces. L'observation a été conduite sous microscope polarisant à fort et très fort grossissement (X40-X200) de manière directe et assistée par ordinateur (Lieberman *et al.* 1990). Lors de cette première étude, la possibilité d'altérations post-déposition-

nelles n'avait pas été envisagée puisque les modifications diagénétiques n'avaient pas encore été identifiées. À l'exception d'une dent, toutes présentaient un ciment lisible permettant aux auteurs de proposer une saison de mort pour les différents individus étudiés. Ce travail mettait en évidence une prédation du Cerf s'étendant sur l'ensemble de l'année, à l'exception de la fin de la bonne saison, et du Bison, ayant lieu pendant la mauvaise saison (fig. 5).

En se fondant sur ces résultats, une chasse hivernale du Bison pour la constitution de réserves alimentaires avait été proposée.

Une étude ultérieure portant sur le niveau 6 de ce même gisement, conduite avec l'emploi de la lame lambda, a mis en évidence un abattage du Cerf pendant la même période. L'analyse des incréments de ciment des dents de Bison a révélé un abattage (et donc une présence dans l'environnement) durant la bonne saison (Rendu 2006).

Trois hypothèses permettent alors d'expliquer cette différence d'abattage entre le niveau 4 (abattage pendant la mauvaise saison) et le niveau 6 (abattage pendant la bonne saison) : soit le Bison a occupé en continu le vallon pendant l'année et donc ce taxon ne migrerait pas ; soit le statut de la région du Pech-de-l'Azé I est passé de zone d'hivernage à zone d'estive pour la population de Bovinés, entre les deux occupations ; soit des problèmes taphonomiques ont modifié le ciment au sein du niveau 4 et ont conduit à des erreurs d'interprétation.

Il est ainsi apparu essentiel de vérifier sur le premier échantillon si de telles modifications avaient pu perturber le spectre saisonnier.

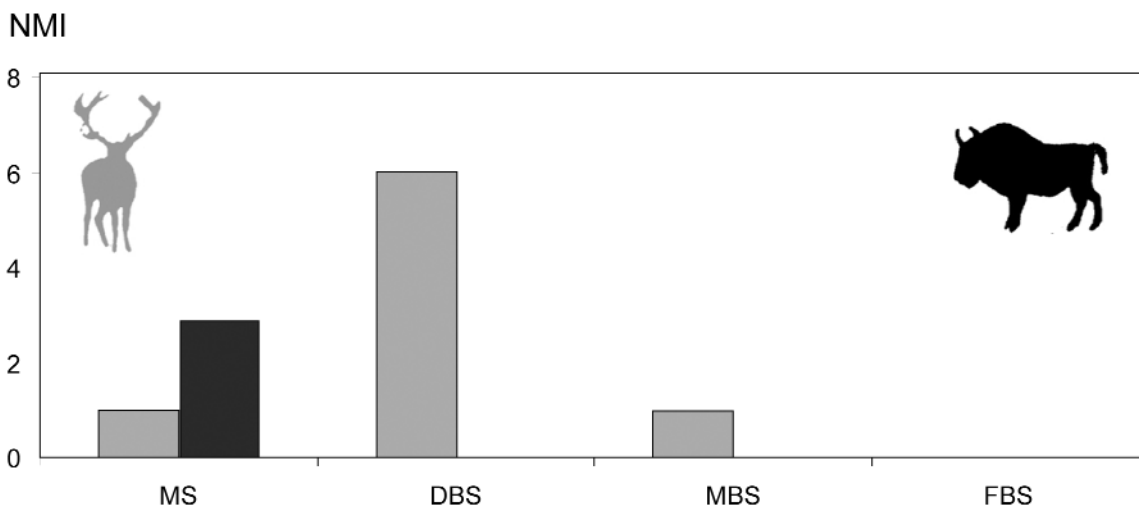


Figure 5 - Saison d'abattage du Cerf et du Bison dans le niveau 4 (modifié d'après Armand *et al.* 2001). MS : mauvaise saison ; DBS : début de bonne saison ; MBS : milieu de bonne saison ; FBS : fin de bonne saison. L'analyse précédente proposait un découpage en trois parties de la mauvaise saison (début milieu et fin de la mauvaise saison). Pour faciliter les comparaisons avec la présente étude, ces résultats ont été regroupés en une seule (mauvaise saison).

Figure 5 - Skeletochronological results per taxa. DBS: Beginning of the Good Season; MBS: Middle of the Good Season; FBS: End of the good season; MS: Bad Season (modified from Armand *et al.* 2001). The previous analysis used To make the comparisons easier between the two analysis the previous results attributed to different stages of the bad season have been gather together in one only season.

## Reprise du matériel du niveau 4

L'ensemble du matériel (à l'exception d'une lame mince qui avait été cassée avant notre étude) a été réexaminé. L'observation a été réalisée au microscope polarisant avec et sans insertion de la lame lambda, sans connaissance des résultats précédemment obtenus pour chacune des lames mince. Les résultats ont ensuite été comparés à l'étude antérieure.

## Résultats

Outre quelques rares modifications liées à la météorisation du matériel, deux types de problèmes gênant l'étude ont été identifiés : il s'agit des remobilisations diagénétiques et d'un dépôt noir.

Au total, cinq individus (tabl.1) présentent des déstructurations du collagène et/ou des phénomènes de recristallisations identifiables par la lame lambda. Un dépôt noir se développe sur trois échantillons (tabl. 1). Ce dépôt apparaît sur la surface extérieure de la racine ne recouvrant pas directement les structures du ciment. Sous les conditions d'observation habituelle (lumière polarisée analysée), ce dépôt rend difficile l'identification des limites extérieures du ciment et donc perturbe

la détermination du dernier incrément. Ainsi, il est malaisé de savoir si un *annulus* (qui lui aussi apparaît sombre) le précède. Or, l'emploi de la lame lambda, qui colore différemment les matériaux en fonction de leur constituant, permet aisément de faire la distinction entre les dépôts de ciment, qui apparaissent bleu, jaune ou magenta suivant leur orientation et leur origine, et le dépôt qui apparaît noir sous les mêmes conditions d'observations.

Au total, quatre lectures sont en désaccord avec celles précédemment proposées. Ainsi, neuf dents ont présenté un ciment suffisamment bien préservé pour permettre une détermination de la nature et de l'état d'avancement de la dernière bande de croissance.

## Description des lames minces présentant des modifications taphonomiques

### PAI - 100 (fig. 6)

Sur la photographie en lumière polarisée, quatre bandes à croissance rapide sont clairement visibles (identifiées par les croix). Un dépôt brun-noir clôt l'enregistrement (matérialisé par la flèche blanche). Ce dernier dépôt a été précédemment identifié comme étant un *annulus*. L'observation avec inser-

Taxon	Numéro	Dent	Armand <i>et al.</i> , 2001	Observations avec la lame lambda	Impact sur l'estimation de :		Cette étude
					L'âge	La saison	
Cerf	272	M1 inf.	Zone, début de croissance	Dépôt noir Recristallisation	rejet		Zone, début de croissance
<b>Cerf</b>	<b>33</b>	<b>M1 inf.</b>	<b>Zone, début de croissance</b>	<b>Recristallisation</b>	<b>rejet</b>	<b>rejet</b>	<b>illisible</b>
Cerf	C14-378	M1 inf.	Zone, début de croissance	Dépôt noir			Zone, début de croissance
Cerf	F10-1287	M1 inf.	Zone, début de croissance				Zone, début de croissance
Cerf	216	M1 inf.	Annulus	Déstructuration	rejet		Annulus
Cerf	86	M1 inf.	Zone, début de croissance				Zone, début de croissance
Cerf	15	M1 inf.	Zone, milieu de croissance				Zone, milieu de croissance
Cerf	69	M1 inf.	illisible	Recristallisation	rejet	rejet	illisible
Cerf	214	M1 inf.	Zone, début de croissance				Zone, début de croissance
<b>Bison</b>	<b>100</b>	<b>M1 sup.</b>	<b>Annulus</b>	<b>Dépôt noir</b>			<b>Zone, fin de croissance</b>
<b>Bison</b>	<b>145</b>	<b>M1 sup.</b>	<b>Annulus</b>	<b>Déstructuration Dépôt noir</b>	<b>rejet</b>	<b>rejet</b>	<b>illisible</b>
<b>Bison</b>	<b>263</b>	<b>M1 sup.</b>	<b>Annulus</b>	<b>Dépôt noir</b>			<b>Zone, fin de croissance</b>

Tableau 1 - Résultats de l'analyse cémentochronologique du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I à partir de l'échantillon de Armand *et al.* 2001 par taxon et auteurs. DBS = début de bonne saison, MBS = milieu de bonne saison, FBS = fin de bonne saison, MS = Mauvaise saison. Les différences entre les deux analyses sont en gras.

Table 1- Skeletochronological results per taxa and authors. DBS: Beginning of the Good Season; MBS: Middle of the Good Season; FBS: End of the good season; MS: Bad Season. The differences between the two analysis are in bold.



tion de la lame lambda montre que le ciment coloré en orange n'a pas totalement perdu ses constituants. Cependant, le dernier dépôt coloré en noir n'est vraisemblablement pas d'origine organique. Il en résulte que le dernier incrément est une *zone* en fin de croissance. L'animal a donc été abattu à la fin de la bonne saison et non durant la mauvaise saison comme précédemment proposé.

#### PAI – 263 (fig. 6)

Tout comme pour la lame précédente, un dépôt brun-noir surligné sur la photographie par la flèche blanche, clôt l'enregistrement et a été interprété comme un *annulus*. L'emploi de la lame lambda souligne la nature non biologique de ce dépôt. Ici aussi, le dernier incrément est une *zone* en fin de croissance.

#### PAI – 33 (fig. 6)

En lumière polarisée, la partie la plus interne du ciment est très mal définie à tel point que la limite dentine/ciment n'est pas perceptible. Le dernier dépôt (matérialisé par les flèches blanches) apparaît lumineux, ce qui avait conduit précédemment à proposer un abattage pendant le début de la bonne saison (Armand *et al.* 2001). L'observation avec insertion de la lame lambda montre que la région la plus interne a subi une déstructuration comme l'atteste la coloration rose des tissus dentaires. L'estimation de l'âge n'est donc pas envisageable. La partie la plus externe, quant à elle, présente une double coloration bleu et jaune. Cette recristallisation qui affecte le dernier dépôt empêche toute estimation saisonnière. L'hypothèse d'un animal abattu en début de bonne saison doit être rejetée.

#### PAI – 145 (fig. 6)

L'observation en lumière polarisée souligne la mauvaise préservation des structures saisonnières qui sont très difficiles à individualiser les unes des autres. De plus, un dépôt brun-noir clôt la séquence saisonnière compliquant l'identification de la nature du dernier incrément et la limite extérieure du ciment. Après insertion de la lame lambda, la coloration rose-magenta de l'ensemble du ciment atteste que celui-ci a subi une déstructuration expliquant l'impossibilité d'individualiser des structures biologiques. Le dernier dépôt apparaît ici noir témoignant de son origine non biologique. Celui qui le précède a vraisemblablement perdu la majeure partie de ses constituants empêchant ainsi d'en identifier la nature. Aucune estimation de l'âge et de la saison de mort de l'individu concerné ne peut être proposée.

#### PAI-69

L'observation en lumière polarisée souligne la mauvaise préservation des structures saisonnières qui ne sont pas individualisables. L'emploi de la lame lambda atteste d'un ciment largement recristallisé. Tout comme lors de l'étude précédente, nous concluons ici à l'impossibilité de proposer un âge au décès et une saison de mort pour l'individu concerné.

#### PAI-216

En lumière polarisée, la partie la plus interne du ciment est mal définie et une partie des structures de la dentine est également illisible. Le dernier dépôt apparaît sombre et a

été déterminé comme *annulus*, ce qui avait conduit précédemment à proposer un abattage pendant la mauvaise saison (Armand *et al.* 2001). L'observation avec insertion de la lame lambda montre que la région la plus interne a subi une déstructuration comme l'atteste la coloration rose des tissus dentaires. L'estimation de l'âge n'est donc pas envisageable. En revanche les dépôts les plus extérieurs ne sont pas affectés, permettant de valider l'hypothèse d'un abattage pendant la mauvaise saison.

#### PAI-272

L'observation en lumière polarisée souligne la bonne préservation des structures saisonnières les plus externes, les plus internes étant plus difficiles à percevoir. Un dépôt brun-noir clôt la séquence saisonnière compliquant l'identification de la nature du dernier incrément et la limite extérieure du ciment. L'insertion de la lame lambda permet d'identifier des recristallisations locales des premières structures saisonnières, cependant les dernières ne sont pas affectées par ces remobilisations post-mortem. De plus, il est, sous les mêmes conditions d'observation, aisé de distinguer la limite externe du ciment. Ainsi, bien que l'estimation de l'âge ne puisse être avancée, il est possible de confirmer l'hypothèse d'un abattage au début de la bonne saison.

#### PAI-C14-378

Tout comme pour les lames PAI – 272, PAI-263 et PAI-100, un dépôt brun-noir clôt l'enregistrement saisonnier. Comme précédemment, l'emploi de la lame lambda souligne la nature non biologique de ce dépôt. Aucune recristallisation des structures saisonnières n'a été identifiée. Le dernier dépôt est une zone en début de croissance. L'animal a donc été abattu en début de bonne saison.

En résumé, cinq dents affectées par des phénomènes de recristallisation ne permettent pas une estimation de l'âge. Pour trois d'entre elles, PAI-69, PAI-33 et PAI-145, les perturbations qui affectent le dernier dépôt, n'autorisent pas la détermination de la saison de mort. Le dépôt noir est à l'origine de deux erreurs d'appréciation lors de l'étude précédente. PAI-100 et PAI-263 proviennent en effet d'individus abattus à la fin de la bonne saison et non pas à la mauvaise saison comme formulé précédemment.

## Discussion

### Implication sur les résultats cémento-chronologiques

Les résultats modifiés, prenant en compte l'étude taphonomique, sont présentés dans la figure suivante (fig. 7).

### Le Cerf

Sur les neuf dents de Cerf analysées, quatre présentent des remobilisations conduisant à rejeter deux d'entre elles de l'analyse la dent PAI-69, qui avait été considérée comme illisible lors de l'étude précédente, et la dent PAI-33 pour laquelle une zone en fin de croissance avait été observée. Par conséquent, le spectre saisonnier n'est que peu modifié (fig. 7) par rapport à celui proposé par D. Armand et collaborateurs (2001).

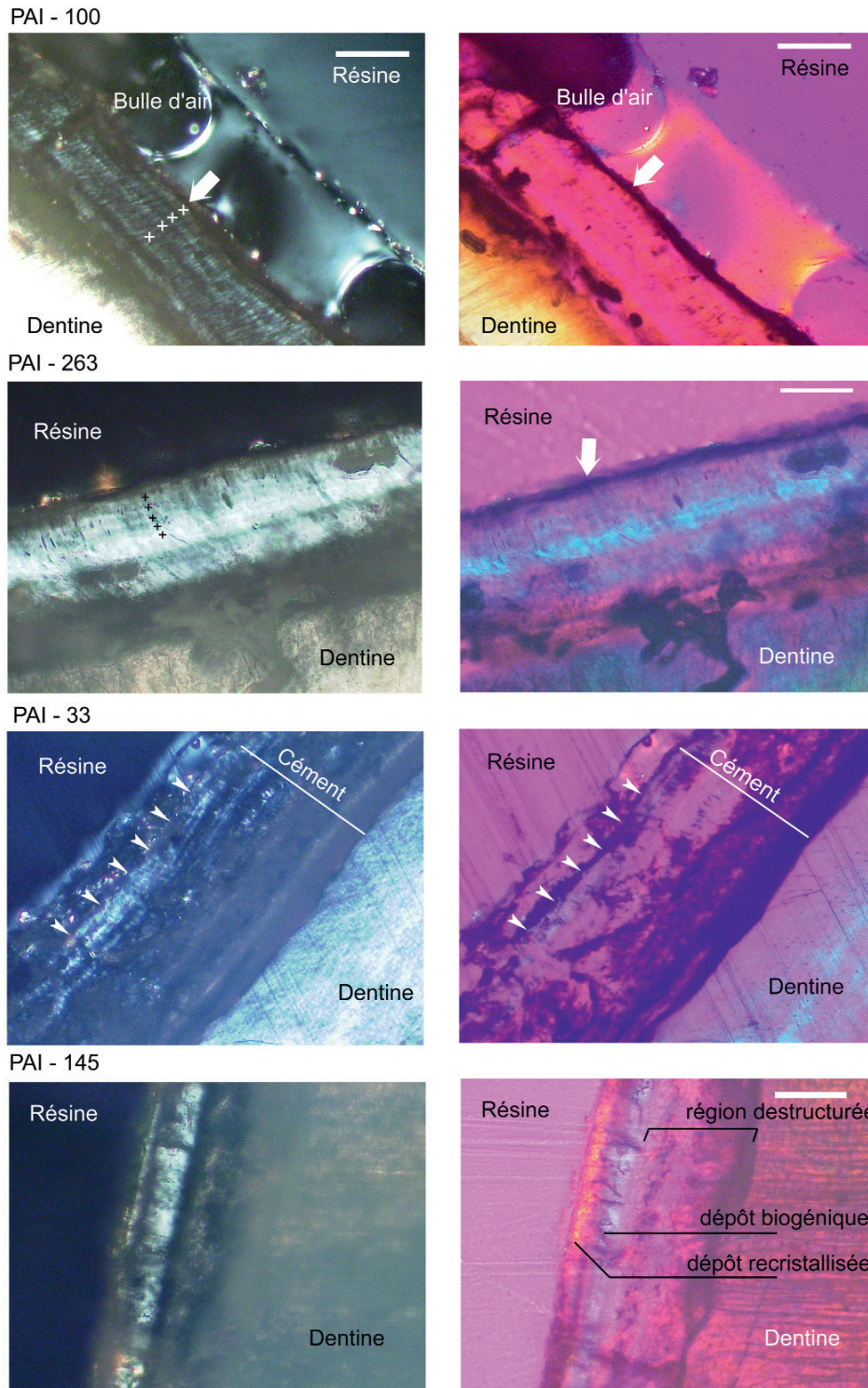


Figure 6 - Observation sous microscope polarisant avec (à droite) et sans lame lambda (à gauche) des dents présentant des remaniements (PAI-100, PAI-263, PAI-33 et PAI-145) taphonomiques de leur cément entraînant une modification ou un rejet de l'estimation saisonnière précédemment proposée. La barre d'échelle correspond à 100  $\mu$ m.

Figure 6 - Observation under polarized microscopy without and with the lambda plate inserted of the teeth that exhibited some taphonomic modification (PAI-100, PAI-263, PAI-33 and PAI-145), which have for consequence the revision of the previous seasonal determination. The white scale bar corresponds to 100 $\mu$ m.

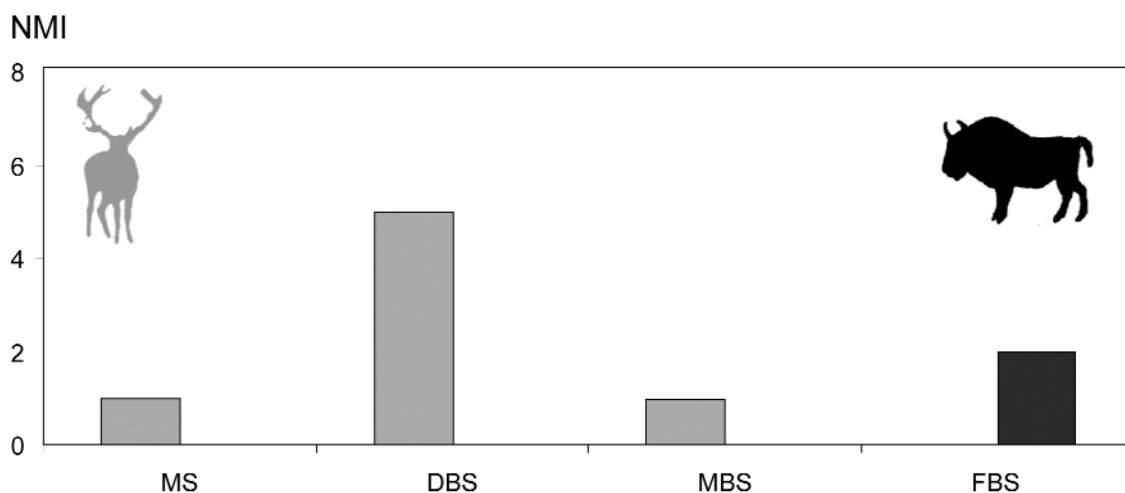


Figure 7 - Nouveaux résultats saisonniers à partir du matériel étudié par Armand et al. 2001, d'après Rendu 2007.

Figure 7 - Skeletochronological results per taxa based on Armand et al. 2001 sample by taking into account the taphonomic analysis, after Rendu 2007.

### Le Bison

Une dent de Bison présentant des remobilisations a été rejetée de l'analyse. Pour les deux autres, la prise en considération du dépôt noir conduit à modifier la détermination saisonnière précédemment avancée. Les résultats obtenus pour la saisonnalité de prédation du Bison sont donc différents de ceux présentés par nos prédécesseurs. La proposition d'un abattage pendant la mauvaise saison doit désormais être rejetée au profit d'un abattage pendant la bonne.

L'implication des modifications taphonomiques sur les courbes d'âge et le spectre saisonnier apparaît conséquente. Cinq estimations de l'âge sur douze ne peuvent être établies. De la même manière, lors de la précédente étude, la non-identification des phénomènes taphonomiques a conduit à proposer une chasse hivernale du Bison (Armand et al. 2001). Or, il s'avère que les dépôts de ciment analysés ont été modifiés par la présence de cette bande noire et/ou une perte de la structure de collagène. Suite à ce réexamen, cette hypothèse ne peut donc plus être soutenue. Une chasse à la fin de la belle saison est proposée pour ce taxon. Ainsi, considérant les nouveaux résultats, l'hypothèse de changement de statut du vallon pour la population de Boviné doit être écartée. Les données saisonnières ne permettent plus de discuter de la question de l'occupation continue du vallon par le Bison (et donc la présence de migration chez cet Ongulé).

Suite à la reprise des fouilles sur le gisement (Soressi et al. 2002 ; 2008), le niveau 4 a été ré-échantillonné (Rendu 2007, 2010). Six dents de Cerf et trois de Bison ont été analysées. Des remobilisations des structures saisonnières ont été identifiées conduisant au rejet de deux dents de bisons de l'étude. Le dernier incrément de la troisième dent de boviné analysée était une zone en fin de croissance ren-

forçant l'hypothèse d'un abattage de ce taxon à la fin de la bonne saison. Les dents de Cerf présentaient des structures bien conservées permettant de proposer un abattage en début (NMI=1), milieu (NMI=2) et fin (NMI=3) de la bonne saison. La présence de cerfs abattus à la fin de la bonne saison (c'est-à-dire pendant la même période que pour le Bison) nous a conduits à proposer l'hypothèse de l'absence de complémentarité saisonnière de prédation entre les deux espèces chassées (Rendu 2007 ; Soressi et al. 2008). Notons que la prise en compte de ces résultats, qui documentent une chasse aux cerfs sur l'ensemble de l'année, ne nous ont pas permis de défendre l'hypothèse de l'occupation saisonnière de la cavité qui avait précédemment été avancée (Armand et al. 2001).

### Conséquences des modifications taphonomiques du ciment dans les études de saisonnalité

Alors que la cémentochronologie est une méthode dont le potentiel pour l'étude des saisons de chasse n'est plus à démontrer, la recherche systématique des modifications taphonomiques de l'enregistrement saisonnier doit devenir un préalable à toute étude. Appliquée au gisement de Kébara au Proche-Orient, la recherche de modification *post-mortem* a montré la fréquence importante de ce type d'atteintes sur les restes dentaires (Stutz and Lieberman 2007), conduisant au rejet d'un tiers de l'échantillon précédemment publié. Dans l'étude cémentochronologique du gisement aurignacien des Rois en Charente (Michel et al. 2008) quatre dents, représentant autant d'individus, ont été analysées et pour trois d'entre eux un abattage à la fin de la bonne saison avait été proposé. Cependant, la quatrième dent a présenté un ciment profondément modifié avec une perte de la struc-



ture en collagène et donc de l'ensemble de l'enregistrement saisonnier. L'emploi de la méthode développée par A. J. Stutz (2002a, 2002b) a conduit au rejet de cet individu qui, sinon, aurait été interprété comme ayant été abattu au début de la bonne saison, élargissant ainsi artificiellement le spectre saisonnier.

La révision de l'analyse cémentochronologique de E. Pubert (cité *in* Costamagno 1999), conduite sur l'Antilope saïga du gisement magdalénien de Saint-Germain-la-Rivière (Rendu, com. orale) a abouti à des conclusions proches. La révision taphonomique des quarante-huit dents analysées a montré que sept présentaient des problèmes de recristallisation, n'autorisant pas la détermination de la saison de mort. Ainsi, une partie des problèmes de cohérence dans les résultats portant sur l'âge au décès des antilopes pourrait s'expliquer par la non identification des modifications taphonomiques du ciment. En outre, l'exclusion des dents aux structures altérées a permis de réduire le spectre saisonnier du niveau 3, pour lequel un abattage s'étendant de la mauvaise saison au milieu de la bonne avait été proposé. Pour ce niveau, seul un abattage en milieu de bonne saison peut être désormais retenu. Ici, l'utilisation de la lame lambda a précisé la saisonnalité de prédation de l'Antilope saïga.

## Conclusion

La prise en compte des modifications *post-mortem* des structures du ciment des restes dentaires du Pech-de-l'Azé I a conduit à une réévaluation des saisons de prédation du niveau 4 du Pech-de-l'Azé I, pour lequel quatre déterminations ont été modifiées par rapport à l'analyse précédente. Cette reprise a notamment dégagé une autre saison de chasse pour le Bison, modifiant ainsi les hypothèses quant aux stratégies développées par la population néandertalienne pour l'exploitation de celui-ci.

Bien que la plupart des séries cémentochronologiques étudiées ne soit pas affectée par les recristallisations des structures saisonnières, leur fréquence est suffisamment importante pour rendre leur recherche et leur identification indispensables. Ces modifications peuvent en effet avoir des conséquences considérables, en particulier sur les faibles échantillons. Cependant, il est important de souligner que, bien que des modifications taphonomiques de l'enregistrement saisonnier puissent intervenir, l'emploi de la lame lambda permet d'identifier ce type d'altération. Cette technique (Stutz 2002a, 2002b) apporte ainsi davantage de fiabilité à la cémentochronologie qui reste une méthode de premier plan pour aborder la saison de chasse des animaux en contexte archéologique.

## Remerciements

Cette étude a été menée au sein du laboratoire PACEA (UMR 5199). Nous souhaitons remercier le Musée national de Préhistoire pour nous avoir permis l'étude de ses collections. Une partie de cette étude a été financée par le programme ESF TNT « The Neanderthal Tools ». W. R.

exprime sa reconnaissance à la Fondation FYSSSEN pour le financement et l'aide apportés dans ses travaux. Merci à A. J. Stutz pour les échanges que nous avons eus sur la méthode. Cet article est fondé sur une présentation réalisée à l'occasion de la table ronde sur la Taphonomie à Toulouse en 2005 ainsi que sur des données inédites provenant de la thèse de William Rendu qui avait alors profité de remarques et de corrections de O. Le Gall, S. Costamagno, H. Martin, J.-P. Brugal, J. D. Speth, F. d'Errico et J. Jaubert. W. R. tient à remercier l'ensemble de ces chercheurs pour leur aide qui a permis d'enrichir considérablement ce travail. Notre gratitude va à S. Rigaud pour sa relecture et ses conseils sur une version précédente de cet article. Le classement et l'analyse des dernières fouilles F. Bordes ont été coordonnés par M. Soressi et financés par le Service Régional de l'Archéologie tout comme les opérations de fouilles de 2004 et 2005. Les auteurs tiennent à remercier S. Costamagno et F. Delpech pour leur relecture et leurs conseils qui ont permis d'améliorer considérablement la discussion de cet article.

## Références bibliographiques

- ARMAND D., PUBERT E., SORESSI M. 2001 - Organisation saisonnière des comportements de prédation des Moustériens de Pech-de-l'Azé. Premiers résultats. *Paleo*, 13, pp. 19-28.
- BURKE A. 1995 - *Prey Movements and Settlement Patterns During the Upper Paleolithic in Southern France*. BAR International Series, Oxford, 126 p.
- BURKE A., CASTANET J. 1995 - Histological observations of cementum growth in horse teeth and their application to archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 22, pp. 479-493.
- CHILD A.-M. 1995 - Towards an understanding of the microbial decomposition of archaeological bone in the burial environment. *Journal of Archaeological Science*, 22, pp. 165-174.
- COSTAMAGNO S. 1999 - *Stratégies de Chasse et Fonction des Sites au Magdalénien dans le Sud de la France*. Thèse d'Université. Université Bordeaux I, Talence, 2 tomes, 505 p
- DIEKWISCH T. G. H. 2001 - Developmental Biology of Cementum. *Int. J. Dev. Biol.*, 45, pp. 695-706.
- GEUSA G., BONDIOLI L., CAPUCCI E., CIPRIANO A., GRUPE G., SAVORÉ C., MACCHIARELLI R. 1999 - *Osteodental Biology of the People of Portus Romae (Necropolis of Isola Sacra, 2nd-3rd Cent. AD). II. Dental Cementum Annulations and Age at Death Estimates*. CDROM
- GILBERT A. S. 1989 - Microscopic bone structure in wild and domestic animals: a reappraisal. In P. J. Crabtree, D. Campana et K. Ryan (Ed.): *Early Animal Domestication and*



its Cultural Context. Philadelphia: M.A.S.C.A, The University Museum of Archaeology and Anthropology, pp. 47-86.

GORDON B. C. 1988 - *Of Men and Reindeer Herds in French Magdalenian Prehistory*. BAR international series, Oxford, 233 p.

HACKETT C. J. 1981 - Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones. *Medicine, Science and Law*, 21, 4, pp. 243-264.

KLEVEZAL' G. A. 1996 - *Recording Structures of Mammals: Determination of Age and Reconstruction of Life History*. A. A. Balkema, Rotterdam, 448 p.

KLEVEZAL' G. A., KLEINENBERG S. E. 1969 - *Age determination of mammals from annual layers in teeth and bones*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 128 p.

KLEVEZAL G. A., PUCEK Z. 1987 - Growth layers in tooth cement and dentine of european bison and its hybrids with domestic cattle. *Acta Theriologica*, 32, 9, pp. 115-128.

LANGLOIS A. 2004 - *Au sujet du Cheval de La Micoque (Dordogne) et des comportements humains de subsistance au Pléistocène moyen dans le Nord-Est de l'Aquitaine*. Thèse d'Université. Université Bordeaux 1, 327 p.

LAWS R. M. 1952 - A New Method of Age Determination for Mammals. *Nature*, 169, pp. 972-973.

LIEBERMAN D. E. 1993 - Life history variables preserved in dental cementum microstructure. *Science*, 261, pp. 1162-1164.

LIEBERMAN D. E., DEACON T. W., MEADOW R. H. 1990 - Computer image enhancement and analysis of cementum increments as applied to teeth of *Gazella gazella*. *Journal of Archaeological Science*, 17, pp. 519-533.

LIEBERMAN D. E., MEADOW R. H. 1992 - The biology of cementum increments (with an archaeological application). *Mammal Review*, 22, pp. 57-77.

LOWE V. P. W. 1967 - Teeth as indicators of age with reference to Red deer (*Cervus elaphus*) of known age from Rhum. *Journal of Zoology*, 152, pp. 137-153.

MARTIN H. 1994 - *Nouveaux milieux, nouveaux chasseurs. Une approche des comportements au post-glaciaire à travers l'étude des saisons de capture du gibier*. Thèse d'Université, Université Toulouse-Le Mirail, 384 p.

MICHEL A., D'ERRICO F., LENOBLE A., VANHAEREN M., RAMIREZ ROZZI F., GROOTES P., RENOU S., RENDU W., DAULNY L., VERNA C., ROGER G. 2008 - Nouvelles fouilles sur le site aurignacien Chez les Rois (Mouthiers-sur-Boëme, Charente), In J. Jaubert, J.-G. Bordes et I. Ortega (Ed.), *Les sociétés Paléolithiques d'un grand Sud-Ouest : nouveaux gisements, nouvelles méthodes, nou-*

*veaux résultats*. Actes des journées décentralisées de la SPF des 24-25 novembre 2006, Talence, Bulletin de la Société Préhistorique Française, pp. 289-300.

MIRACLE P. T., O'BRIEN C. J. 1998 - Seasonality of resource Use and site Occupation at Badanj, Bosnia-Herzegovina: Subsistence Stress in an Increasingly Seasonal Environment. In T. R. Rocek et O. Bar-Yosef (Ed.): *Seasonality and Sedentism. Archaeological Perspectives from Old and New World Sites*. Cambridge, Massachusetts, Harvard University, pp. 41-74.

MITCHELL B. 1963 - Growth layers in dental cement for determining the age of Red deer (*Cervus elaphus* L.). *Journal of Animal Ecology*, 36, 2, pp. 279-293.

MOFFITT S. A. 1998 - Aging bison by the incremental cementum growth layers in teeth. *Journal of Wildlife Management*, 62, 4, pp. 1276-1280.

PATE F. D., BROWN K. A. 1985 - The stability of bone strontium in the geochemical environment. *Journal of Human Evolution*, 14, pp. 483-491.

PECK T. E. 2004 - *Bison Ethology and Native Settlement Patterns during the Old Women's Phase on the Northwestern Plains*. BAR 1278, 147 p.

PIKE-TAY A. 1991 - *Red Deer Hunting in the Upper Paleolithic of South-West France: A Study in Seasonality*. BAR international series, Oxford, 183p.

PIKE-TAY A., CABRERA VALDÈS V., BERNALDO DE QUIROS F. 1999 - Seasonal variations of the Middle-Upper Paleolithic transition at El Castillo, Cueva Morin and El Pendo. *Journal of Human Evolution*, 36, pp. 283-317.

RENDU W. 2006 - Saisonnalité et prédation au Pech de l'Azé I. Apport de la cémento-chronologie In C. BRESSY, A. BURKE, P. CHALARD et H. MARTIN (Ed.): *Notions de territoire et de mobilité. Exemples de l'Europe et des premières nations en Amérique du Nord avant le contact européen*. Actes de sessions présentées au X<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association Européenne des Archéologues (Lyon, 8-11 septembre 2004). Liège, ERAUL pp. 23 - 28.

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)*. Thèse d'Université, Université Bordeaux 1, Talence, 352 p.

RENDU W. 2010 - Hunting behavior and Neandertal adaptability in the Late Pleistocene site of Pech-de-l'Azé I. *Journal of Archaeological Science*, 37, 8, 1798-1810.

SAXON A., HIGHAM C. 1968 - Identification and interpretation of growth rings in the secondary dental cementum of *Ovis aries*. *Nature*, 219, 634-635, p.

- SCHEFFER V. B. 1950 - Growth layers on the teeth of *Pinipedia* as an indication of age. *Science*, 112, pp. 309-311.
- SCHMIDT W. J., KEIL A. 1971 - *Polarizing microscopy of the dental tissues : theory, methods and results from the structural analysis of Normal and diseased hard, dental tissues and tissues associated with them in man and other vertebrates*. Pergamon Press, New York.
- SERGEANT D. E., PIMLOTT D. H. 1959 - Age determination in moose from sectioned incisor teeth. *Journal of Wildlife Management*, 23, 3, pp. 315-321.
- SORESSI M., ARMAND D., D'ERRICO F., JONES H. J., PUBERT É., RINK W. J., TEXIER J.-P., VIVENT D. 2002 - Pech-de-l'Azé I (Carsac, Dordogne) : nouveaux travaux de recherche sur le Moustérien de tradition acheuléenne. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 99, 1, pp. 5-11.
- SORESSI M., RENDU W., TEXIER J.-P., CLAUD E., DAULNY L., D'ERRICO F., LAROULANDIE V., MAUREILLE B., NICLOT M., SCHWORTZ S., TILLIER A.-M. 2008 - Pech-de-l'Azé I (Dordogne, France) : nouveau regard sur un gisement moustérien de tradition acheuléenne connu depuis le XIXe siècle. In J. Jaubert, J.-G. Bordes et I. Ortega dir., *Les sociétés Paléolithiques d'un grand Sud-Ouest : nouveaux gisements, nouvelles méthodes, nouveaux résultats*, Paris, Bulletin de la Société Préhistorique française, pp. 95-132.
- STALLIBRASS S. 1982 - The use of cement layers for absolute ageing of mammalian teeth: a selective review of the literature, with suggestions for further studies and alternative applications. In B. Wilson, C. Grigson et S. Payne (Ed.): *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. Oxford, B.A.R., 109, pp. 109-126.
- STUTZ A. J. 2002a - *Pursuing past seasons: a re-evaluation of cementum increment analysis in paleolithic archaeology*. Ph. D., University of Michigan, 280 p.
- STUTZ A. J. 2002b - Polarizing microscopy identification of chemical diagenesis in archaeological cementum. *Journal of Archaeological Science*, 29, 11, pp. 1327-1347.
- STUTZ A. J., LIEBERMAN D. E. 2007 - Cementum increment analysis of Ungulate teeth from the Kebara cave faunal assemblages. Discriminating seasonal signals from their diagenetic mimics. In O. Bar-Yosef et L. Meignen (Ed.): *Kebara Cave, Mont Carmel, Israel. The Middle and Upper Paleolithic Archaeology. Part I* Cambridge, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University, pp. 261-278.
- WALL C. M. 2005 - The seasonality of site deposition of Gibraltar Neanderthals: Evidence from Gorham's and Vanguard Caves. *Journal of Iberian Archaeology*, 7, pp. 9-22.
- ZIV V., WAGNER H. D., WEINER S. 1996 - Microstructure-microhardness relations in parallel-fibered and lamellar bone. *Bone*, 18, 5, pp. 417-428.
-

