

Article original

# Proposition d'un référentiel taphonomique fossile de faunes issues d'avens-pièges

## A taphonomic referential of fossil fauna excavated in pitfalls

Marie-Pierre Coumont

*Maison de la Recherche, LAMPEA, UMR 6636, TRACES, UMR 5608, université de Toulouse,  
université de Toulouse 2–Le Mirail, 5, allée Antonio-Machado, 31058 Toulouse, France*

Disponible sur Internet le 20 janvier 2009

---

### Résumé

Les avens sont des formations karstiques caractérisées par une ouverture verticale reliant l'extérieur au réseau souterrain. La présence en leur sein, de faunes piégées naturellement, sans sélection par l'homme ou les carnivores, offre l'opportunité de constituer un référentiel fossile des modifications dues à des agents taphonomiques identifiés et de quantifier leur impact sur la conservation du matériel osseux. Trois gisements contenant d'importantes accumulations fauniques nourrissent ce travail. Tous les trois sont des avens-pièges pour lesquels les caractéristiques diffèrent. L'Igüe des Rameaux, à Saint-Antonin-Noble-Val dans le Tarn-et-Garonne, contient deux accumulations de faune indépendantes du Pléistocène moyen sur lesquelles des activités de charognage par l'homme et les carnivores (hyènes et loups) ont pu être mises en évidence. L'Igüe du Gral, à Sauliac-sur-Célé dans le Lot, est un aven ayant fonctionné durant le Tardiglaciaire, sur lequel l'homme n'est pas intervenu, mais qui a été ponctuellement visité par les loups. La grotte de l'Escale, dans les Bouches-du-Rhône, contient une très grosse séquence de remplissage du Pléistocène inférieur et moyen. Pour les niveaux présentés ici, seule une très faible présence de carnivores est attestée sur un assemblage presque uniquement composé par les thars (*Hemitragus bonali*). Nous décrivons ici les principales formes d'altérations climato-édaphiques : fragmentation, dissolution, météorisation et dépôts observés sur les restes osseux. Une analyse différentielle nous permet d'évaluer la variabilité des situations suivant les ensembles stratigraphiques et les espèces touchées. Dans un second temps, nous évaluons l'impact des agents taphonomiques sur la conservation différentielle des ossements et les représentations squelettiques. De nombreux phénomènes sont susceptibles de produire une corrélation significative entre représentations anatomiques et densités osseuses. Toutefois, on retrouve pour toutes les espèces une certaine homogénéité dans les profils squelettiques où aucun élément précis ne domine les décomptes. Dans une dernière partie, nous donnons deux

---

Adresse e-mail : [marie.pierre.coumont@netcourrier.com](mailto:marie.pierre.coumont@netcourrier.com).

exemples de l'utilisation des phénomènes taphonomiques dans l'individualisation d'épisodes de remplissage au sein de stratigraphies parfois bouleversées.

© 2008 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## Abstract

Pitfalls are formations characterized by a vertical opening that connects the karstic system to the outside. The presence of faunas trapped without the intervention of man or carnivores, offers the opportunity to establish a fossil referential of modifications generated by identified taphonomic agents. Three natural deposits containing large faunal accumulations feed this work. Their characteristics differ. The Igue des Rameaux, to Saint-Antonin-Noble-Val in Tarn-et-Garonne, is a pitfall which contains two accumulations of fauna independent from the Middle Pleistocene. Scavenging by man and carnivores (hyenas and wolves) are observed. The Igue du Gral, to Sauliac-sur-Célé in Lot, is a second pitfall. His principal phase of filling took place 14,000 years ago. Man did not exploit this assemblage. The activity of wolves is locally important, some animals are scavenged. The Grotte de l'Escale, in Bouches-du-Rhône, contains a very important filling of lower and middle Pleistocene. For the levels presented here, only a very weak presence of carnivores is attested. The thar (*Hemitragus bonali*) is the majority specie. We describe here the main forms of climato-edaphic modifications: fragmentation, dissolution, weathering and deposits observed on the osseous material. A differential analysis enables us to evaluate the variability of the situations according to the stratigraphic units and the different species. In a second time, we estimate the impact of the taphonomic agents on the differential conservation of bones and skeletal representations. Many phenomena are producing a significant correlation between anatomical representations and osseous densities. However, we find for all the species a certain homogeneity in the skeletal profiles where no precise element dominates. In a last part, we give two examples of the use of the taphonomic phenomena in the individualization of filling episodes within sometimes disrupted stratigraphies.

© 2008 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

*Mots clés :* Aven-piège ; Phénomènes climato-édaphiques ; Taphonomie ; Modifications osseuses ; Densités osseuses

*Keywords:* Pitfall; Climato-edaphic phenomena; Taphonomy; Bones modifications; Osseous densities

---

## 1. Les phénomènes climato-édaphiques dans la perception des problématiques archéologiques

### 1.1. Intérêts archéologiques des phénomènes climato-édaphiques

Dans un gisement archéologique, les phénomènes taphonomiques intervenant à la suite de la mise en place du dépôt peuvent être nommés phénomènes climato-édaphiques (Auguste, 1994). Ils participent à la fossilisation osseuse, après intervention des hommes et des carnivores. Ces phénomènes, nombreux, difficilement quantifiables et individualisables, ne concernent pas directement l'archéozoologue puisqu'ils interviennent en aval de l'activité anthropique. Leur enregistrement est toutefois essentiel et répond à plusieurs objectifs complémentaires.

Il nous renseigne d'abord sur l'histoire taphonomique du matériel : temps passé avant enfouissement, déplacement des restes osseux, pressions sédimentaires, et témoigne ainsi de la constitution du dépôt, voire de la présence de dépôts secondaires. Parmi les phénomènes pris en compte pour cette recherche, on peut citer notamment les nombreuses études sur les dispersions produites par l'eau (Voorhies, 1969. . .), ou encore celles décrivant les états de surface osseuse en fonction du temps passé avant enfouissement (Behrensmeyer, 1978 ; Lyman et Fox, 1989).

Cet enregistrement permet, en outre, d'estimer les pertes liées à la fossilisation et constitue en cela la première étape de l'analyse des vestiges osseux. Pour exemple, la mesure de la conservation différentielle en fonction de la densité osseuse répond à ce souci (Lam et al., 1999; Lyman, 1984, 1994). De ces estimations, dépend le niveau de précision que l'on pourra atteindre dans l'interprétation archéozoologique d'un matériel.

Il s'agit aussi de vérifier pour chaque modification (trace ou cassure) son origine et notamment, de bien la distinguer des traces anthropiques : fracturation, stries de découpe, aménagement sur la matière osseuse. Là encore, les études sont nombreuses en ce qui concerne la reconnaissance des stries sédimentaires imitant les stries de découpe (Shipman et Rose, 1984), celle des pseudo-outils (Johnson, 1985) ou celle de l'origine anthropique ou naturelle des cassures en spirale (Haynes, 1983).

Enfin, les phénomènes climato-édaphiques et plus largement les phénomènes taphonomiques sont parfois employés dans la définition d'unités stratigraphiques fines (Castel, 1999; Poplin, 1976). Si un ensemble subit la même histoire postdépositionnelle, les os qui le composent présentent peu ou prou les mêmes caractéristiques taphonomiques. Il est donc possible de définir plus précisément un état du matériel et au-delà, une signature taphonomique propre à chaque ensemble stratigraphique ; cela, à partir du décompte des proportions de matériel touché par chaque modification taphonomique. Toutefois, les résultats obtenus sont parfois décevants eu égard à l'investissement en temps qu'ils impliquent, cela pour deux raisons. Les phénomènes peuvent affecter de manière continue plusieurs ensembles, l'unité taphonomique ainsi obtenue perd alors son rôle discriminatoire. *A contrario*, certaines modifications, très locales, ne touchent qu'une partie réduite du matériel issu d'un même ensemble et ne possèdent pas de valeur discriminante. L'idée d'une signature taphonomique d'un ensemble stratigraphique demeure néanmoins intéressante, en particulier dans le cas de gisements pour lesquels les stratigraphies ont été bouleversées et sur lesquels il est parfois difficile de retrouver des éléments de la mise en place des dépôts. Cette signature taphonomique intégrerait alors le pourcentage de restes touchés par chaque modification taphonomique, leurs répartitions stratigraphiques ainsi que la récurrence des associations entre plusieurs types de modifications.

Pour toutes ces raisons, la reconnaissance et la quantification des phénomènes taphonomiques sur un assemblage osseux apparaissent donc essentielles. Leur observation hors du champ des sites archéologiques constitue alors un moyen opérant de les caractériser indépendamment des autres agents que représentent les hommes ou les carnivores.

## 1.2. Un référentiel des modifications climato-édaphiques

L'emploi de référentiels actuels ou fossiles dans la comparaison avec le matériel archéologique est une étape courante de l'interprétation des traces fossiles. Certaines activités sont directement reproductibles, que ce soient les activités de chasse et de traitement des carcasses ou les formes de dégradations occasionnées par les carnivores (hyène, loup, ours... ). Les risques de déformation par rapport à la situation archéologique existent mais, à défaut d'être corrigés, peuvent au moins être relevés. Sont ainsi discutés, le rôle de la captivité des animaux dans le cas des consommations par l'hyène et le loup (Prucca, 2003) ou le manque d'entraînement des expérimentateurs et la variabilité de traitement des carcasses dans les cas de pratiques bouchères. D'autres phénomènes demeurent beaucoup plus difficilement qualifiables de cette manière parce qu'ils s'inscrivent dans la durée et que leurs combinaisons modifient leurs effets. La reproduction des phénomènes climato-édaphiques entre dans cette catégorie. Déterminer l'origine d'une modification est le plus souvent impossible. L'état général de l'os est en effet la conséquence d'une série d'agents

indépendants tels que le type de l'os, l'acidité du sol, le temps d'enfouissement ou les échanges hydriques, agents qui sont en outre complémentaires car l'action de l'un facilitera celle des autres.

Deux perspectives ont été développées. La première correspond à une reproduction expérimentale limitant les biais et se concentrant sur un agent précis, cette perspective est développée pour des phénomènes très caractéristiques dans le cadre de plusieurs projets. Nous pouvons citer ainsi les observations effectuées sur la désarticulation et la dispersion des restes (Hill, 1979), sur le gel/dégel (Guadelli et Ozouf, 1994 ; Guadelli, 2008), sur le piétinement (Fiorillo, 1989 ; Haynes, 1983), la météorisation en milieu aride (Behrensmeyer, 1978 ; Haynes, 1988) ou en milieu tempéré (Andrews, 1995) ou encore la dégradation par l'acidité du sol (Nicholson, 1998).

La seconde perspective est la prise en compte d'assemblages fossiles sur lesquels les agents intervenus sont limités, en particulier des gisements paléontologiques où il est possible d'écarter l'activité humaine (Behrensmeyer et al., 1989 ; Brugal et al., 2001 ; Costamagno, 1999 ; Coumont, 2006 ; Diez Fernandez-Lomana, 1993 ; Oliver, 1989). Notre étude s'inscrit dans cette seconde perspective. Elle a donc pour objectif méthodologique de créer un référentiel fossile des formes d'altérations climato-édaphiques existant dans le milieu naturel (fragmentation, dissolution, météorisation et dépôts observés sur les restes osseux). Plus précisément, un type de milieu a été ici choisi, il s'agit du milieu karstique souterrain.

### 1.3. Choix des sites

Un aven est une formation karstique particulière pour laquelle l'entrée principale est constituée par un puit plus ou moins profond. La difficulté de son accès limite souvent les échanges avec le milieu extérieur à des phénomènes de gravité. Ainsi, une accumulation fossile contenue en aven est-elle souvent le résultat d'un piégeage naturel des animaux sans intervention des carnivores ou des hommes. Toutefois, l'existence possible d'entrées secondaires, plus faciles d'accès, complique le modèle de base car elle ne permet pas toujours d'exclure d'éventuelles occupations animales (repaire ou tanière). Il est donc important pour chaque site pris en compte de discuter cette éventualité. Trois gisements ont été étudiés, la grotte de l'Escale, l'Igue des Rameaux et l'Igue du Gral (Fig. 1). Nous ne tiendrons compte ici que des restes d'Ongulés.

#### 1.3.1. La grotte de l'Escale (Saint-Estève-Janson, Bouches-du-Rhône)

La grotte de l'Escale se situe à Saint-Estève-Janson dans les Bouches-du-Rhône. Le site a été fouillé dans les années 1960 par E. Bonifay (Bonifay, 1976 ; Bonifay et Bonifay, 1963). L'entrée du gisement et sa configuration exacte sont inconnues. Le remplissage est très important et a été daté par les faunes présentes du Mindel ancien et moyen. La séquence stratigraphique est longue, elle alterne des niveaux où dominent les carnivores à des niveaux où ils sont pratiquement absents. Une grosse population d'ongulés est présente, il s'agit de thars (*Hemitragus bonali*), dont la majorité se situe dans l'ensemble 2. Nous nous servirons ici uniquement de ce niveau. L'étude des vestiges osseux a permis d'exclure toute trace d'activité humaine. Il n'y a pas de fracturation des os, ni de stries de découpe. L'impact des carnivores sur l'assemblage est extrêmement limité puisque seul 0,8 % des os présentent des perforations.

#### 1.3.2. L'Igue des Rameaux (Saint-Antonin-Noble-Val, Tarn-et-Garonne)

L'Igue des Rameaux a été fouillé par F. Rouzaud au milieu des années 1980 (Rouzaud et al., 1990). Il est daté du Pléistocène moyen par la faune. Trois ensembles stratigraphiques ont été relevés. Nous nous servirons des deux derniers. Le cheval est l'espèce herbivore la mieux

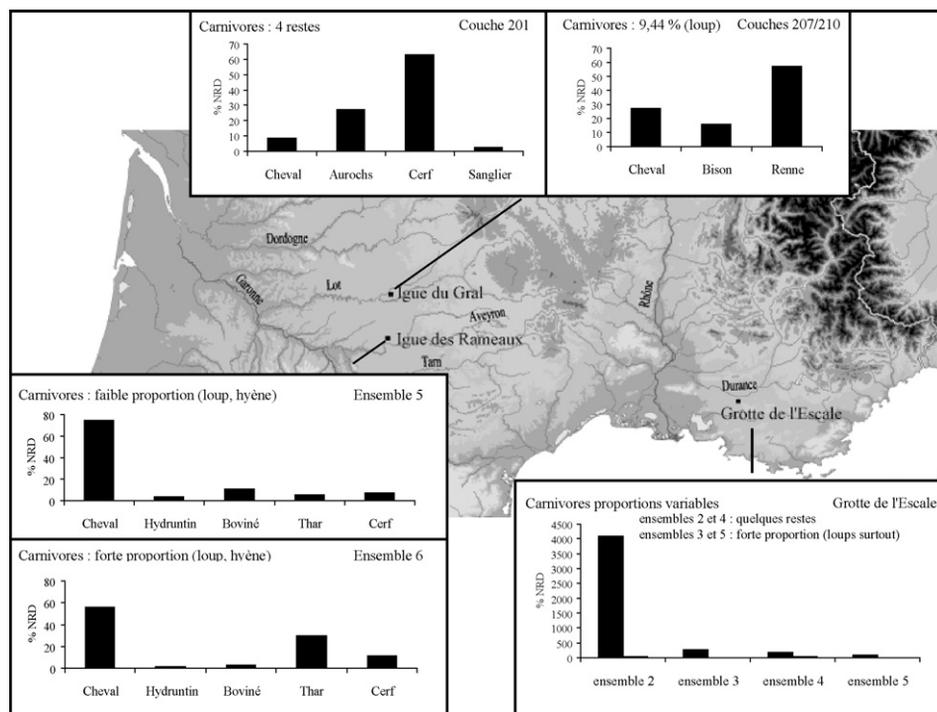


Fig. 1. Localisation des gisements et principaux herbivores (lagomorphes exclus).  
*Localization of sites and mainly herbivorous (without lagomorphs).*

représentée. Toutefois, les restes de carnivores et de thar sont nombreux, en particulier dans l'ensemble 6. Sur ce gisement, l'impact des charognards est assez fort.

Pour l'ensemble 5, nous n'avons pas relevé de traces de fracturation, ni de stries de découpe, mais un charognage anthropique est envisageable, appuyé par la présence d'une série lithique et de représentations anatomiques qui pourraient témoigner d'un prélèvement des parties les plus nutritives<sup>1</sup> (Coumont, 2000, 2006). L'intervention des carnivores est enregistrée sur 10% en moyenne du matériel osseux déterminable.

Pour l'ensemble 6, nous n'avons pas remarqué de fracturation ni de stries de découpe, mais il existe une intervention très forte des carnivores qui affecte principalement les os de chevaux (Tableau 1).

### 1.3.3. L'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot)

L'Igue du Gral se situe à Sauliac-sur-Célé dans le Lot. Le site est en cours de fouille sous la direction de J.-C. Castel et moi-même (Castel et Coumont, 2005a, 2005b, 2006; Castel et al., 2005, sous presse; Coumont et Castel, 2007). Quelques pièces lithiques ont été retrouvées. Le remplissage est très important et seuls les premiers niveaux ont été fouillés. Les niveaux archéologiques ont été datés entre 10 500 et 15 000 BP (Castel et al., sous presse). Cinq ensembles différents ont donc été étudiés. Ils correspondent à une même logique de remplissage : la chute accidentelle des

<sup>1</sup> Les os des ceintures et du crâne sont en effet nettement sur-représentés par rapport aux os des membres.

Tableau 1

Igüe des Rameaux, ensemble 6. Proportions d'os consommés par espèces (% NRD).

*Igüe des Rameaux, unit 6. Proportions of bones consumed by species (% NISP).*

	NRD osseux	NRD consommés	% NR correspondant
Cheval	252	110	43,7
Thar	165	4	2,4
Cerf	54	2	3,7
Bison	23	1	–
Hydruntin	6	3	–

individus. Le rôle des charognards y est différent, de même que celui des principaux phénomènes climato-édaphiques.

Nous utiliserons ici deux ensembles :

- la couche 201 qui a livré en majorité des restes de cerfs, de lagomorphes et, en moindre quantité d'aurochs et de cheval ;
- les couches 207/210, fouillées sur une plus grande superficie qui contiennent une faune variée où dominent le renne, le cheval et le bison. Les carnivores, essentiellement les loups, y sont également bien représentés.

Aucune trace d'une activité humaine n'a été retrouvée sur le matériel. Les restes osseux des couches 207/210 ont en revanche été, pour certains, consommés par les loups. Toutes les espèces sont attaquées à hauteur de 8 à 10 % des restes environ. Tous les éléments anatomiques sont touchés. Il s'agit d'une forme de charnage et non d'un apport des carnivores (Castel et al., sous presse, soumis ; Coumont, 2006).

## 2. Les phénomènes climato-édaphiques enregistrés

Sur le matériel osseux, l'importance d'un phénomène taphonomique est établie à partir du nombre de restes modifiés par ce phénomène et par l'intensité de ces modifications. La plupart des auteurs construisent leurs observations sur un raisonnement causal : un agent induit une ou plusieurs formes de modifications caractéristiques (Fisher, 1995 ; Lyman, 1994). Dans le cadre d'une étude prenant en compte l'intégralité des modifications, déduire un agent d'une trace ne paraît cependant pas toujours envisageable. Nous l'avons vu, l'origine de toutes les modifications n'est pas systématiquement connue et une partie d'entre elles résulte plutôt de l'interaction de plusieurs phénomènes. Ainsi, pour parer au risque de confusion, notre enregistrement part, non pas du phénomène responsable, mais des modifications, de leur morphologie et de leur organisation entre elles. L'attribution de l'agent responsable est donnée à la suite et constitue une dernière étape interprétative.

### 2.1. Relevé des modifications

Nous évaluons l'impact des phénomènes climato-édaphiques à partir de la fragmentation et des états de surface du matériel osseux.

La fragmentation n'est abordée que de façon succincte car les gisements étudiés n'ont pas tous fait l'objet d'un relevé systématique des esquilles. Une comparaison entre sites demande donc à ce que ne soient pris en compte que les restes déterminés. Elle nous semble de ce fait fortement

biaisée. Nous signalons seulement que la plupart des niveaux étudiés présentent un nombre d'os longs complets et de circonférences entières très important (Coumont, 2006).

Les états de surface sont enregistrés suivant quatre axes :

**L'intensité** : afin d'éviter toute subjectivité, nous avons réduit à trois niveaux l'intensité des modifications : faible, moyenne, forte.

**La localisation préférentielle** : une modification peut toucher l'intégralité de la pièce ou au contraire une zone précise que nous enregistrons alors : extrémité proximale ou distale, face préférentielle...

**La chronologie** : nous avons cherché à rétablir l'ordre chronologique dans lequel les différentes modifications étaient apparues. Pour ce faire, nous avons principalement utilisé les dépôts de manganèse, de calcite, les traces de dissolutions et de fissurations. Par extension, une marque ou une cassure peut être enregistrée comme antérieure ou postérieure à une des modifications précédemment citées.

**La nature de la modification et l'agent intervenant** : quand il est possible d'associer une modification à un agent, l'information est enregistrée dans un champ supplémentaire. Un code lui est associé qui établit le niveau de certitude dans la détermination (certain, probable, hypothétique).

## 2.2. Description des principales modifications

Le nombre de modifications observées est très grand. Certaines n'affectent qu'un nombre infime de pièces et demeurent négligeables dans le cadre d'une étude globale du matériel. D'autres, parmi celles retenues (Fig. 2 et Tableau 2), témoignent de variations spatiales difficilement contrôlables ; c'est le cas de plusieurs formes de dépôt : dépôt noir, dépôt de calcite qui affectaient un grand nombre d'ossements dans tous les sites. D'autres enfin, correspondent à des processus bien identifiés mais dont l'intensité reste faible dans les conditions de conservation qu'offre le milieu karstique.

Les fissurations liées à la météorisation et à l'interface os/sol entrent dans cette dernière catégorie. Quoique présentes, elles restent généralement peu prononcées. Elles touchent les espèces et éléments anatomiques en proportion variable, ce qu'avaient déjà souligné Lyman et Fox (1989). Toutefois, le faible nombre de pièces fortement touchées rend difficile toutes précisions. Nous signalons juste que, pour les différents ensembles, la proportion de pièces présentant des fissurations (stade I de Behrensmeyer essentiellement) semble corrélée à la taille de l'animal (Fig. 3a). En outre, certains éléments anatomiques tels que les métapodiens, l'humérus ou le radius y sont plus sensibles (Fig. 3b).

Parmi l'ensemble de ces modifications, nous en détaillons plus précisément trois parce qu'elles touchent un nombre de pièces variables suivant les ensembles étudiés, mais toujours dans une proportion relativement importante.

### 2.2.1. L'aspect crayeux des os

Certains os avaient perdu la partie supérieure de leur *compacta* sous forme d'une desquamation plus ou moins généralisée et présentaient une couleur blanche et un aspect crayeux caractéristique. Dans son expérimentation sur l'étude de l'abrasion chimique, Hare (1980) observe ce type d'altération sur des os laissés dans l'eau à pH neutre et haute température (cette dernière servant de catalyseur).

Parmi les différents ensembles étudiés, le matériel provenant de l'ensemble 6 de l'Igüe des Rameaux contient un nombre important de pièces ayant conservé un tel aspect (Tableau 2). Pour cet ensemble, on note, en outre, une dichotomie très marquée entre les os de chevaux fortement

Tableau 2  
 Proportions et pourcentages de restes touchés par les modifications taphonomiques enregistrées.  
*Proportions and percentages of remains altered by taphonomic modifications.*

	Grotte de l'Escale ensemble 2		Igue des Rameaux ensemble 5		Igue du Gral ensemble 6		Couche 201		Couche 207–210	
	NRT	%	NRT	%	NRT	%	NRT	%	NRT	%
Aspect crayeux	52	2,5	84	5	115	15,3	5	1,25	8	0,2
Manganèse important	259	12,4	206	12,2	170	22,6	152	38	1275	36,5
Cupule de dissolution	383	18,4	40	2,4	52	6,9	36	9	292	8,4
Dissolution forte	226	10,8	21	1,2	3	0,4	22	5,5	304	8,7
Couverture importante de calcite	137	6,6	142	8,4	12	1,6	43	10,8	135	3,9
Fissuration (météorisation)	39	1,9	373	22,1	22	2,9	47	11,8	394	11,3
Abrasion, érosion	46	2,2	52	6,1	12	2,1	12	3	113	3,2
Strie de charriage	37	1,8	30	3,5	14	2,4	23	9,1	86	4,3
Restes lisibles	1301	62,5	853	50,5	577	76,6	254	63,5	2003	57,3
Nombre de restes observés	2083	100	1690	100	753	100	400	100	3493	100

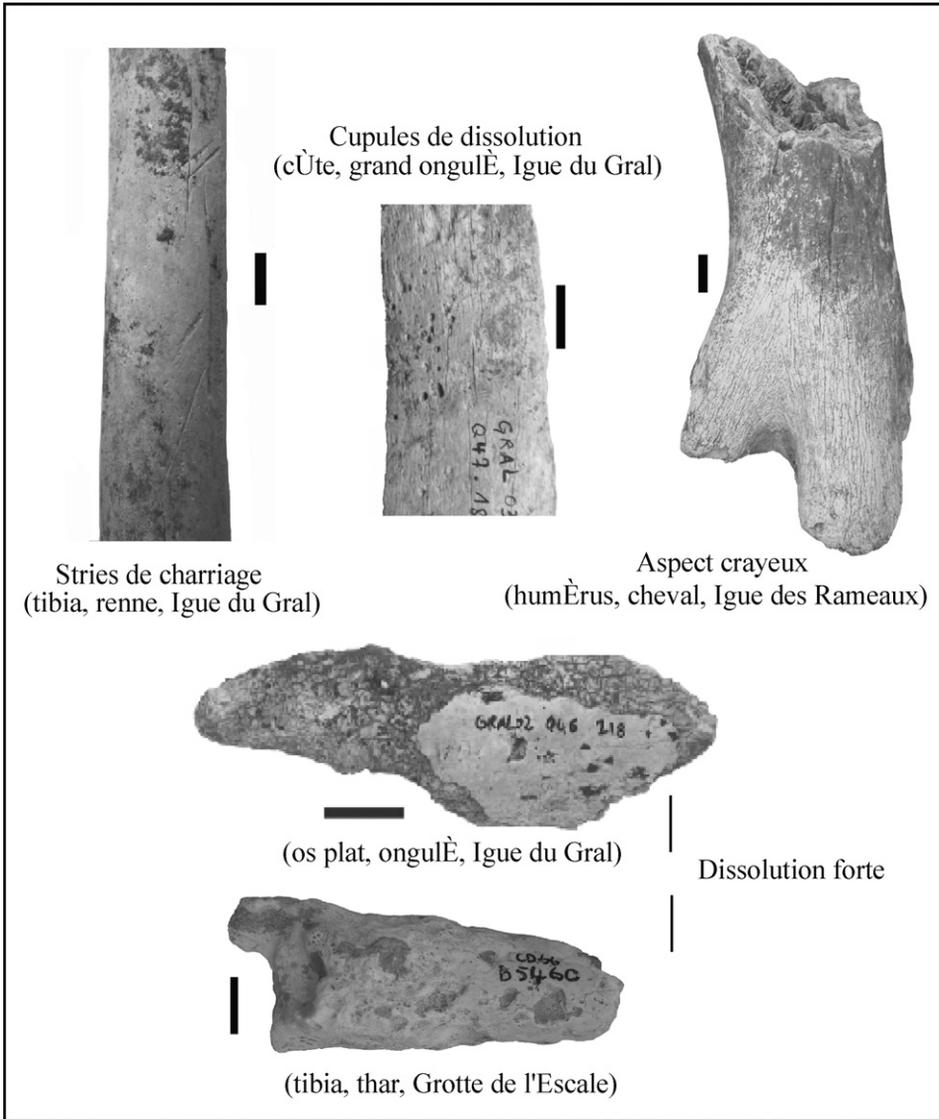


Fig. 2. Présentation des modifications climato-édaphiques relevées.  
 Presentation of climato-edaphic modifications.

touchés et les os des autres espèces. Une telle opposition peut être interprétée de deux manières. Il s'agit soit d'une variation interspécifique : les os des chevaux seraient plus sensibles à cette forme d'altération ; soit de l'enregistrement de la non contemporanéité des os des chevaux par rapport aux os des autres espèces.

Pour évaluer la première proposition, une projection au sein de chaque unité stratigraphique du pourcentage d'os présentant un aspect crayeux par espèces montre que l'ensemble 6 est le seul à présenter cette différence (Fig. 4). La seconde proposition sera rediscutée par la suite à partir de l'ensemble des données.

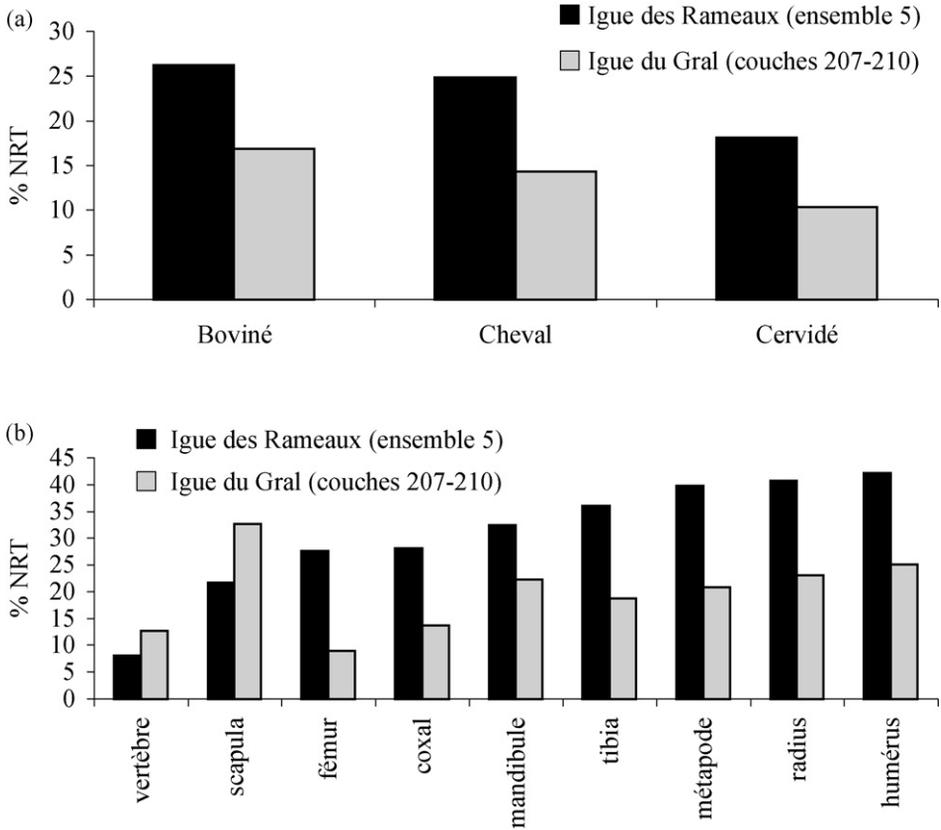


Fig. 3. Igue des Rameaux (ensemble 5), Igue du Gral (couches 207–210). Pourcentage de restes présentant des fissurations (stade 1 principalement) par espèces et par éléments anatomiques (Cervidé : *Cervus elaphus*, Igue des Rameaux/*Rangifer tarandus*, Igue du Gral).

*Igue des Rameaux* (unit 5), *Igue du Gral* (layers 207–210). Percentage of remains presenting fissuration (stage 1 mainly) by species and by anatomical elements (*Cervidae*: *Cervus elaphus*, *Igue des Rameaux*/*Rangifer tarandus*, *Igue du Gral*).

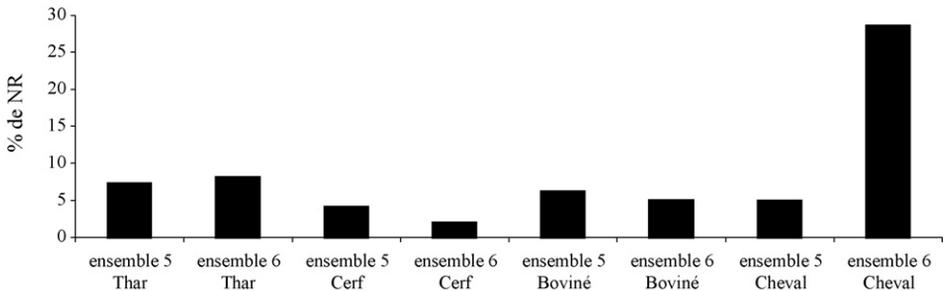


Fig. 4. Igue des Rameaux. Pourcentage de restes présentant un aspect crayeux par espèces et ensembles stratigraphiques. *Igue des Rameaux*. Percentage of remains presenting a chalky aspect by species and unit.

### 2.2.2. Les dissolutions

Suivant l'importance du phénomène, la dissolution peut affecter la pièce très localement sous la forme de cupules ou au contraire altérer fortement la surface de façon homogène. Elle conduit parfois même à la fonte globale de l'os et peut, combinée à la météorisation, provoquer une dégradation irrégulière et forte de la surface. L'os montre alors une disparition de l'une ou de toutes ses faces généralement sur toute la longueur. Les parties moins denses de l'os telles que les épiphyses sont souvent plus profondément dissoutes.

Dans les sites étudiés, la proportion d'os dissous et l'intensité de cette dissolution sont très variables. Deux ensembles sont particulièrement touchés : les couches 207/210 de l'Igüe du Gral et l'ensemble 2 de la Grotte de l'Escale (Tableau 2). Pour l'Igüe du Gral, une comparaison entre les différentes espèces montre que les os de bisons sont nettement plus altérés que ceux du renne. Cette répartition pourrait s'expliquer par une fragilité différente selon les espèces, ce qui conduit à trois interprétations :

- les os de bisons et de chevaux sont plus sensibles au phénomène de dissolution ;
- les os de renne sont plus rapidement dissous parce que plus petits : la proportion manquante correspond à la part des os qui ont complètement disparu ou qui ne sont plus identifiables ;
- il existe une saisonnalité des chutes et des phénomènes de dissolution.

La première interprétation est difficilement vérifiable à partir du matériel étudié. En effet, une comparaison entre les espèces touchées pour les couches 207/210 et celles de l'ensemble 6 de l'Igüe des Rameaux montre la variabilité des situations (Fig. 5). Dans l'ensemble 6, les os de thars et de cerfs sont plus affectés que ceux du cheval. Ce constat est donc opposé à celui fait pour l'Igüe du Gral. Il pourra, en revanche, être mis en parallèle avec les résultats qui concernaient la proportion d'os crayeux.

La deuxième interprétation ne peut être validée que par la présence d'une dissolution intense, susceptible de détruire partiellement l'os. L'ensemble 2 de la grotte de l'Escale est le seul autre ensemble fortement touché, or les restes sont très majoritairement attribués à une même espèce excluant toute comparaison interspécifique. Toutefois, l'observation des profils squelettiques pourra apporter un élément de réponse à cette question.

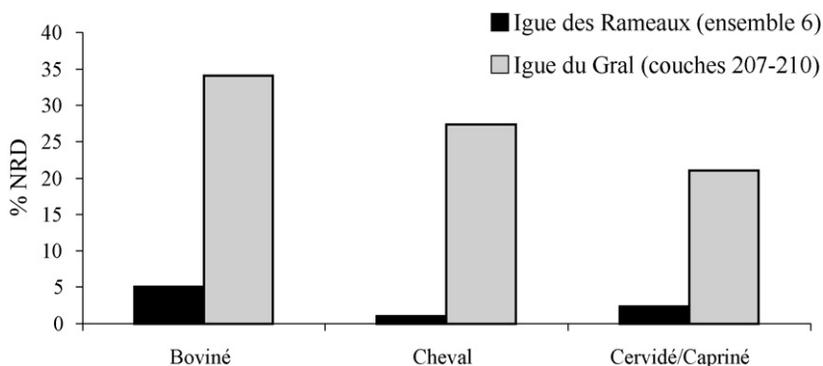


Fig. 5. Igüe des Rameaux (ensemble 6), Igüe du Gral (couches 207–210). Pourcentage de restes présentant une forme de dissolution par espèces.

*Igüe des Rameaux (unit 6), Igüe du Gral (layers 207–210). Percentage of remains presenting a dissolution by species.*

Enfin, une troisième explication peut être donnée. Les différences entre espèces renverraient à des épisodes taphonomiques indépendants. Cette dernière hypothèse est peu probable ; aucun élément supplémentaire ne vient en effet attester d'un bouleversement stratigraphique : les os sont à plat, on retrouve la même proportion de chaque espèce pour tous les décapages, les autres modifications taphonomiques observées ne permettent pas de différencier les espèces (même proportions d'os consommés par les carnivores, même proportions d'os calcifiés, d'os présentant des stries ou d'os crayeux).

### 2.2.3. *Les traces de charriage*

Certains os présentent des traces d'abrasion ou de charriage sur leur surface. De telles traces sont fréquemment observées (Koby, 1953 ; Oliver, 1989. . .). Les stries produites sont généralement fines, longues et se distinguent bien des stries de découpe. Le nombre d'os concernés est toujours faible. Une exception est à noter, celle de la couche 201 de l'Igue du Gral (Tableau 2) qui présente un pourcentage de ces stries notablement plus élevé, ce qui laisse supposer un déplacement plus fréquent du matériel osseux, éventuellement sous l'action du piétinement.

## 3. Impact des principaux phénomènes sur la conservation différentielle et les représentations anatomiques

### 3.1. *La conservation différentielle des éléments anatomiques*

Il est possible de corréler le décompte des portions anatomiques (pourcentage de MAU) avec les densités osseuses leur correspondant. Pour cela, nous avons tenu compte de 38 points de mesure correspondant à presque tous les éléments anatomiques (sacrum et crâne exclus). Les os longs sont représentés par trois points (extrémité proximale, diaphyse, extrémité distale), les scapulas et le coxal par deux points, les autres os par un seul point. Pour chaque point choisi, nous avons pris la densité osseuse maximale donnée d'après les référentiels établis par Lam et al. (1999).

Parmi les espèces les mieux représentées, il ressort qu'une majorité de profils montrent une corrélation significative entre MAU et densités (Tableau 3). L'étude des états de surface précédemment réalisée permet alors parfois de déduire les causes les plus vraisemblables à cet état de fait.

Dans le cas de la Grotte de l'Escale et de l'Igue du Gral, on remarque ainsi une corrélation significative concernant les espèces de taille moyenne (thar et renne). Pour ces deux gisements, l'intervention des carnivores et le taux de fragmentation, phénomènes susceptibles d'entraîner une conservation différentielle sont faibles. En revanche, la dissolution des os précédemment citée, pourrait expliquer la corrélation. Il est, par ailleurs, intéressant de remarquer que cette dernière n'est pas significative pour les os des chevaux conservés dans la même couche. La dissolution détruirait ainsi de façon plus intense les éléments moins volumineux, entraînant une disparition préférentielle des os des ongulés de taille moyenne par rapport à ceux de grande taille comme le cheval. Cette remarque permet ainsi de souligner la probabilité plus forte de l'hypothèse 2 formulée quant au nombre moins élevé d'ossements de renne touchés par la dissolution dans les couches 207/210 de l'Igue du Gral.

Un autre cas de conservation différentielle est donné par les chevaux de l'ensemble 6 de l'Igue des Rameaux (Fig. 6 et Tableau 3). Pour ces derniers, la comparaison des pourcentages de survie calculés à partir des proportions de chaque élément et ceux donnés par les densités osseuses correspondantes montre que les métapodiens ne sont pas touchés par le phénomène

Tableau 3

Calcul du taux de corrélation (test de Pearson) entre pourcentage de survie en MAU et densités osseuses (données Lam et al., 1999). Principales espèces herbivores de chaque ensemble.

Calculation of the correlation (chi-square test) between percentage of survival in UAM and osseous densities (data Lam et al., 1999). Principal herbivorous species of each unit.

			Valeur observée	p-value bilatérale	Corrélation (Pearson)
Grotte de l'Escale	Ensemble 2	Thar	0,508	0,001	Significative
Igue des Rameaux	Ensemble 5	Cheval	0,248	0,128	Non significative
Bison			?		
Cerf	Effectifs trop réduits		?		
Thar			?		
Ensemble 6	Cheval	0,569	0,0001	Significative	
Bison			?		
Cerf	Effectifs trop réduits		?		
Thar			?		
Igue du Gral	Couches 207/210	Cheval	0,244	0,135	Non significative
Bison	Effectifs trop réduits		?		
Renne	0,449	0,004	Significative		

(Tableau 1). Les carnivores constituent l'agent taphonomique le plus destructeur. Cette corrélation peut leur être attribuée, ce que renforce la distinction entre une très bonne corrélation pour les os longs et une mauvaise corrélation pour les métapodiens car ces derniers sont toujours moins consommés.

Il apparaît donc que des phénomènes très différents sont susceptibles de conduire à une corrélation significative entre densités osseuses et MAU. Du reste, ces dernières sont courantes même lorsque les effectifs comparés sont importants (ce qui est le cas ici). Il semble donc diffi-

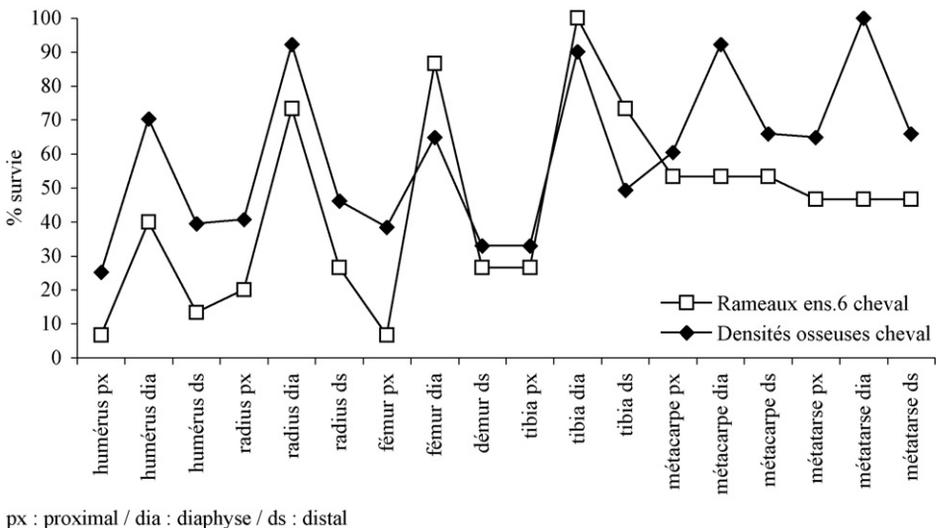


Fig. 6. Igue des Rameaux (ensemble 6). Comparaison des pourcentages de survie calculés à partir des MAU du cheval et à partir des densités osseuses correspondant aux mêmes portions anatomiques (données Lam et al., 1999).

Igue des Rameaux (unit 6). Comparison of the percentages of survival calculated from UAM of horses and from the osseous densities corresponding to the same anatomical portions (data Lam et al., 1999).

cile de les interpréter lorsque plusieurs phénomènes interviennent dans le sens d'une destruction différentielle des éléments.

### 3.2. *Des représentations anatomiques équilibrées*

Quelle que soit l'intensité des phénomènes intervenus, certaines constantes semblent toutefois se dégager. Les ensembles sont caractérisés par la présence de tous les éléments anatomiques.

Nous remarquons à ce propos, l'absence d'un tri anatomique lié à un transport par l'eau. Les groupes de dispersion proposés par Voorhies (1969), puis d'autres (Brugal, 1994), ne permettent pas d'expliquer les différences de représentations anatomiques (Tableau 4). Parmi les éléments les plus rapidement entraînés, on compte les vertèbres, les côtes et les phalanges. À l'inverse, les dents isolées, les maxillaires et la mandibule appartiennent au dernier groupe de dispersion. Dans ces conditions, des éléments anatomiques appartenant aux différents groupes sont représentés dans des proportions semblables. Par ailleurs, si les dents donnent parfois un NMI plus élevé, il faut plus en inférer à la meilleure conservation de cet élément et aux plus grandes possibilités qu'il offre dans le décompte des NMI de combinaison.

Quant à l'existence d'un tri anatomique par gravité, il reste peu défini dans la littérature. Aucun élément ne semble le suggérer pour les gisements étudiés. L'ensemble 5 de l'Igue des Rameaux est le seul où existe un déséquilibre marqué entre l'axial et les os des membres. Toutefois, cette différence ne concerne que les os des chevaux et non ceux du boviné. En outre, la comparaison avec les séquences de désarticulation mises en place par Hill (1979) ne permet pas d'expliquer les disparités anatomiques. Ainsi, la disparition des os des membres, alors que la scapula demeure bien représentée, est problématique car son attache au tronc cède rapidement, bien avant l'articulation coxofémorale : si les os des membres s'étaient dispersés, la scapula aurait dû être, elle aussi, entraînée. Les gisements pris en référence n'ont donc certainement pas subi de tri gravitaire ou hydraulique important. L'observation des traces d'érosion sur le matériel confirme d'ailleurs cette hypothèse ; elles restent très peu marquées sur les pièces (zones d'abrasion réduites) et ne touchent à chaque fois qu'une faible quantité du matériel.

Les profils squelettiques sont au contraire relativement équilibrés, cela pour toutes les espèces. L'axial notamment, vertèbres et côtes, n'est que faiblement sous-représenté et les métapodiens ou les tarses ne montrent pas de sur-représentations fortes. Ce constat permet de distinguer assez nettement les situations en aven des situations en repaire où les métapodiens sont souvent fortement représentés (Fig. 7). L'intensité, même forte des principaux phénomènes postdépôtionnels n'entraîne donc pas une perte importante d'un élément. Ce constat demande à être confirmé par d'autres exemples pris en situations naturelles. Il pourrait marquer une différence entre des situations où l'accumulation résulte d'une sélection de certaines parties de la carcasse par l'homme ou les carnivores et des situations où l'accumulation primaire contenait tous les éléments de la carcasse. En cas de corrélation entre MAU et densités osseuses, Lyman (1994) déconseillait d'attribuer les sous-représentations de l'axial à l'homme. L'exemple des avens ne va pas dans le sens de cette remarque, les phénomènes taphonomiques qui s'appliquent dans de tels contextes ne sont peut-être pas suffisamment puissants pour produire de telles disparités anatomiques.

## 4. *Utilisation de la caractérisation des phénomènes postdépôtionnels dans la définition des ensembles archéologiques*

Le dernier point abordé concerne l'utilisation possible des phénomènes taphonomiques dans une définition des ensembles stratigraphiques. Si un ensemble subit la même histoire postdépôtion-

Tableau 4  
 Décompte en NMI des éléments anatomiques pour les principales espèces.  
*MNI of principal species.*

Escale Ensemble 2	Igue des Rameaux				Igue du Gral				
	Ensemble 5	Ensemble 6			ca. 201	ca. 207–210			
	Thar	Cheval	Boviné	Cheval	Thar	Cerf	Cheval	Bison	Renne
NMI	Thar	Cheval	Boviné	Cheval	Thar	Cerf	Cheval	Bison	Renne
Crâne	22	12	2	4	1	1	3	1	8
Mandibule	27	6	2	4	3	2	3	2	10
Dents	54	24	5	9	4	3	13	4	16
Axial	23	5	1	4	2	3	4	3	5
Scapula	41	12	2	4	2	1	7	7	10
Humérus	60	9	3	4	5	1	6	2	10
Radius	55	7	3	8	4	1	5	3	10
Métacarpe	42	10	2	4	3	2	6	7	16
Coxal	22	15	3	7	3	1	3	3	6
Fémur	31	9	2	7	4	2	7	2	11
Tibia	49	9	2	9	4	2	2	4	14
Tarse	77	7	2	6	5	2	7	4	13
Métatarse	56	6	0	4	4	2	3	4	8
Phalange	45	7	1	3	3	2	5	3	8

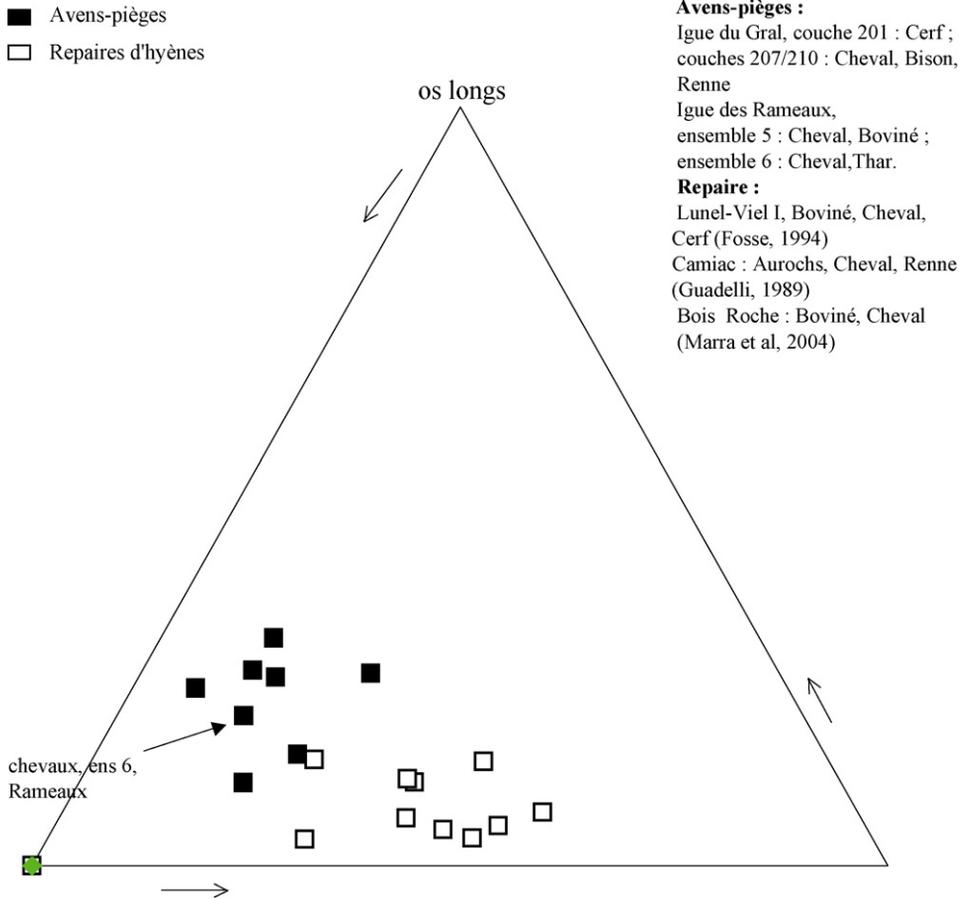


Fig. 7. Comparaison des proportions des métapodes, des autres os longs et des os des ceintures pour des espèces contenues en avens-pièges et en repaires d'hyènes. Le calcul des proportions est effectué de la manière suivante :  $\text{NRD métapode} / (\text{NRD métapode} + \text{NRD autres os longs} + \text{NRD os des ceintures}) \times 100$

Comparison of the proportions of metapods, other long bones and bones of belts for species contained in pitfalls and in hyena dens. The calculation of the proportions is made in the following way:  $\text{NISP metapod} \times 100 / (\text{NISP metapod} + \text{NISP other long bones} + \text{NISP bone of the belts})$ .

tionnelle, les os qui le composent doivent présenter les mêmes caractéristiques taphonomiques. Il semble donc possible de définir un état du matériel et au-delà une signature taphonomique propre à chaque ensemble stratigraphique, à partir du décompte des proportions de matériel touchées par chaque modification.

#### 4.1. Le cas de l'Igue du Gral

Pour l'Igue du Gral, les deux ensembles ont été clairement individualisés :

La couche supérieure (ca. 201) s'est mise en place à l'extrême fin du Pléistocène, après que l'aven a servi de sépulture au cours de l'Âge du Bronze. Le matériel présente les signes d'un enfouissement assez lent et a été perturbé (stries de charriage nombreuses).

Tableau 5

Comparaison des proportions d'os touchés par chaque modification entre la couche 201 et les couches 207/210 (valeur critique du  $\text{Khi}^2 = 3,841$  ;  $\text{ddl} = 1$ ).

*Comparison of proportions of bones altered by each modification between layer 201 and layers 207/210 (breaking value of chi-square = 3.841; ddl = 1).*

$\text{Khi}^2$ (valeur observée)	<i>p</i> -value unilatérale		Différence
Manganèse important	0,159	0,690	
Cupule de dissolution	0,160	0,689	
Dissolution forte	4,155	0,042	Significative
Couverture importante de calcite	33,827	<0,0001	Significative
Fissuration (météorisation)	0,063	0,802	
Cassures survenues après les dépôts	93,930	<0,0001	Significative
Abrasion, érosion	0,060	0,807	
Strie de charriage	9,754	0,002	Significative

Les couches inférieures (*ca.* 207/210) ont été fouillées sur une plus grande surface. Le matériel semble moins affecté par les phénomènes de météorisation, de piétinement ou de charriage. L'enfouissement des restes a, sans doute, été plus rapide.

La comparaison des proportions enregistrées pour chaque modification montre des différences significatives nombreuses (Tableau 5). Ces différences correspondent à des modifications sans lien entre elles : stries de charriage par rapport à la dissolution par exemple. On peut donc considérer que les éléments provenant des deux couches se distinguent par leur histoire taphonomique, histoire complexe puisque plusieurs agents indépendants les uns des autres sont intervenus de façon différente sur les ensembles. Dans le cas présent, la mise en évidence de deux couches distinctes à valeur de confirmation, d'autres éléments l'attestaient déjà : différences dans le spectre faunique, hiatus entre les deux couches, différences sédimentologiques.

#### 4.2. Le cas de l'ensemble 6 de l'Igue des Rameaux

Ce second exemple concerne un matériel considéré à la fouille comme appartenant à une même unité stratigraphique, l'ensemble 6. Une nette séparation apparaît dans les types de modifications enregistrées sur les os de chevaux par rapport à ceux des autres espèces :

- les carnivores ont massivement consommé les restes de chevaux. Ils sont responsables de la disparition presque totale de certaines portions d'os, notamment des extrémités d'une grande partie des os longs ;
- les modifications climato-édaphiques sont, elles aussi proportionnellement différentes. Les os de chevaux présentent beaucoup plus régulièrement un aspect crayeux. À l'inverse, les os des autres Ongulés sont plus souvent affectés par une dissolution qui se signale par la présence de petites cupules.

Ainsi, la différence de modifications correspond à la fois à des événements survenus lors du dépôt (consommation par les carnivores) et après celui-ci (dissolution et météorisation). Dans ces conditions, nous pouvons dire que la séquence correspond au moins à deux épisodes de remplissage différents : les carnivores ont consommé uniquement les chevaux parce que seuls ces derniers leur étaient contemporains. Les altérations enregistrées par la suite sur les os de chevaux n'ont touché que ceux-ci parce qu'ils étaient, là encore, les seuls présents à pouvoir être

affectés, soit que les autres espèces n'aient pas encore été piégées, soit que leurs os aient déjà été enfouis.

## 5. Conclusion

La prise en compte des phénomènes climato-édaphiques s'inscrit donc bien dans la démarche archéologique. Ces derniers peuvent expliquer l'existence de conservation différentielle des éléments anatomiques d'une espèce donnée, ce que confirme la corrélation significative entre pourcentages de survie et densités osseuses. D'après les données dont nous disposons, ils ne justifient pas en revanche de pertes suffisamment importantes pour expliquer des sous-représentations très fortes de certains éléments anatomiques. Toutefois, les gisements pris en exemple n'étaient affectés que par certains phénomènes, parfois très destructeurs, tels que la dissolution ou l'activité des carnivores dont nous n'avons que peu parlé. Dans le cas de gisements ayant subi un tri gravitaire ou hydraulique, les pertes auraient été très différentes.

Indépendamment des renseignements que chaque modification apporte, il nous semble particulièrement important de relever l'intérêt de leur combinaison. La reconstitution de liens entre des phénomènes taphonomiques indépendants permet de supposer qu'une même histoire taphonomique en est responsable. Si les mêmes éléments portent des modifications différentes en des proportions qui les distinguent du reste du matériel, il est alors possible de considérer qu'ils sont bien issus d'un épisode de remplissage distinct. L'inverse n'a en revanche pas de signification car une succession d'épisodes de remplissage est susceptible de connaître la même histoire taphonomique. Il ne s'agit donc pas d'un outil d'analyse systématiquement opérant. Du reste, le choix des modifications prises en compte dans la description d'un matériel doit être le plus exhaustif possible afin d'éviter d'enregistrer des variations spatiales sans pertinence stratigraphique (zones plus affectées par les infiltrations ou ayant subi une pression sédimentaire plus forte). Ces restrictions faites, l'analyse d'une signature taphonomique propre à un matériel donné constitue un moyen d'estimer l'existence d'une succession d'événements et cela particulièrement dans le cas d'une stratigraphie bouleversée. L'ensemble 6 de l'Igue des Rameaux en constitue un exemple car les associations faites entre espèces, taux de destruction par les carnivores, proportions d'os crayeux et d'os dissous ne pouvaient s'expliquer que par la présence de plusieurs événements collapsés.

## Remerciements

Je remercie Jean-Christophe Castel (muséum de Genève) et Valérie Pontagnier pour avoir pris le temps de relire cet article ainsi que l'ACR « Cultures et environnements paléolithiques : mobilités et gestions des territoires des chasseurs-cueilleurs du Quercy » dirigée par M. Jarry au sein de laquelle est menée l'étude des gisements de l'Igue du Gral et de l'Igue des Rameaux.

## Références

- Andrews, P.J., 1995. Experiments in taphonomy. *Journal of Archaeological Science* 22, 147–153.
- Auguste, P., 1994. Actions climatiques et édaphiques. Synthèse générale. In: Patou-Mathis, M. (Ed.), *Taphonomie/Bone modification*, *Artefacts* 9. Centre d'Études et de Documentations archéologiques, Treignes, pp. 17–27.
- Behrensmeyer, A.K., 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4, 150–162.
- Behrensmeyer, A.K., Gordon, K.D., Yanagi, G.T., 1989. Nonhuman bone modification in Miocene fossils from Pakistan. In: Bonnicksen, R., Sorg, M.H. (Eds.), *Bone modification*. Center for the Study of the First Americans, Orono, pp. 90–120.

- Bonifay, E., 1976. Grotte de l'Escale, Saint-Estève-Janson, Bouches-du-Rhône. In: Lumley, H. de (Ed.), *Provence et Languedoc méditerranéen : sites paléolithiques et néolithiques : Livre-Guide de l'excursion C2. Congrès international des sciences préhistoriques et protohistoriques, 9<sup>e</sup> session, Nice*, pp. 50–56.
- Bonifay, E., Bonifay, M.-F., 1963. Un gisement à faune épi-villafranchienne à Saint-Estève-Janson (Bouches-du-Rhône). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 256, 1136–1138.
- Brugal, J.-P., 1994. Introduction générale : Action de l'eau sur les ossements et les assemblages fossiles. In: Patou-Mathis, M. (Ed.), *Taphonomie/Bone modification, Artefacts 9. Centre d'Études et de Documentations archéologiques, Treignes*, pp. 121–129.
- Brugal, J.-P., Diez Fernandez-Lomana, J.C., Michel, P., 2001. Karstic cavities, natural bone accumulations and discrete human activities in the European paleolithic: some case studies. In: *Abstracts of the 66th annual Meeting, April 18–22, 2001, New Orleans, Louisiana. Society for American Archaeology, Washington*, p. 76.
- Castel, J.-C., 1999. Comportements de subsistance au Solutréen et au Badegoulien d'après les faunes de Combe Saunières (Dordogne) et du Cuzoul de Vers (Lot). Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux 1.
- Castel, J.-C., Coumont, M.-P., Brugal, J.-P., Cochard, D., Guadelli, J.-L., Laroulandie, V., Martin, H., Mourre, V., Oberlin, C., 2005. Igue du Gral, Sauliac-sur-Célé, Lot (46). Rapport triennal de fouille programmée, 2001–2003, SRA Midi-Pyrénées.
- Castel, J.-C., Coumont, M.-P., 2005a. Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot). Bilan scientifique 2001, SRA Midi-Pyrénées. Direction Régionale des Affaires Culturelles, 128–129.
- Castel, J.-C., Coumont, M.-P., 2005b. Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot). Bilan scientifique 2002, SRA Midi-Pyrénées. Direction Régionale des Affaires Culturelles, 124–125.
- Castel, J.-C., Coumont, M.-P., 2006. Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot). Bilan scientifique 2003, SRA Midi-Pyrénées. Direction Régionale des Affaires Culturelles, p. 124.
- Castel, J.-C., Coumont, M.-P., Brugal, J.-P., Laroulandie, V., Camus, H., Chauvière, F.-X., Cochard, D., Guadelli, J.-L., Kuntz, D., Martin, H., Mourre, V., sous presse. La fin du Paléolithique supérieur en Quercy : l'apport de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, Lot). In: Jaubert, J., Ortega, I., Bordes, J.-G. (Eds.), *Les sociétés du Paléolithique dans un Grand Sud-Ouest : nouveaux gisements, nouveaux résultats, nouvelles méthodes. Journées de la Société Préhistorique Française, Bordeaux, 24–25 novembre 2006*.
- Castel, J.-C., Coumont, M.-P., Pucca, A., soumis. L'Igue du Gral, une tanière de loups particulière. Mais que font les loups au fond de cet aven ? In: Costamagno, S., Fosse, P., Laudet, F. (Eds.), *Taphonomie : des référentiels aux ensembles osseux fossiles. Table-ronde Toulouse novembre 2005. Annales de Paléontologie*.
- Costamagno, S., 1999. Coudoulous II : taphonomie d'un aven-piège. Contribution des accumulations d'origine naturelle à l'interprétation des archéofaunes du Paléolithique moyen. *Anthropozoologica* 29, 13–32.
- Coumont, M.-P., 2000. Approche taphonomique d'une accumulation naturelle : les Equidés du gisement de l'Igue des Rameaux à Saint-Antonin-Noble-Val. Mémoire de DEA, université d'Aix-Marseille-1.
- Coumont, M.-P., 2006. Taphonomie préhistorique : Mammifères fossiles en contexte naturel, les avens-pièges. Apport pour l'étude des archéofaunes. Thèse de Doctorat, université Aix-Marseille-1.
- Coumont, M.-P., Castel, J.-C., 2007. Les assemblages issus d'avens à la lumière des fouilles récentes : l'apport de la fouille de l'Igue du Gral (Sauliac-sur-Célé, France). In: Buisson-Catil, J., Guilcher, A., Pagni, M. (Eds.), *26<sup>e</sup> Congrès préhistorique de France - Congrès du Centenaire de la Société préhistorique française, Avignon - Bonnieux (Vaucluse) - Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 20–25 septembre 2004. SRA DRAC-PACA, Aix-en-Provence*, pp. 499–514.
- Diez Fernandez-Lomana, J.C., 1993. Zooarqueología de Atapuerca (Burgos) e implicaciones paleoeconómicas del estudio tafonómico de yacimientos del Pleistoceno medio. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Fiorillo, A.R., 1989. An Experimental Study of Trampling: Implications for the Fossil Record. In: Bonnicksen, R., Sorg, M.H. (Eds.), *Bone modification. Center for the Study of the First Americans, Orono*, pp. 61–73.
- Fisher, J.W., 1995. Bone Surface Modifications in Zooarchaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2, 7–68.
- Guadelli, J.-L., Ozouf, J.-C., 1994. Études expérimentales de l'action du gel sur les restes fauniques : Premiers résultats. In: Patou-Mathis, M. (Ed.), *Taphonomie/Bone modification, Artefacts 9. Centre d'Études et de Documentations archéologiques, Treignes*, pp. 47–56.
- Guadelli, J.-L., 2008. La gélifraction des restes fauniques. Expérimentation et transfert au fossile. In: Costamagno, S., Fosse, P., Laudet, F. (Eds.), *Taphonomie : des référentiels aux ensembles osseux fossiles. Table-ronde Toulouse novembre 2005. Annales de Paléontologie* 94, pp. 121–165.
- Hare, P.E., 1980. Organic geochemistry of bone and its relation to the survival of bone in the natural environment. In: Behrensmeier, A.K., Hill, A.P. (Eds.), *Fossils in the making: vertebrate taphonomy and paleoecology. University Press, Chicago*, pp. 208–219.

- Haynes, G., 1983. Frequencies of spiral and green-bone fractures on ungulate limb bones in modern surface assemblage. *American Antiquity* 48, 102–114.
- Haynes, G., 1988. Longitudinal studies of African elephant death and bone deposits. *Journal of Archaeological Science* 15, 131–157.
- Hill, A.P., 1979. Disarticulation and scattering of mammal skeletons. *Paleobiology* 5, 261–274.
- Johnson, E., 1985. Current developments in bone technology. *Advances in archaeological method and theory* 8, 157–235.
- Koby, F.E., 1953. Modifications que les Ours des cavernes ont fait subir à leur habitat. *Premier Congrès International de Spéléologie* 4, 15–27.
- Lam, Y.M., Xingbin, C., Pearson, O.M., 1999. Intertaxonomic variability in patterns of bone density and the differential representation of bovid, cervid, and equid elements in the archaeological record. *American Antiquity* 64, 343–362.
- Lyman, R.L., 1984. Bone density and differential survivorship of fossil classes. *Journal of Anthropological Archaeology* 3, 259–299.
- Lyman, R.L., 1994. *Vertebrate Taphonomy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyman, R.L., Fox, G.L., 1989. A critical evaluation of bone weathering as an indication of bone assemblage formation. *Journal of Archaeological Science* 16, 293–317.
- Nicholson, R.A., 1998. Bone degradation in a compost heap. *Journal of Archaeological Science* 25, 393–403.
- Oliver, J.S., 1989. Analogues and Site Context: Bone Damages from Shield Trap Cave (24CB91), Carbon County, Montana, USA. In: Bonnichsen, R., Sorg, M.H. (Eds.), *Bone modification*. Center for the Study of the First Americans, Orono, pp. 73–99.
- Poplin, F., 1976. *Les grands vertébrés de Gönnersdorf : fouilles 1968*. Steiner, Wiesbaden.
- Prucça, A., 2003. Caractérisation de l'impact des loups sur les ossements d'herbivores (Cerfs de Virginie, Orignaux, Bisons) : étude des modifications infligées par des loups captifs et sauvages Nord-Américain. Mémoire de DEA, université d'Aix-Marseille-1.
- Rouzaud, F., Soulier, M., Brugal, J.-P., Jaubert, J., 1990. L'Igüe des Rameaux (Saint-Antonin-Noble-Val, Tarn-et-Garonne) : un nouveau gisement du Pléistocène moyen : premiers résultats. *Paléo* 2, 89–106.
- Shipman, P., Rose, J.I., 1984. Cutmarks mimics on modern and fossil bovid bones. *Current Anthropology* 25, 116–117.
- Voorhies, M.R., 1969. Taphonomy and population dynamics of an early Pliocene vertebrate fauna, Knox County, Nebraska, Laramie. *Contributions in Geology - Special Paper 1*, University of Wyoming Press.