



**HAL**  
open science

## Analyse de quelques critères de conservation des ossements fossiles : l'exemple du Portel ouest (Ariège, France)

Armelle Gardeisen

► **To cite this version:**

Armelle Gardeisen. Analyse de quelques critères de conservation des ossements fossiles : l'exemple du Portel ouest (Ariège, France). *Archaeozoologia*, 1996, 8 (1,2), pp.141-166. halshs-01421014

**HAL Id: halshs-01421014**

**<https://shs.hal.science/halshs-01421014>**

Submitted on 29 Dec 2016

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

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

## Analyse de quelques critères de conservation des ossements fossiles: l'exemple du Portel ouest (Ariège, France)

Armelle Gardeisen \*

### ABSTRACT

An analysis of bone preservation has been carried out in the Upper Pleistocene assemblage of Le Portel west (Pyrénées, France), according to several criteria: physical, taphonomical, anatomical, biochemical and chemical. Data of the archaeozoological literature concerning bone preservation are often limited to bodypart distribution analyses. On the other hand, biochemical and chemical component analyses concern essentially the D/L amino-acid rates, palaeobiology, diet and environment. In this study, archaeozoological, biochemical and chemical analyses are brought together in an attempt to describe the animal skeleton preservation and bone modifications as well as the diagenetic processes and their consequences for the faunal assemblage throughout the stratigraphic succession. Results emphasize a clear correlation of the three approaches and allow a better understanding of the deposit.

### RÉSUMÉ

Les données de la littérature archéozoologique concernant la conservation différentielle des ossements se limitent souvent à des analyses de représentations anatomiques plus que de conservation osseuse effective. Notre approche a consisté en l'association des trois disciplines archéozoologique, biochimique et chimique afin de décrire plus largement les processus de modification osseuse d'un assemblage. Les résultats obtenus montrent une nette corrélation de ces trois approches qui ont permis une meilleure compréhension du gisement, au-delà de la conservation différentielle classique.

**Mots-clés :** archéozoologie, taphonomie, conservation osseuse, paléobiologie, Pléistocène supérieur.

---

\* Centre de Documentation Archéologique Régional, Route de Pérols, 34970 Lattes, France.

La grotte ouest du Portel (Loubens, Ariège) ou du « Cap del Saut » est un porche obstrué par des dépôts würmiens situé à 410 mètres d'altitude sur le versant sud-ouest du massif du Plantaurel dans les Petites Pyrénées. Elle est le lit fossile de l'actuel ruisseau de Baulou qui coule à cinquante mètres en contrebas de son entrée. La stratigraphie a été mise en évidence par les fouilles de Jph. et J. Vézian de 1948 à 1985. Les couches sont nommées du haut vers le bas par des lettres majuscules (de A à M) accompagnées parfois d'un chiffre (de 1 à 3) indiquant une subdivision d'ensemble (ex : ensemble F subdivisé en F1, F2 et F3). Plus rarement, un niveau intermédiaire est individualisé par une lettre supplémentaire (ex : F1A, B1A).

## 1. Remplissage

### 1.1. Stratigraphie

On observe, du sommet vers le fond du remplissage (fig.1) :

*Couche A* : mélange de colluvions de surface, d'humus, de quelques pierres et d'argile brune à ossements de blaireaux ainsi que de restes de faune récente, le tout remanié. Elle recouvrait toute la surface de la grotte sur environ un mètre de profondeur. Cette couche n'étant pas archéologique, elle ne sera pas prise en compte ici.

*Couche B* : ensemble assez complexe qui se décompose en B, B0, B1, B1A et B2. L'essentiel du matériel et en particulier de la faune se concentre dans B / B1 / B1A. La couche B est constituée d'une matrice rouge argileuse contenant de nombreuses pierres corrodées qui sont plus grosses à la base (B1 / B1A) et deviennent de gros blocs d'effondrement en B2. La couche B représente ce que nous appellerons l'ensemble supérieur par opposition aux ensembles moustériens (des couches C à G).

*Couche C* : couche argilo-sableuse en contact avec les blocs de B2 ; niveau homogène et compact à rares éléments cryoclastiques. Niveau constitué de C et C1.

*Couche D* : argile brune à petit cailloutis corrodé. La subdivision D1 désigne une zone très localisée où les pierres sont moins corrodées.

Les couches C et D constituent le second ensemble moustérien.

*Couche E* : sédiment argilo-limoneux compact et stérile.

*Couche F* : couche limono-argileuse très brune (les ossements sont « noircis ») à éléments calcaires non corrodés.

*Couche F1* : argile jaune plus claire qu'en F et qui constitue avec F1A une subdivision de F.

*Couche F2* : matrice sablo-limono-argileuse rouge riche en cailloutis. C'est la couche la plus riche ; les ossements s'individualisent bien de ceux des couches F et F3 par leur couleur.

*Couche F3* : même type de remplissage que F2 mais dans une argile brun foncé.

*Couche G* : identique à F3 mais plus pauvre en matériel ; cailloutis toujours présent dans une matrice limono-argileuse.

Les couches de F à G constituent le premier ensemble moustérien.

*Couche H* : argile sableuse à gros éléments qui diffère de G par les dimensions des pierres incluses.

*Couche I* : cailloutis à petits éléments anguleux emballé dans une argile sableuse ; couche presque stérile.

*Couche J* : lit noir argileux et organique de 2 à 7 cm, stérile avec quelques concrétions.

*Couche K* : argile rouge à dominante limono-argileuse ou sablo-limoneuse (K2) subdivisée en K1, K2 et K3 selon la présence ou non d'un lit de pierres blanchâtres et très corrodées (K2).

*Couche L* : plancher stalagmitique discontinu.

*Couche M* : argile blanchâtre stérile.

Les couches de H à M correspondent à ce que nous appellerons l'ensemble inférieur. Compte tenu de la technique de fouille (rétrécissement du sondage), il se présente comme un ensemble pauvre en matériel archéologique et peu significatif du point de vue des restes osseux.

Ainsi, quatre ensembles archéologiques ont été individualisés :

- un ensemble supérieur avec la couche B et ses subdivisions
- un ensemble moustérien « C-D » constitué par les couches C et D (la couche E, stérile)
- un ensemble moustérien « F » des couches F à G
- un ensemble inférieur « K » des couches H à M.

Les ensembles moustériens ont fourni les lot d'ossements de grands mammifères les plus significatifs du point de vue archéozoologique. En effet, ce complexe a été moins perturbé que le complexe supérieur par les animaux fouisseurs (ce qui n'exclut pas leur présence). De plus, il a été fouillé sur une grande surface et a fourni les séries osseuses et dentaires les plus riches. C'est entre les couches C et G que se répartit l'industrie lithique attribuée à un moustérien de type charentien à racloirs dominants, sur quartz, silex et quartzite (Bismuth 1987). L'occupation humaine y est également attestée par des restes néandertaliens issus des couches F1, F2 et F3 (Gruselle 1993).

## 1.2. Assemblage faunique

L'ensemble du remplissage a fourni une faune mammalienne abondante, résultat de l'activité cynégétique des hommes ou des actions de charognages de certains carnivores. L'analyse archéozoologique (Gardeisen 1994) a montré que le remplissage se caractérise par la dominance des carnivores sur les herbivores dans les ensembles inférieur et supérieur. A l'inverse, et malgré une présence constante des carnivores, les deux ensembles moustériens témoignent de l'apport dans la grotte d'une majorité d'herbivores (Cheval, Renne, grands Bovidés, Cerf, Bouquetin) étroitement liés aux installations néandertaliennes, au cours de l'automne et de l'hiver. Leur distribution stratigraphique met en évidence différentes phases d'exploitation du gibier. Le Renne, et dans une moindre mesure le Bouquetin, domine largement dans l'ensemble inférieur alors que le Cheval n'y occupe qu'une place mineure ; grands bovidés et cerfs sont globalement discrets.

Le premier ensemble moustérien «F» se caractérise par la dominance du Cheval sur le Renne, situation qui s'inverse dans la couche F3 où le Renne est majoritaire. Cette association évoque un climat de type glaciaire où cerfs, chevreuils et grands bovidés n'apparaissent que ponctuellement, à la faveur de réchauffements climatiques. On remarque dans la couche F1 une baisse relative de la proportion de Renne correspondant à une augmentation des grands bovidés et des cerfs. Cette étape s'inscrit dans la diminution progressive du Renne de F3 à F1 tout en indiquant un réchauffement et un taux d'humidité favorisant la mise en place d'un couvert de type «forestier». La couche F traduit un retour à la situation observée en F2. Cette évolution dans les fréquences d'herbivores permet d'établir au sein de l'ensemble «F» des alternances liées à des modifications climatiques et environnementales. Les associations de rennes et de chevaux dominants avec des grands bovidés pouvant supporter des conditions relativement rigoureuses (en particulier le Bison) et la présence de cerfs et de bouquetins rappellent les associations typiques d'herbivores de la seconde phase würmienne du sud ouest (Delpech *et al.* 1983). Le Renne et sans doute le Renard polaire présent en F2 confirment la rigueur d'un climat froid plus ou moins humide également établi par la sédimentologie. On peut rapprocher ces associations d'Ongulés du groupe de milieu ouvert non arctique décrit par F. Delpech (*op. cit.*).

Le deuxième ensemble moustérien «C-D» traduit à nouveau (sur le modèle de la couche F1) une régression des rennes et un maintien des grands bovidés qui désormais dominent les chevaux.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la faune de la couche B se caractérise par une forte proportion de carnivores dès la couche C. La dominance des grands bovidés et la raréfaction des chevaux et des rennes, dépassés alors par les cerfs, indiquent un réchauffement notable du climat. Ces résultats sont en accord avec une recrudescence de rongeurs forestiers dans la couche B1A.

### 1.3. Climatologie

Quelques hypothèses de conditions climatiques ayant prévalu à la mise en place de ces couches ont été émises, en particulier à la suite des études sédimentologiques (Menzhi 1988) et micro mammalienne (Marquet 1989).

*Couche K*: climat difficile à caractériser mais qui penche pour une humidité liée au froid.

*Couches G, H, I*: phase climatique sèche avec augmentation de *Microtus arvalis* et diminution d'*Arvicola sp.*. *Microtus malei* est un indicateur de froid. Les couches G et H sont concordantes pour proposer un milieu légèrement froid mais très sec où les espaces découverts dominent.

*Couches F à F3*: accentuation du froid et forte humidité en augmentation par rapport aux couches sous-jacentes.

*Couches C et D*: retour à un climat plus sec et sans doute moins froid.

*Couche B1A*: environnement moins sec caractérisé par des espèces forestières.

*Couches B, B1*: recrudescence de l'humidité et retour du froid.

L'ensemble de la stratigraphie se caractérise par une humidité quasi constante accompagnée d'un cachet froid peu rigoureux. Les climatogrammes obtenus au

Portel (Marquet 1989) indiquent la prédominance de *Microtus / Arvicola* dont les fluctuations déterminent quatre « étapes » dans le remplissage qui correspondent sensiblement aux phases déjà mises en évidence lors des fouilles : ensemble supérieur B et ensembles moustériens (individualisation de « C-D » et du niveau « F » avec F, F1, F2, F3) et ensemble inférieur.

Les taux observés rapprochent ces climatogrammes de ceux des climatozones du Régourdou 2 et 4 (Chaline 1977) témoins d'influences continentales (avec *Lagurus* ) qui situent le remplissage dans le Würm ancien.

## 2. Conservation osseuse

Les différents états de fragmentation et d'altération observés sur les ossements d'une couche à l'autre de la stratigraphie nous ont engagée à nous interroger sur les processus de conservation osseuse engendrés par les conditions d'enfouissement et de sédimentation. Cela revient à poser le problème de l'histoire du remplissage en dehors des interventions humaines ou animales : dans ce cadre, l'os n'est plus considéré comme un matériau archéozoologique mais comme un élément inclus dans le sédiment. C'est à ce titre, qu'il nous a paru important de donner en introduction un descriptif détaillé de la stratigraphie.

L'étude des faunes du Pléistocène met en évidence le classement différentiel des éléments du squelette des animaux. Il est désormais admis que l'archéozoologue se trouve devant un échantillon osseux et dentaire plus ou moins représentatif de l'échantillon originel. Le problème de la représentativité de cet échantillon et par conséquent de la faisabilité d'une analyse sous une approche ou sur une autre (paléo-écologique, paléthnographique, paléoenvironnementale, paléontologique ou archéozoologique...) doit être systématiquement soulevé. En ce sens, l'analyse taphonomique, qui de part sa définition originelle s'étend bien au-delà des assemblages fauniques (Efremov 1940 ; Olson 1980), intervient comme un « reconstruteur » de l'histoire des fossiles, depuis la mort de l'animal jusqu'à leur découverte (Shipman 1981). C'est à partir de l'étude zoologique des restes que la taphonomie contribue à « résoudre les problèmes liés à la conservation différentielle des os qui peut être due à des phénomènes physico-chimiques (...), à des comportements animaux ou à l'action humaine » (Guérin & Faure 1987, p. 822).

Les critères utilisés dans la reconnaissance du mode de formation d'un gisement relèvent essentiellement du contexte géologique mais plus rarement du fossile lui-même : analyse des caractères extrinsèques des ossements (Poplin 1973) et analyses des composants organiques et minéraux de l'os. En effet, la présence de matière organique dans les ossements fossiles, même très anciens, de même que la conservation de leurs protéines sont des données admises depuis les travaux de Abelson (1954). Les résultats montraient que les fossiles ne sont pas entièrement minéralisés et les nombreux travaux qui ont suivi, en particulier sur l'utilisation de la réaction de racémisation des acides aminés et maintenant l'extraction de fragments d'ADN, ont démontré que la conservation des protéines ne dépend pas directement de l'âge du fossile mais plutôt de la nature du sol qui les enferme et que le degré d'enfouissement, d'un point de vue stratigraphique, n'intervient pas forcément dans la conser-

vation du matériel protéique : les protéines sont d'autant plus dégradées que l'activité géochimique du sol correspondant au prélèvement du fossile est intense. Après enfouissement, les os subissent diverses attaques chimiques qui sont à la fois fonction des conditions environnementales et des propriétés du tissu osseux. Les processus diagénétiques altèrent la composition originelle de l'os : perte, enrichissement, remplacement. Or, si ce dernier est désorganisé ou altéré, sa solidité et sa robustesse sont atteintes dans la mesure où la matrice organique de l'os et ses composants minéraux sont essentiels dans le maintien de ses propriétés physiques. De fait, les modifications chimiques interviennent à deux niveaux : elles affectent la résistance mécanique des os et influent sur le comportement de ces derniers vis-à-vis de la diagénèse.

Jusqu'à présent, les recherches concernant la phase minérale de l'os ont davantage porté sur le potentiel de la chimie osseuse en matière de données concernant le régime alimentaire, la subsistance, l'environnement, la maladie ou le stress (Price *et al.* 1985). L'analyse des constituants de l'apatite est effectuée dans le cadre d'études de biologie animale (Parker & Toots 1980).

En ce qui nous concerne, c'est dans une optique strictement taphonomique que nous nous placerons, car si les modifications en éléments chimiques peuvent refléter différentes adaptations physiologiques, elles n'en sont pas moins dépendantes des conditions d'enfouissement *post-mortem*, le principal facteur de modification étant la fossilisation. L'intérêt est donc de mesurer les différences de modifications au sein de la stratigraphie entre ces deux éléments majeurs que sont l'os et le sédiment et d'établir un lien entre l'assemblage et son histoire : mode d'introduction et d'exploitation des animaux, modifications taphonomiques (rôle de l'Homme, des animaux, du contexte géochimique).

Grâce à la détermination anatomique par espèce, il est possible d'établir un schéma de conservation des os en fonction de différents facteurs (origine de l'os, robustesse, méthode de fouille, etc.). Cependant, malgré son intérêt et le fait que cette méthode permette une comparaison directe avec d'autres gisements, elle est incomplète du strict point de vue de la conservation. En effet, outre son rôle essentiel dans la charpente du squelette des mammifères et sa signification dans l'exploitation carnée de la carcasse animale, l'os est un élément biologique. Sa composition organique et minérale est connue et il est évident que sa structure interne subit des modifications au cours du temps liées à son contexte sédimentaire. Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons choisi de croiser cinq critères de conservation complémentaires dans le cadre d'un remplissage archéologique.

Les fragments osseux sélectionnés ont donc été examinés par :

- leurs critères physiques (aspect et couleur de l'os, densité)
- leurs critères taphonomiques (échantillonnage des esquilles de diaphyse d'herbivores)
- leurs critères anatomiques (assemblage osseux des chevaux)
- leurs critères biochimiques (conservation de la fraction organique de l'os par dosage des acides aminés en collaboration avec A. El Fouikar, Laboratoire d'Anthropologie, Université Aix-Marseille Faculté nord)
- leurs critères chimiques (conservation de la fraction minérale en collaboration avec J. Godineau, Laboratoire de Chimie, Université Aix-Marseille Centre St Charles).

## 2.1. Critères physiques

### 2.1.1. Aspect - couleur

Des différences assez nettes apparaissent d'une couche à l'autre dans l'aspect général des restes osseux. Ces changements sont liés à divers degrés de fossilisation (os apparemment plus lourd et plus compact, plus minéralisé donc bien conservé) ou à des conditions géochimiques intervenant dans des contextes sédimentaires pouvant induire des colorations variées ou un état plus ou moins altéré se traduisant par des surfaces plus poreuses, corrodées, concrétionnées. Ainsi, les caractéristiques propres à chacune des couches nous ont-elles parfois permis de ré-attribuer à sa couche un ossement non marqué ou bien de constater que des phénomènes de transport ou de glissement avaient, *a posteriori*, déplacé des ossements dans des couches voisines. De telles observations ont donc une implication archéozoologique évidente. C'est en ce sens que nous considérons cette approche (et de manière générale toute l'analyse taphonomique) comme étant un moyen de contrôler le degré de validité du contenu faunique des couches.

Les différents types de coloration observés sur les ossements vont dans le sens de la subdivision de la stratigraphie précédemment établie. La couche sommitale A présente un amalgame des diverses caractéristiques observées dans les niveaux supérieurs qui souligne les nombreux remaniements subis.

Dans l'ensemble supérieur « B », les os sont gris foncé ou noircis mais l'assemblage est hétérogène : certains os sont particulièrement compacts, lourds et bien minéralisés alors que d'autres sont altérés par des phénomènes de ruissellement.

Dans l'ensemble moustérien « C-D », les os sont de couleur marron foncé à noire et bien fossilisés. Ils sont parfois recouverts d'oxyde de manganèse.

Dans l'ensemble moustérien « F », il est possible de mettre en évidence deux sous-ensembles F-F1 et F2-F3. On note dans chacune des couches un bon état de conservation : les surfaces sont lisses et plus ou moins altérées selon que l'os se trouve dans l'un ou l'autre sous-ensemble. Les fragments semblent moins denses et moins compacts que dans les ensembles sus-jacents (exception faite de la couche F) : ils sont de couleur marron claire à jaune. Il est relativement facile de repérer un os provenant de la couche F (plus marron) ou de la couche F1 (plus gris), la différence de couleur est moins accusée entre F2 et F3. La couche G se différencie par l'aspect particulièrement préservé des surfaces osseuses et par une couleur ocre la distinguant nettement du marron / jaune des couches supérieures.

Enfin dans l'ensemble inférieur « K », certains os sont très altérés, phénomène que nous attribuons à un transport ou un piétinement important peut-être lié à l'installation de carnivores dans la mesure où il n'y a aucun indice de présence humaine dans cet ensemble. A l'inverse, certains présentent un excellent état de conservation (cas des ossements de chevreuils) : ils sont de couleur plutôt grise et d'aspect bien fossilisé, souvent piquetés de manganèse.

Globalement, les ossements sont bien conservés si on exclut les phénomènes de fragmentation, de transport et de ruissellement. Toujours englobés dans un sédiment sablo-argileux relativement meuble, ils n'ont pas posé de problèmes de dégagement à la fouille de même que des opérations de restauration n'ont pas été nécessaires.



### 2.1.2. Densité

Afin de nous affranchir du caractère en partie subjectif des descriptions basées sur la couleur et l'aspect de l'os, nous avons effectué des mesures de densité en sélectionnant des échantillons osseux de 100 fragments d'os compact pris dans la diaphyse dans chaque couche (de B à G, la couche K étant trop pauvre en matériel). Les masses ont été mesurées sur une balance électronique (0,01 g. de précision) et les volumes dans des éprouvettes de 1000, 500 et 50 ml. Les résultats obtenus (tab. 1) mettent en évidence des taux de corrélation élevés entre masse et volume ce qui tend à montrer l'uniformité certaine de chacune des couches. Les densités moyennes déduites de ces mesures (quotient de la masse sur le volume) varient relativement peu en stratigraphie tout en soulignant l'aspect plus dense des ossements provenant des ensembles supérieurs jusqu'à la couche F qui présente les valeurs les plus élevées. Cependant, la variation reste faible (moyennes de 1,57 en F2 à 2,36 en F) : la question posée est de savoir s'il est possible de mettre ces résultats en relation avec les phénomènes de charriage et surtout de ruissellement abordés dans les critères taphonomiques (os charriés, roulés, émoussés, dissous).

## 2.2. Critères taphonomiques

L'analyse taphonomique en vue de l'étude des modes de conservation est établie sur la base de 16648 fragments appartenant aux esquilles de petits et grands herbivores (tab. 2).

### 2.2.1. Méthode

Les ossements d'herbivores ont été examinés un par un. Le choix des critères taphonomiques a été établi après examen visuel de l'ensemble du matériel : il est donc intimement lié à l'assemblage osseux qui l'a généré.

Les occurrences sélectionnées (sous forme de champ en vue du traitement informatique) sont les suivantes.

- « Couche » : la couche archéologique de provenance.
- « Anatomie » : la détermination anatomique sous forme codifiée est facultative (traitement égal des esquilles selon les critères).
- « Altération » : l'os peut être fissuré, desquamé et/ou présenter des surfaces piquetées attribuables à des dissolutions, par exemple de type acide. L'altération n'est pas toujours définissable : en fait, cette occurrence indique la présence de concrétions (oxydes de manganèse). L'émoussé décrit l'état de la surface osseuse sur les faces, sur une pointe ou sur les bords. Il correspond à un polissage de l'os qui modifie la forme originelle du fragment et de ses plans de fracture. Ce phénomène est essentiellement lié au lessivage des couches produit par l'eau et/ou la présence de sables. Il peut dans certains cas induire de fausses interprétations d'utilisation ou d'industrie osseuse.
- « Charriage » : le déplacement des ossements dans les couches ou en surface, après dépôts sur le sol, entraîne des phénomènes d'origine mécanique, quel que soit l'agent perturbateur, à partir du moment où les marques engendrées ne sont pas considérées comme étant volontaires. La présence de charriage entraîne une striation inor-

ganisée à la surface de l'os ; on peut également relever des marques d'écrasements sur place ou des impacts liés au tassement des terres et au piétinement des hommes et des animaux. Enfin l'os peut être roulé c'est-à-dire que le charriage est masqué (mais toujours perceptible) par le polissage par l'eau : la surface et les bords prennent alors un aspect poli. Ce phénomène est souvent associé aux émoussés de bords et de faces. Le lessivage induit peut parfois donner à l'os un aspect lustré : la surface est dissoute et polie, elle devient brillante.

– « Stries » : ne sont considérées que les stries attribuables à un outil tranchant d'origine lithique. Elles doivent présenter un rainurage dont la section en V est observable à la loupe ou à la binoculaire (Shipman 1981).

Les stries peuvent alors être courtes sur diaphyse ou sur épiphyse et en général transverses par rapport à l'axe de l'os ; on les trouve parfois localisées sur une insertion musculaire ou ligamentaire ; longues et longitudinales, elles sont définies comme des stries de raclage de l'os ; courtes, profondes et appuyées, liées à un effort plus important tel qu'une percussion qui entraîne un micro-esquillage parasite de part et d'autre de l'incision elles deviennent stries de percussion.

– « Impacts » : ce champ concerne les opérations d'origine anthropique ou naturelle de fracturation des os. Il va donc au-delà de l'aspect descriptif puisqu'il implique une interprétation des marques : on distingue les impacts de charriage, de carnivores et de percussion attribués à l'Homme. Pour cela, nous avons établi un certain nombre de postulats : si le fragment présente des traces nettes de charriage ou de piquetage et en l'absence de toute autre marque d'origine humaine ou animale, le phénomène est attribué au charriage. La pièce est alors classée en « fragmentation » et les impacts notés en impacts de charriage. Si le fragment ne présente ni trace de charriage ni trace de transport, ruissellement ou autre, ou bien s'il porte des stries, nous attribuons le phénomène à une fracturation volontaire d'origine anthropique : les impacts sont comptabilisés dans le champ « Impacts ». Si le fragment présente à la fois une ou plusieurs percussions de type bipolaire actif/passif associées à des traces de dents carnivores, des stries ou des marques de charriage, nous optons pour une fragmentation mixte (cf. plus bas le champ « Fragmentation »). La percussion bipolaire de type actif/passif d'origine anthropique suppose un coup porté directement sur l'os posé sur un support solide (enclume). La percussion active se traduit par une encoche circulaire (avec éventuellement un esquillage parasite) du même type que celle produite par un croc. La percussion passive, au niveau de l'enclume, est plus plate et allongée. La condition *sine qua non* à une interprétation d'origine anthropique est l'absence de toute marque attribuable à un carnivore. Néanmoins, dans le cas où l'agent est un carnivore, la bipolarité se traduit par deux percussions actives : les deux impacts sont similaires, liés à l'action des dents inférieures et supérieures. Ces impacts sont assez caractéristiques et forment une encoche circulaire très nette sur les plans de fracture. En règle générale, ces marques sont associées à d'autres coups de dents, et éventuellement à des traces de rognage.

– « Esquillage » : on inclut dans ce champ des fragments porteurs d'impacts de fracturation attribués à une percussion volontaire directe ou indirecte sur l'os. Ce phénomène peut être lié à des coups n'entraînant pas de fracture de l'os (percussion directe) ou encore à des écrasements consécutifs à un choc porté sur la face

ganisée à la surface de l'os ; on peut également relever des marques d'écrasements sur place ou des impacts liés au tassement des terres et au piétinement des hommes et des animaux. Enfin l'os peut être roulé c'est-à-dire que le charriage est masqué (mais toujours perceptible) par le polissage par l'eau : la surface et les bords prennent alors un aspect poli. Ce phénomène est souvent associé aux émoussés de bords et de faces. Le lessivage induit peut parfois donner à l'os un aspect lustré : la surface est dissoute et polie, elle devient brillante.

– « Stries » : ne sont considérées que les stries attribuables à un outil tranchant d'origine lithique. Elles doivent présenter un rainurage dont la section en V est observable à la loupe ou à la binoculaire (Shipman 1981).

Les stries peuvent alors être courtes sur diaphyse ou sur épiphyse et en général transverses par rapport à l'axe de l'os ; on les trouve parfois localisées sur une insertion musculaire ou ligamentaire ; longues et longitudinales, elles sont définies comme des stries de raclage de l'os ; courtes, profondes et appuyées, liées à un effort plus important tel qu'une percussion qui entraîne un micro-esquillage parasite de part et d'autre de l'incision elles deviennent stries de percussion.

– « Impacts » : ce champ concerne les opérations d'origine anthropique ou naturelle de fracturation des os. Il va donc au-delà de l'aspect descriptif puisqu'il implique une interprétation des marques : on distingue les impacts de charriage, de carnivores et de percussion attribués à l'Homme. Pour cela, nous avons établi un certain nombre de postulats : si le fragment présente des traces nettes de charriage ou de piquetage et en l'absence de toute autre marque d'origine humaine ou animale, le phénomène est attribué au charriage. La pièce est alors classée en « fragmentation » et les impacts notés en impacts de charriage. Si le fragment ne présente ni trace de charriage ni trace de transport, ruissellement ou autre, ou bien s'il porte des stries, nous attribuons le phénomène à une fracturation volontaire d'origine anthropique : les impacts sont comptabilisés dans le champ « Impacts ». Si le fragment présente à la fois une ou plusieurs percussions de type bipolaire actif/passif associées à des traces de dents carnivores, des stries ou des marques de charriage, nous optons pour une fragmentation mixte (cf. plus bas le champ « Fragmentation »). La percussion bipolaire de type actif/passif d'origine anthropique suppose un coup porté directement sur l'os posé sur un support solide (enclume). La percussion active se traduit par une encoche circulaire (avec éventuellement un esquillage parasite) du même type que celle produite par un croc. La percussion passive, au niveau de l'enclume, est plus plate et allongée. La condition *sine qua non* à une interprétation d'origine anthropique est l'absence de toute marque attribuable à un carnivore. Néanmoins, dans le cas où l'agent est un carnivore, la bipolarité se traduit par deux percussions actives : les deux impacts sont similaires, liés à l'action des dents inférieures et supérieures. Ces impacts sont assez caractéristiques et forment une encoche circulaire très nette sur les plans de fracture. En règle générale, ces marques sont associées à d'autres coups de dents, et éventuellement à des traces de rognage.

– « Esquillage » : on inclut dans ce champ des fragments porteurs d'impacts de fracturation attribués à une percussion volontaire directe ou indirecte sur l'os. Ce phénomène peut être lié à des coups n'entraînant pas de fracture de l'os (percussion directe) ou encore à des écrasements consécutifs à un choc porté sur la face

opposée de l'os ; il s'agit alors de traces provoquées par la pression de l'os sur une enclume au moment de la fracturation. L'esquille permet également de noter la présence de négatifs d'enlèvement sur la face externe de l'os. Il peut être réduit à un ou deux enlèvements, envahissant ou sous forme de retouches, sur un plan de fracture ou sur un bord. La présence d'esquille ne signifie pas forcément que la fragmentation puisse être attribuée à un quelconque agent, de type humain, carnivore ou mécanique.

- « Carnivore » : la grotte a souvent été un abri de carnivores (hyènes, loups, renards, ours, lions, blaireaux) qui ont laissé les marques de leurs crocs sur les os, provoquant des impacts associés. Parfois les fragments osseux ont été ingérés : l'action des sucs digestifs se traduit par une dissolution quasi totale des surfaces de l'os. Les éventuelles marques attribuables à des rongeurs ou des racines sont trop peu nombreuses pour faire l'objet d'un relevé systématique.

- « Mixte » : ce champ est destiné à comptabiliser les fragments osseux présentant des traces associées ; « Impacts » et « Stries », « Stries » et « Carnivores » ou encore « Stries », « Carnivores » et « Impacts ».

- « Fragmentation » : c'est un champ interprétatif destiné à déterminer la nature de cette fragmentation. Pour cela, on se réfère aux marques elles-mêmes et à leurs éventuelles associations. Il est possible d'émettre plusieurs hypothèses :

- celle d'une fragmentation d'origine mécanique par opposition à la fracturation d'origine biologique. Elle est déterminée en l'absence de toute marque anthropique (impacts, percussion) en considérant que la présence de stries n'implique pas forcément une fracturation d'origine humaine ; de même une action carnivore (coups de dents, impacts ingestion) interdit une interprétation de fragmentation mécanique. Cette option est également utilisée par défaut, lorsqu'il n'est pas possible de trancher entre origine mécanique ou biologique (homme, carnivore).

- une fragmentation s'exprime en terme de fracturation lorsqu'un agent biologique, Homme ou Carnivore, est impliqué.

- la fragmentation mixte est un cas de figure que l'on observe lors des interventions attribuables à des agents à la fois mécaniques et biologiques. Cette occurrence concerne des ossements présentant des impacts mécaniques ou humains associés à des marques de carnivores. Lorsque plusieurs phénomènes se recouvrent sur un seul os, il est rare de pouvoir les hiérarchiser ou de les situer dans le temps sauf dans les cas indubitables de stries coupées par des coups de dents ou des plans de fracture.

- De même qu'en typologie lithique, des éclats sont extraits de la matière au moment de la percussion. Le même phénomène se produit sur l'os et provoque l'enlèvement d'éclats dans le sens technologique et typologique du terme : présence d'un talon et d'un bulbe tout comme sur la face inférieure d'un éclat de silex. La détermination d'un éclat implique une fracturation volontaire d'origine anthropique.

### 2.2.2. Résultats

Les champs taphonomiques reconnus dans le cadre des phénomènes d'altérations mécaniques ou physico-chimiques sont l'« Emoussé », le « Charriage » et

l'« Altération » qui peuvent être détaillés en émoussés de bords ou de faces, charriés, écrasés ou roulés et lustrés, concrétionnés, dissous, desquamés ou fissurés. Les champs liés à l'action d'agents biologiques sont également pris en compte (« Carnivore », « Stries », « Impacts », « Fracturation »).

Le premier constat est que dans l'ensemble, les trois champs principaux (« Emoussé », « Charriage » et « Altération ») évoluent sensiblement de la même manière dans la stratigraphie (fig. 2). Les marques de charriage sont prépondérantes même si on note une diminution générale des traces avec la profondeur des couches, constatation qui est à nuancer du fait de la diminution du nombre d'échantillons par couche. Ce charriage se traduit par un taux minime de restes osseux écrasés et se définit par des fragments charriés et roulés dans un contexte de ruissellement en relation avec les taux d'émoussés (fig. 3). L'importance de ces phénomènes, en particulier pour les couches B, C et D se traduit par des « émoussés de faces » dominants qui impliquent un transport en milieu humide plus important (fig. 4). Il y a donc une distinction très nette entre les deux ensembles « B » / « C-D » et les ensembles « F » et « K » : on constate alors que la couche argilo-limoneuse compacte et stérile E joue un rôle important. Toutefois, le ruissellement et le charriage en milieu humide n'ont pas réellement d'incidence sur l'aspect desquamé, fissuré ou dissous des surfaces. La patine lustrée est associée à des fréquences d'émoussés et de charriage qui traduisent bien un véritable polissage par l'eau et le transport dans ces niveaux. Compte tenu des fréquences observées, de la forme et de l'origine de la fragmentation, il n'est dès lors plus permis d'attribuer ce polissage à une éventuelle production d'industrie ou d'utilisation de l'os (Vézian 1989). L'eau se comporte comme un élément érosif : elle dissout, elle transforme, en gelant elle casse, elle use les surfaces et elle altère en roulant les éléments ; son pouvoir d'érosion augmente lorsqu'elle est acide.

Les phénomènes que nous venons de décrire sont plus étroitement associés à des couches qui témoignent de présence carnivore marquée (fig. 5), dans les ensembles « B » et « C-D ». Ces interventions sont moins spécifiques aux carnivores en « F », où on relève un certain nombre de preuves d'activités anthropiques. A partir de F1, les taux carnivores/stries-impacts anthropiques s'inversent (fig. 5) et les fréquences d'émoussés, charriage, altération augmentent (fig. 2). A ce stade, on observe surtout des émoussés de bords (fig. 4) ainsi qu'une diminution progressive des fragments roulés : le contexte du transport est moins humide. Au-delà des événements post-dépositionnels survenus après la mise en place des sédiments, il est possible d'établir un lien entre conservation osseuse et occupations de la grotte.

### 2.3. Critères anatomiques

#### 2.3.1. Présentation

Les divers phénomènes de conservation liés aux conditions de modifications mécaniques, physico-chimiques et biologiques des surfaces osseuses ont-ils une incidence au niveau anatomique ? En réalité, il apparaît que les os courts (carpe, patella, tarse ainsi que phalanges et métatarsiens) sont les moins sensibles à ces phénomènes. Les os longs et les restes crâniens sont très marqués par le charriage ; on constate

que les fréquences de restes porteurs de ces traces d'altérations sont plus nombreux sur le membre antérieur que sur le membre postérieur (fig. 6). Les ossements les mieux conservés d'un point de vue biochimique (§ 2.4) sont ceux qui ont le moins souffert des phénomènes de ruissellement (émoussés) exception faite des radius-ulna : il y a un lien entre le degré d'altération taphonomique et la conservation des protéines. Tous les ossements n'ont pas les mêmes potentialités de conservation : chaque os a ses propres caractéristiques anatomiques, morphologiques et de résistance mécanique qui induisent sa robustesse relative. La conservation différentielle correspond à ce classement préférentiel des divers éléments du squelette appendiculaire (Bouchud 1977). Les ossements étant soumis, avant leur dépôt dans le sédiment, aux actions des hommes et des carnivores puis, après leur dépôt, aux actions mécaniques et géochimiques engendrées par leur enfouissement, nous avons choisi de présenter les résultats obtenus en liaison avec les échantillonnages osseux effectués en vue des analyses biochimiques et chimiques (§2.4). C'est la raison pour laquelle nous n'aborderons ici que la conservation des ossements de chevaux dans les couches F, F2 et F3. Du point de vue de la répartition des marques d'origine anthropique ou carnivore, ces trois couches présentent deux modèles d'intervention biologique (Gardeisen 1994, fig. 71) où il apparaît que si les couches F2 et F3 présentent une dominance anthropique, la couche F témoigne d'un double impact carnivore et humain concurrentiel (fig. 5) ; ainsi, dans le cadre d'interventions des deux agents, il sera possible d'évaluer le rôle des processus biochimiques et chimiques dans les modes de conservation des os.

La première expression de la conservation anatomique est établie lors du dénombrement des fragments en nombre de restes, puis en pourcentage (%NR) calculé sur le total des fragments osseux déterminés dans chacune des trois couches. Les dents isolées sont exclues ; elles ne sont prises en compte que pour l'établissement du NMI global de couche.

Dans une seconde étape, un nombre minimum d'individus est évalué pour chaque ossement sélectionné ; il intervient directement dans le calcul d'un taux de représentation  $TR = NMI(\text{type d'os}) / NMI(\text{global de couche}) \times 100$  propre à chaque ossement (tab. 2). Il est ainsi possible, pour chaque couche, d'établir une hiérarchie au sein des divers éléments du squelette appendiculaire sur la base des deux données complémentaires que sont le NR et le NMI.

### 2.3.2. Résultats

Les fréquences en nombre de restes font apparaître une certaine uniformité entre les trois couches (fig. 7) qui s'explique par des processus de fragmentation et de fracturation similaires consécutifs à des modes d'exploitation de même ordre (Gardeisen 1994). On relèvera seulement une individualisation de la couche F par une diminution des carpe et métacarpe concomitante à une augmentation des tibia et crâne.

De manière générale, les ossements les mieux conservés sont les os longs des membres postérieurs puis antérieurs. Les extrémités des pattes (carpe, tarse, métapodes, phalanges) et les ceintures, avec le squelette axial, sont moins bien représentés. Ce mode de classement assez classique révèle un choix apparemment rai-

sonné d'exploitation des portions animales les plus charnues (les os longs sont peu touchés par les carnivores) alors que les extrémités des pattes sont davantage atteintes par ces derniers, particulièrement dans la couche F, après que l'Homme a exploité les carcasses (les taux de marques sont plus importants). Le mode de conservation des ceintures s'explique par une fragilité certaine des scapulas, sauf au niveau articulaire, et par la non introduction des coxaux et du sacrum probablement abandonnés sur le lieu d'abattage. Le squelette axial a sans doute, quant à lui, été remonté dans l'abri (restes de vertèbres et de côtes déterminés mais également fragments indéterminés classés en herbivores qui témoignent au moins d'un apport partiel) et leur perte en restes, associée à celle de la mandibule, s'explique par leur fragilité.

L'apparente bonne conservation du crâne est à mettre en relation avec la multitude de dents isolées qui témoignent de la présence de têtes dans la grotte mais aussi d'intenses phénomènes de fragmentation. De fait, compte tenu du NMI global établi sur les dents, le crâne « osseux » est relativement mal représenté malgré son association aux os longs : là encore, c'est dans la structure morphologique de l'os qu'il faut chercher une explication. Plus sensibles aux mécanismes de transport, piétinement, etc..., des ossements réputés fragiles de part leur structure subissent d'autant les phénomènes de fragmentation et/ou de fracturation. Leur diagnose est alors plus délicate ce qui justifie à la fois leur classement dans les groupes d'herbivores et leur faiblesse numérique. Il est également probable que leur point de fracture et les zones de fragilisation les aient rendus plus sensibles aux échanges de matière chimique ou organique, ce qui se traduit, comme nous allons le voir, par une perte notable en matériel protéique.

## 2.4. Critères biochimiques

### 2.4.1. Présentation

Le choix des échantillons osseux a été effectué selon trois axes :

– stratigraphique : nous avons prélevé un fragment au moins par couche ; pour les plus riches, nous avons prélevé trois ossements. Ceci nous a permis de couvrir 5,20 m. de remplissage avec 32 échantillons. Les ossements ont été prélevés de façon aléatoire, sans critère anatomique ou spécifique, notre seul souci ayant été de sélectionner des parties compactes, essentiellement des fragments de diaphyse, épais et bien conservés.

– anatomique : nous avons fixé notre choix sur le Cheval qui est une des espèces les mieux représentées. Notre seconde préoccupation a été de prélever un fragment au moins de chacun des principaux ossements. Ainsi dans le cas des carpes et torses, nous n'avons sélectionné qu'un seul os pour ne pas alourdir l'échantillonnage (n=16).

– par couche : il nous a semblé important de voir comment pouvaient se distribuer les résultats au sein d'un même niveau. A cette fin, nous avons sélectionné les couches F et F2 pour leur richesse en restes de Cheval (désormais seule espèce prélevée) et leur intérêt archéologique, en particulier dans les variations d'assemblages osseux. Dans ce cas, nous n'aurons aucune préoccupation anatomique, le but n'étant d'obtenir que des échantillons de n=30 spécimens par couche.

#### 2.4.2. Résultats

Nous ne nous pencherons pas ici sur les principes et méthodes utilisés pour ces analyses, les dites méthodes ayant déjà été décrites (Hare & Abelson 1968 ; Schroeder & Bada 1976). Par ailleurs, les modes opératoires suivis ont déjà fait l'objet d'une description détaillée (El Fouikar & Gardeisen 1994).

Les quantités d'acides aminés mesurées ont permis de déterminer trois complexes : un complexe inférieur à faibles quantités (moyenne = 5,86mg/g. d'os) situé sous la couche F1, un complexe moyen pour les couches F et F1 à fortes quantités (moyenne = 24,24mg/g. d'os) et un complexe supérieur qui présente des valeurs intermédiaires (moyenne = 11,41mg/g. d'os) pour les couches B, C et D. Les valeurs des couches F2 et F3 sont voisines l'une de l'autre quelle que soit la partie anatomique considérée (tab. 2). On observe des différences plus marquées dans la couche F où le radius, le fémur et le tibia s'individualisent par des valeurs particulièrement fortes par rapport à l'ensemble du squelette. On remarquera à ce titre que les données se comportent de la même manière dans l'échantillonnage stratigraphique pour ces mêmes ossements. De manière générale, les trois niveaux d'étude des protéines (racémisation, teneurs en acides aminés des deux points de vue stratigraphique et anatomique) indiquent une bonne corrélation entre la conservation et la profondeur (El Fouikar & Gardeisen 1994). Cependant, les variations des taux de racémisation de l'acide aspartique ne forment pas vraiment une séquence continue (coeff. de variation  $R=0,759$ ), ce que l'on explique par des périodes d'érosion ou de non dépôt. On considère donc l'existence de deux ensembles stratigraphiques séparés par la couche E où le complexe biochimique moyen (couches F-F1) s'individualise par des quantités d'acides aminés importantes. Il semble que la couche stérile E sus-jacente à ce complexe ait fait obstacle à toute circulation ou perturbation venant de la surface en le protégeant, ce qui a entraîné une meilleure conservation du matériel protéique. Cependant, les résultats anatomiques montrent que cette conservation optimale est spécifique des os longs et ne s'observe pas dans les autres couches. Il apparaît alors que la géochimie et l'âge du fossile ne sont plus les seuls responsables de cette différence qu'il est possible d'attribuer aux interventions des agents taphonomiques humains et animaux.

L'étude archéozoologique des chevaux montre que les squelettes sont conservés dans leur quasi intégralité bien que les fréquences de restes osseux par type anatomique varient d'une couche à l'autre. Malgré leur potentiel de conservation dû à leur robustesse et leur compacité, les os courts sont relativement moins bien représentés. Quant aux os plats du type scapula, coxal, mandibule, ou assimilés, tels que le crâne, les côtes et les vertèbres, ils restent peu représentatifs de la population initiale exprimée par le NMI global de couche. A travers un schéma global de conservation, chaque couche présente des cas particuliers. A ce niveau, l'étude biochimique parfait la vision archéozoologique en apportant un modèle de conservation complémentaire. Les os longs présentent les plus fortes concentrations en acides aminés (tab. 2). En terme de représentation anatomique, ce sont les plus nombreux et les plus représentatifs (voir les taux de représentation : TR). De fait, ces ossements sont porteurs de masses de viande qui génèrent la sélection effectuée par l'Homme dont les modes d'exploitation systématique de ces parties témoignent de choix raisonnés (Gardeisen



1994). L'humérus s'individualise au sein des os longs par une faible représentation numérique alors que sa teneur en protéines le place à la suite des autres os longs. Il présente les mêmes modèles d'exploitation « bouchère » et il semble que le déficit en nombre de restes s'explique par une plus grande sensibilité à la fracturation. Le même phénomène s'observe pour l'ulna qui a subi un traitement étroitement associé à celui du radius. Cependant, sa conservation en terme de NR et NMI est très faible à cause des problèmes de détermination anatomique et spécifique. D'un point de vue théorique, on devrait s'attendre à une équivalence entre radius et ulna. La faible teneur en protéines montre sa grande sensibilité aux agents d'altérations (néanmoins, ce résultat doit être considéré avec prudence car il est isolé).

Les os des extrémités des membres se regroupent dans un lot plus ou moins homogène. Ces ossements se caractérisent par leur robustesse et leur compacité, même s'ils appartiennent pour les métapodes et premières phalanges aux os longs et pour les carpiens, tarsiens, secondes et troisièmes phalanges aux os courts. Les taux d'acides aminés obtenus, homogènes d'une couche à l'autre, viennent appuyer ces constatations (tab. 2). Les différences observées en terme de représentativité (NR, NMI, TR) dans ces couches ne peuvent s'expliquer que par les modes d'exploitation des carcasses : la couche F se différencie de F2 et F3 par une activité carnivore plus forte (fig. 5) qui se traduit par un déficit en restes d'extrémités des membres. Dans les couches F2 et F3 où l'activité humaine domine, on note une bonne représentation du carpe et du métacarpe mais toujours de faibles fréquences des autres portions délaissées par l'Homme et appréciées des carnivores.

On a rassemblé dans un même groupe les ossements les moins bien conservés (scapulas, mandibules, vertèbres, côtes). Ces éléments se caractérisent par leur fragilité qui amplifie les processus de fragmentation et d'altération entraînant à la fois leur faiblesse numérique et leur perte notable en matière protéique. Le crâne est relativement bien représenté malgré la fragmentation dont il témoigne. La tête en effet se décompose en divers ossements dont les propriétés mécaniques induisent différents degrés de résistance aux altérations : ainsi, les NMI crâniens ont été établis à partir des os pétreux et des condyles occipitaux. Ceci justifie la valeur des taux de représentation (TR) qui rapprochent le crâne du groupe des os longs. Dans le cadre de l'analyse biochimique, c'est un fragment de maxillaire qui a été sélectionné et a donné un taux en protéines équivalent à celui des ossements les moins bien conservés (tels que scapulas, mandibules, vertèbres, côtes).

Le coxal montre quant à lui une bonne conservation en matière organique alors que sa représentation en restes et en individus est dérisoire. Sa rareté dans l'assemblage a été attribuée à l'abandon du bassin sur le lieu d'abattage.

## 2.5. Critères chimiques

### 2.5.1. Présentation

L'échantillonnage osseux destiné aux analyses chimiques se compose de 10 fragments extraits de la série stratigraphique (fragments de diaphyse d'os longs sans choix spécifique) et comprend les couches D, F, F1, F2, F3 et G. Les analyses ont porté sur le dosage des éléments suivants : phosphore, calcium, magnésium, sodium,

potassium, fer, aluminium et manganèse. En parallèle, six échantillons de sédiments appartenant à ces couches ont été traités : les résultats ne portent, pour des questions techniques, que sur P, Ca, Mg, Na et K. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 2 (en pourcentage) ; les valeurs théoriques correspondantes à un os frais y sont également indiquées.

### 2.5.2. Résultats

L'échantillonnage osseux permet d'individualiser la couche F qui présente des fréquences élevées en potassium et en fer par rapport aux autres couches. Il est intéressant de noter que d'après Lambert *et al.* (1979) cité par Price *et al.* (1985), ces éléments sont les plus significatifs des altérations post-dépositionnelles et que leurs quantités augmentent lors de la fossilisation. Il est donc tentant de faire le lien avec les taux de protéines élevés observés en F et d'en déduire que cette couche a bénéficié d'une minéralisation qui a favorisé le maintien des protéines dans l'os. Les données communes à l'os et au sédiment pour P, Ca, Mg, Na et K montrent certaines variations de leurs fréquences au sein de la stratigraphie. Les valeurs de P et de Ca sont plus élevées dans les ossements que dans les sédiments à l'inverse de K, Na et Mg, exception faite de la couche F dans laquelle le taux de sodium correspond au double de sa valeur théorique pour un os frais. En parallèle à cette forte proportion de sodium en F, cette couche se caractérise par des taux de calcium plutôt faibles dans l'os et le sédiment. Il semble que ces deux éléments soient les plus sensibles aux contextes géochimiques. Dans la couche F, les ossements ont particulièrement fixé le sodium alors que cet élément est retrouvé en proportions inférieures à la valeur théorique de l'os dans les autres niveaux. A l'inverse, le calcium paraît se maintenir autour de sa teneur théorique osseuse sauf dans la couche F. Le potassium, le magnésium et le phosphore sont quant à eux plus stables dans leur variation stratigraphique.

Les résultats obtenus sur les échantillons de sédiments appellent plusieurs remarques : on note de la couche F à la couche F1 une augmentation notable des quantités de CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, c'est-à-dire de calcium et de phosphore qui sont justement les éléments qui présentent des valeurs très faibles dans l'os. En parallèle, on constate que la quantité de Na<sub>2</sub>O augmente sensiblement de F à F1 (tab. 3 : de 1,17 à 1,51). Ces échanges, en particulier au niveau du calcium et du phosphore, sont significatifs de processus d'altération marqués. En fait, il semble bien que l'altération osseuse consiste en une accumulation de réactions générées, entre autres, par la présence d'eau, d'acide, d'oxygène, de bactéries et du calcium contenus dans les os et les sédiments (White & Hannus 1983). Lors de la dissolution du collagène, le calcium a été remplacé par d'autres éléments. L'originalité de l'échantillon de la couche F est d'avoir à la fois perdu du calcium et du phosphore, probablement entraînés par le ruissellement dans la couche F1, et tout en fixant du potassium, du fer, de l'aluminium et du manganèse.

La couche F a profité d'une part, de conditions de minéralisation qui ont favorisé la conservation des protéines en les fixant et a subi d'autre part, un lessivage important (à mettre en relation avec la mise en place de la couche E dans un contexte particulièrement humide) qui a entraîné certains éléments vers la couche F1, à savoir le calcium et le phosphore. L'eau de ruissellement, probablement très chargée en

sels de sodium, a permis la fixation de cet élément au niveau osseux (peut-être en remplacement du calcium et du potassium) mais également dans les sédiments des couches F et F1.

En fait, tous les résultats concordent pour voir en F et F1 un dépôt sédimentaire et archéologique qui s'individualise de l'ensemble du remplissage. Il est même probable, et l'étude des profils archéologiques le confirme (Deguillaume 1993), que F et F1 correspondent à un seul niveau d'occupation ; il formerait à lui seul un complexe qui aurait profité de conditions de conservation optimale (minéralisation, taux de protéines) d'autant plus préservé que l'épaisse couche E l'a protégé des perturbations postérieures. Enfin, du point de vue de la formation de l'assemblage, la couche F est le seul niveau qui présente une telle concurrence entre hommes et carnivores : elle s'individualise donc à tous niveaux d'analyse.

### **3. Comprendre un remplissage pléistocène par ses modèles de conservation osseuse**

Ces différentes approches de la conservation osseuse montrent qu'il n'y a pas de conservation-type pouvant proposer une échelle de valeurs juxtaposables à tout gisement mais une conservation propre à un niveau donné, voire à une « localisation horizontale donnée » (pour ne pas parler de couche), avec ses propres conditions géochimiques, archéozoologiques et environnementales. Dans le cas des remplissages archéologiques, les agents d'origine biologique bouleversent toutes les hypothèses de conservation « théorique » : ils consomment les chairs mais aussi fracturent les ossements dans le but de récupérer la moelle osseuse. Ces phénomènes engendrent une fracturation importante du matériel osseux à laquelle s'ajoutent les processus d'enfouissement et de fragmentation mécanique des restes déjà fragilisés (poids des terres, piétinement). Ceci implique que succèdent à cette conservation anatomique et événementielle des conservations d'ordre archéologique (ramassage des os à la fouille) et paléontologique (problèmes de détermination anatomique et spécifique des fragments). Le potentiel de conservation d'un os va donc bien au-delà d'une épiphysation précoce, d'un canal médullaire étroit, d'un tissu plus ou moins compact ou d'une extrémité plus ou moins spongieuse.

### **Remerciements**

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans les collaborations de Abderhamane El Fouikar et Joel Godineau que nous tenons à remercier pour leur participation active au-delà de la paille, lors de nombreux échanges sur le sujet. Les analyses chimiques ont été financées par le Service Régionale de l'Archéologie de Midi-Pyrénées grâce à l'initiative de Jacques Jaubert, Conservateur du Patrimoine. Enfin l'ensemble de ce travail n'aurait pu aboutir sans les encouragements et le soutien constant de : Eliane Béraud-Colomb, Soisik Voinchet-Zuili et Thierry Bismuth.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABELSON P.H. (1954), Paleobiochemistry, *Carnegie Inst. Wash. Yearb.*, 53, pp.97-101.
- BADA J.L., BROWN S.E. (1980), Amino acid racemization in living mammals : biochronological applications, *Trends in biochemical sciences*, 5, (9), september 1980, pp.3-5.
- BADA J.L., KVENVOLDEN K.A., PETERSON E. (1973), Racemization of amino acids in bones, *Nature*, 245, 12, pp.308-310.
- BALL G., SAINT MARTIN B., BERAUD-COLOMB E. (1987), A systematic study of the amino-acid compositions and D/L ratios in fossil bones from two Neandertalian sites, *Human Evolution*, 2, pp.289-296.
- BERAUD-COLOMB E. (1993), In: L. Meignen (Ed), Un habitat moustérien sur les Grands Causses : l'abri des Canalettes (Nantes, Aveyron), *Monographie du C.R.A.*, 10, CNRS, pp.147-157.
- BISMUTH Th. (1987), *Contribution à l'étude de l'industrie lithique du Portel, commune de Loubens, Ariège : Débitage expérimental du quartz*, D.E.A., Université Paul Valéry, Montpellier III, 39p.
- CHALINE J. (1977), Les Rongeurs et l'évolution des paysages et des climats au Pléistocène supérieur en France, In: Approche Ecologique de l'Homme fossile, *Suppl. Bull. AFEQ*, pp.161-170.
- DEGUILLAUME S. (1993), *Analyse spatiale des niveaux archéologiques de la grotte du Portel Ouest (Ariège) : création d'une base de données et d'un système d'exploitation*, Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine.
- DELPECH F., *et al.* (1983), Contribution à la lecture des paléoclimats quaternaires d'après les données de la paléontologie en milieu continental : quelques exemples de flores et de faunes d'Ongulés pris dans le Pléistocène supérieur d'Aquitaine, *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine*, n°34, Actes coll. AGSO Bordeaux, mai 1983, pp.165-177.
- EFREMOV I.A. (1940), Taphonomy : new branch of paleontology, *Pan. Amer. Geol.*, 2, 74, pp.81-93.
- EL FOUIKAR A. (1990), *Contribution à l'étude des ossements fossiles du Lazaret (Nice) : racémisation des acides aminés*, D.E.A., Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, 75p.
- EL FOUIKAR A., GARDEISEN A. (1994), Contributions de l'archéozoologie et de l'analyse biochimique à l'étude de la conservation osseuse dans le Pléistocène supérieur de la grotte du Portel (Ariège, France), *Quaternaire*, 5, 1, pp.3-11.
- GARDEISEN A. (1988), La Faune de la grotte Ouest du Portel : Premiers résultats, *Bull. de la S.P.F.*, 85, 9, pp.275-276.
- GARDEISEN A. (1994), *Restes fauniques et stratégies de chasse dans le Pléistocène supérieur de la grotte ouest du Portel (Ariège, France)*, Thèse de Doctorat, Université Paul Valéry, Montpellier III, 484p.

- GRUSELLE J.L. (1993), *Les restes humains moustériens de la grotte du Portel (Loubens, Ariège)*, D.E.A., Muséum d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine, 77p.
- GUERIN C. (1982), Première biozonation du Pléistocène européen, principal résultat stratigraphique de l'étude des *Rhinocerotidae (Mammalia, Perrissodactyla)* du Miocène terminal au Pléistocène supérieur d'Europe occidentale, *Géobios*, 15 (4), pp.593-598.
- GUERIN C. (1987), Biochronologie, In: J.Cl. Miskowsky (dir.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*, pp.930-935.
- GUERIN C., FAURE M. (1987), Grands Mammifères, In: J.Cl. Miskowsky (dir.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*, pp.801-830.
- HARE P.E., ABELSON P.H. (1968), Racemization of amino acids in fossil shells, *Carnegie Inst. Wash. Yearb.*, 66, pp.526-528.
- LAMBERT J.B., SZPUNAR C.B., BUIKSTRA J.E. (1979), Chemical analysis of excavated human bone from Middle and Late Woodland sites, *Archaeometry*, 21, pp.115-129.
- MARQUET J.Cl. (1989), *Paléoenvironnement et chronologie des sites du domaine atlantique français d'âge pléistocène moyen et supérieur d'après l'étude des rongeurs*, Thèse de doctorat d'Etat ès sciences naturelles, Université de Bourgogne, pp.295-304.
- MENZHI M. (1988), Contribution à l'étude sédimentologique du remplissage de la grotte du Portel (coupe du puits), *D.E.A. du Muséum National d'Histoire Naturelle, Institut de Paléontologie Humaine*, 55p.
- OLSON E.C. (1980), Taphonomy : its history and role in community evolution, In: A.K. Behrensmeyer & A.P. Hill, (Eds.), *Fossils in the making-vertebrate taphonomy and paleoecology, Prehistoric archaeology and ecology series*, University of Chicago press, pp.5-19.
- PARKER R.B., TOOTS H. (1980), Trace element in bones as paleobiological indicators, In: A.K. Behrensmeyer & A.P. Hill, (Eds.), *Fossils in the making-vertebrate taphonomy and paleoecology, Prehistoric archaeology and ecology series*, University of Chicago press, pp.197-207.
- POPLIN F. (1973), Interprétation ethnologique des vestiges animaux, In: collectif, *L'Homme, hier et aujourd'hui, Recueil d'études en hommage à A. Leroi-Gourhan*, Cujas, pp.345-354.
- PRICE T.D., SCHOENINGER M.J., ARMELAGOS G.J. (1985), Bone chemistry and past behavior : an overview, *Journal of human evolution*, 14, pp.419-447.
- SCHROEDER R.A., BADA J.L. (1973), Glacial-postglacial temperature difference deduced from aspartic acid racemization in bones, *Science*, 182, pp.479-482.
- SCHROEDER R.A., BADA J.L. (1976), A Review of the geochemical application of the amino acid racemization reaction, *Earth-science reviews*, 12, pp.347-391.
- SHIPMAN P. (1981), *Life history of a fossil : An Introduction to taphonomy and paleoecology*, Harvard University Press, 222p.

- VEZIAN J. (1989), Les Fouilles à l'entrée du Portel Ouest (Loubens, Ariège): Stratigraphie générale et passage du Paléolithique moyen au Paléolithique supérieur, *Bull. Soc. Préh. de l'Ariège*, 44, pp.225-261.
- WHITE E.M., HANNUS L.A. (1983), Chemical weathering of bone in archaeological soils, *American antiquity*, 48, 2, pp.316-322.

Tableau 1. Mesures des densités osseuses par couche.

DENSITE/strati	B	C	D	E	F	F1	F2	F3	G
Nb	100	79	100		100	100	100	100	100
Minimum	0.34	1.04	1.16		1.26	1.1	0.7	0.97	1.02
Maximum	5.06	4.55	3.86		6.55	3.19	2.73	3.38	3.3
<i>Moyenne</i>	<i>1.99</i>	<i>1.95</i>	<i>2.18</i>		<i>2.36</i>	<i>1.87</i>	<i>1.57</i>	<i>1.65</i>	<i>2.05</i>
Ecart-type	0.62	0.6	0.46		0.92	0.43	0.31	0.41	0.44
Variance	0.39	0.36	0.22		0.86	0.18	0.1	0.17	0.2
Corrélation masse/volume	0.812	0.864	0.845		0.906	0.816	0.795	0.915	0.906

Tableau 2. Représentation en NR / NMI et analyse biochimique des différents types d'ossements de chevaux.

CHEVAL anatomie	F (NMI global=6)		Quantité AA en mg/g d'os		F2 (NMI global=36)		Quantité AA en mg/g d'os		F3 NMI global=10		Quantité AA en mg/g d'os	
	%NR	NMI	TR		%NR	NMI	TR		%NR	NMI	TR	
crâne	13.8	4	66.7	3.42	6.9	8	22.2		8.6	7	70	
mandibule (os)	3.1	1	16.7	1.52	3.1	4	11.1	0.235	6	3	30	2.4
vertèbre	4.6	1	16.7	1.9	4.4	2	5.6		6	1	10	3.54
côte	1.5	1	16.7	1.79	1.9	1	2.8		2.4	1	10	3.24
scapula	1.5	1	16.7	3.17	0.4	3	8.3	3.1	0.7	2	20	4.88
humérus	6.2	2	33.3	8.24	7.3	8	22.2	6.81	6.4	5	50	8.67
radius	7.7	2	33.3	14.63	12.1	30	83.3	7.24	9.5	9	90	8.73
ulna	1.5	1	16.7	4.71	2.5	9	25	3.35	2.2	7	70	
carpe	1.5	1	16.7	7.56	10.5	14	38.9	3.7	13.7	9	90	8.55
métacarpe	4.6	2	33.3	6.82	6.8	12	33.3	5.83	8.6	6	60	7.52
coxal					0.1	1	2.8	4.18	0.4	2	20	6
fémur	13.8	5	83.3	21.24	14.8	24	66.7	8.55	10.8	8	80	9.22
tibia	21.5	4	66.7	12.36	10.2	25	69.4	6.72	8.6	9	90	7.73
tarse	1.5	1	16.7		3.9	7	19.4	7.58	1.3	2	20	
métatarse	6.2	2	33.3	6.75	3.4	7	19.4	6.25	3.8	3	30	6.3
phalange I	3.1	1	16.7		4.5	8	22.2	4.75	3.5	4	40	5.48
phalange II	3.1	1	16.7		1.4	3	8.3	5.54	1.1	2	20	
phalange III					1.1	4	11.1		1.1	2	20	5.65
<b>NR os/couche</b>	<b>65</b>				<b>910</b>				<b>452</b>			

Tableau 3. Fréquences des éléments chimiques analysés dans les ossements et les sédiments.  
Analyse M.J. Godineau, Université de Provence, Centre Saint Charles, Marseille

% Os	D	F	F1	F1	F2	F2	F2	F3	F3	G	Os frais
P	10.09	6.83	10.12	9.33	12.5	9.03	9	9.73	9.66	6.9	15.95
Ca	31.2	25.89	34.14	34.6	34.58	35.53	31.22	36.24	34.21	32.51	34.32
Mg	0.042	0.106	0.042	0.039	0.04	0.049	0.053	0.047	0.049	0.049	0.55
Na	0.305	1.15	0.188	0.2	0.189	0.203	0.287	0.185	0.26	0.271	0.62
K	0.031	0.114	0.032	0.028	0.025	0.028	0.105	0.03	0.04	0.037	0.06
Fe	0.033	0.531	0.08	0.031	0.042	0.04	0.201	0.083	0.205	0.127	
Al	0.021	0.987	0.081	0.036	0.057	0.074	0.44	0.156		0.076	
Mn	0.022	0.085	0.015	0.006	0.012	0.011	0.015	0.02	0.024	0.034	

## Sédiments

%	D	F	F1	F2	F3	G
P	1.27	1.48	2.78	2.19	1.89	0.99
Ca	23.2	21.7	29.61	26.25	20.289	31.01
Mg	0.48	0.24	0.16	0.19	0.23	0.31
Na	0.45	0.87	1.12	0.28	0.79	0.79
K	0.88	0.93	0.88	0.91	0.89	0.71
Fe						
Al						
Mn						
Oxydes						
SiO2	36.41	36.4	23.87	27.09	35.96	15.5
CaO	32.48	30.43	41.46	36.75	29.25	43.42
MgO	0.32	0.4	0.26	0.32	0.38	0.51
Al2O3	7.04	7.3	5.98	7.3	8.77	6.03
Fe2O3	2.29	2.83	1.88	2.63	2.7	1.27
P2O5	2.91	3.4	6.37	5.01	4.32	2.27
SO3	0.4	0.16	0.21	0.05	0.08	0.33
Na2O	0.61	1.17	1.51	0.38	1.07	1.07
K2O	1.06	1.12	1.06	1.1	1.08	0.85
MnO	0.078	0.062	0.039	0.07	0.096	0.024



Fig 1. Stratigraphie du Portel ouest : coupe transversale (échelle / 50 cm).

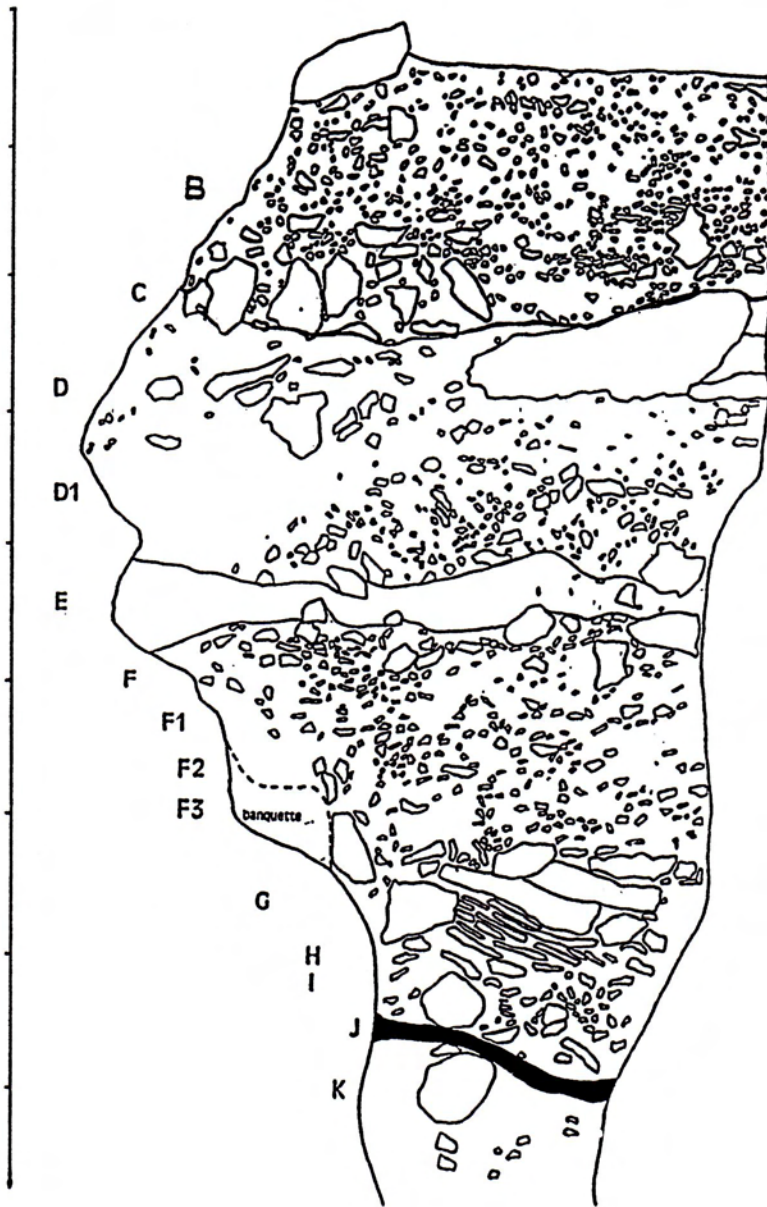


Fig 2. Evolution stratigraphique des marques d'origine mécanique ou physico-chimique.

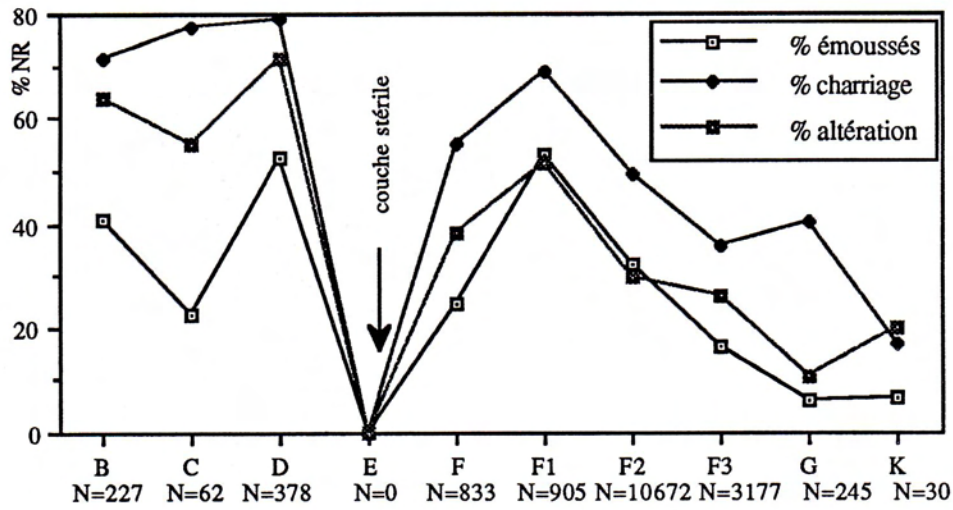


Fig 3. Relation entre restes osseux lustrés, émoussés et roulés.

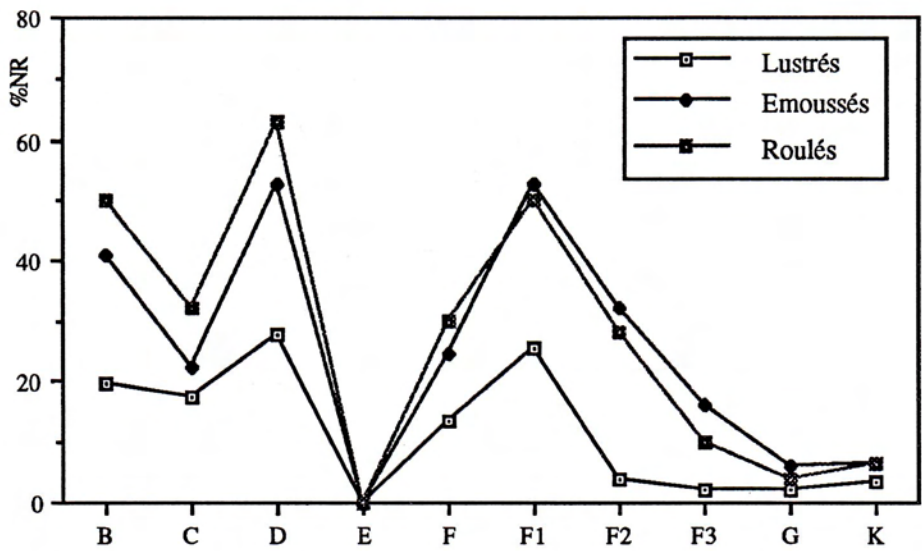


Fig 4. Détail des observations macroscopiques relatives aux phénomènes d'émoussés.

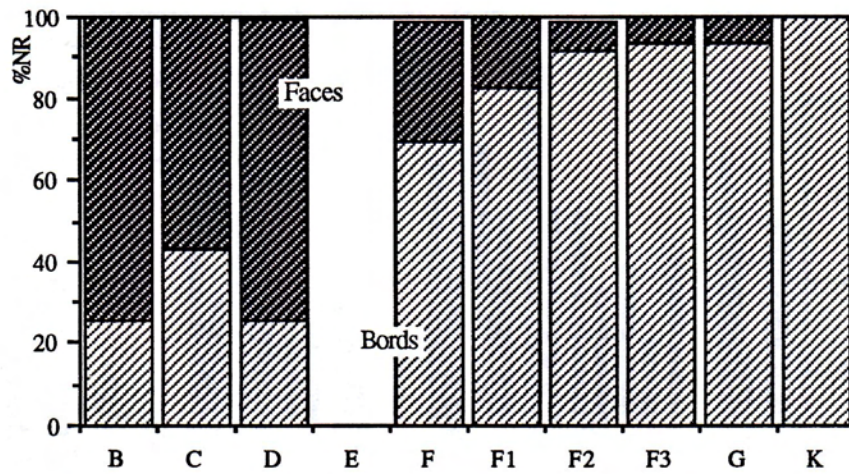


Fig 5. Evolution stratigraphique des marques d'origine biologique.

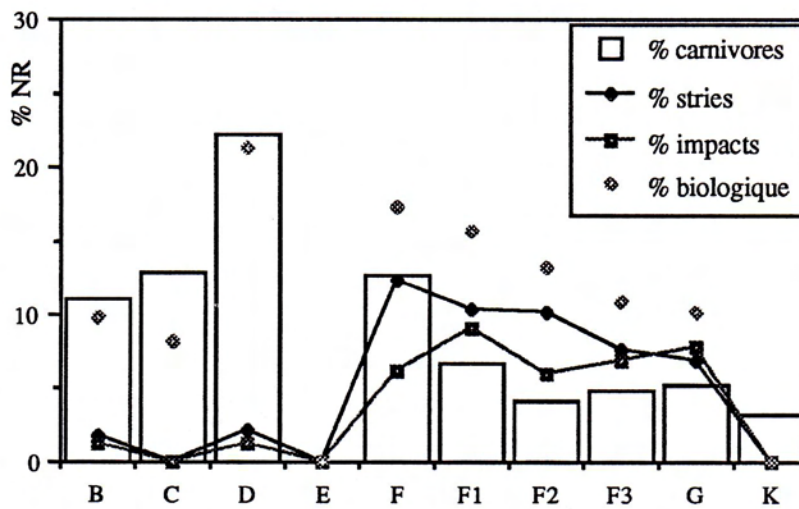


Fig 6. Taphonomie des restes osseux de chevaux.

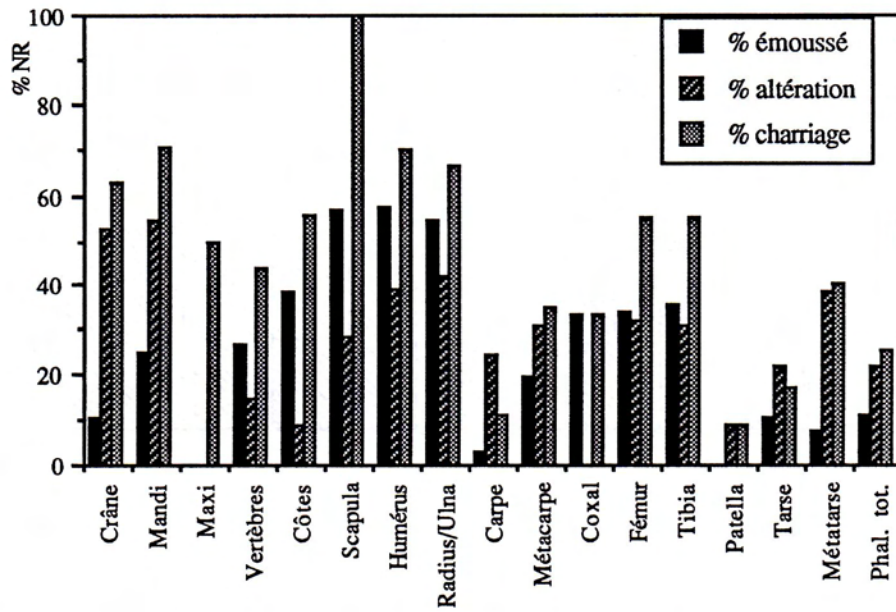


Fig 7. Conservation anatomique des restes de chevaux (couches F, F2 et F3).

