



Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Palevol 4 (2005) 203–208



<http://france.elsevier.com/direct/PALEVO/>

Paléontologie systématique (Paléontologie des Vertébrés)

Caractérisation d'une taphocoenose médiolittorale moderne à méso-mammifères terrestres

Frédéric Laudet ^{a,*}, Pierre-Olivier Antoine ^b

^a *Unité toulousaine d'archéologie et d'histoire (UTAH), université de Toulouse-Le Mirail, 5, allées Antonio-Machado, 31058 Toulouse cedex 1, France*

^b *Équipe de géodynamique, LMTG, Institut des sciences de la Terre, 14, av. Édouard-Belin, 31400 Toulouse, France*

Reçu le 10 juillet 2004 ; accepté le 9 novembre 2004

Disponible sur internet le 22 décembre 2004

Rédigé à l'invitation du Comité éditorial

Résumé

Des observations néotaphonomiques ont été effectuées sur 47 os et dents de vertébrés déposés sur une plage de la côte crétoise (baie d'Almiros). Les échantillons récoltés appartiennent à des mammifères terrestres modernes, auxquels s'ajoute une esquille fossile. Tous sont abrasés selon une intensité variable par le transport aquatique. Les restes les plus modifiés sont les plus nombreux ($n = 28$). La capacité de ces milieux littoraux à rassembler les restes de taxons terrestres est soulignée. Ces observations apportent quelques indices pour suggérer la présence de remaniements à partir du type d'élément squelettique et du degré d'abrasion des restes fossiles roulés. **Pour citer cet article : F. Laudet, P.-O. Antoine, C. R. Palevol 4 (2005).**
© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Characterisation of a modern taphocoenosis with terrestrial mammals in a mediolittoral setting. Neotaphonomic observations have been made on 47 vertebrate osteological remains recovered from a beach (Crete, Almiros Bay). Bones and teeth are those of modern terrestrial mammals, excepted one fossil flake of bone. The whole bones are abraded by transport under water according to different degrees. The most rounded remains are also the most numerous ones ($n=28$). The ability of these environments to accumulate remains of terrestrial taxa is underlined. These observations bring some clues according to the kind of skeletal element and the degree of rounding of remains in order to suggest the presence of reworking within fossil assemblages. **Pour citer cet article : F. Laudet, P.-O. Antoine, C. R. Palevol 4 (2005).**
© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Plage ; Néotaphonomie ; Mammifères ; Os ; Abrasion ; Remaniement

Keywords: Beach; Neotaphonomy; Mammals; Bones; Abrasion; Reworking

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : fred.laudet@voila.fr (F. Laudet), poa@lmtg.obs-mip.fr (P.-O. Antoine).

1. Introduction

La présence d'organismes fossiles connus pour (ou supposés) avoir vécu dans un biotope, une région ou encore une période très différent(e) de celui (celle) reflété(e) par le faciès (et/ou sa localisation géographique) au sein duquel ils sont préservés a grandement contribué au développement de la paléontologie. Elle a aussi généré, par définition, les premières études taphonomiques [4], car son interprétation passe nécessairement par une argumentation sur l'origine des espèces allochtones. Dans le cas particulier des restes d'animaux strictement continentaux déposés en milieu marin, les considérations d'ordre taphonomique sont d'autant plus pertinentes qu'il s'agit d'établir l'âge des formations géologiques à partir de ce type de fossiles. Ainsi, des éléments squelettiques en connexion anatomique vont plaider pour une contemporanéité avec la matrice sédimentaire dans laquelle ils sont enfouis. En revanche, des conclusions similaires à partir de restes isolés apparaissent beaucoup plus hasardeuses, notamment pour les formations qui témoignent de milieux agités, lesquelles érodent les séries sédimentaires sous-jacentes et mobilisent leurs fossiles vers le littoral (cf. les exemples actuels des gisements éocènes ambrifères de la Baltique, ou des fossiles pléistocènes de la mer du Nord). Ces remaniements s'avèrent, en effet, difficiles à apprécier à partir des modifications osseuses seules, du moins selon quelques études sur le registre fossile [2,5,7,15], car peu d'observations relatives à la préservation des restes de vertébrés actuels sont encore disponibles [1] : l'évolution taphonomique des éléments squelettiques déposés sur les fonds marins demeure quasi inconnue. Ce déficit de données est surtout lié à des raisons logistiques, du fait du lourd investissement que demande le suivi régulier de carcasses sous une tranche d'eau importante [1]. À défaut, l'étude de dépôts secondaires en domaine médiolittoral ou sublittoral permet d'accéder en partie à ces informations via les ossements déposés par la houle ou les courants marins, même si la forte anthropisation des environnements littoraux rend également difficile l'exhaustivité et le suivi à long terme des échantillons. C'est ainsi qu'une récolte fortuite de plusieurs dizaines de restes squelettiques répartis le long d'une plage crétoise nous a permis d'entreprendre une telle étude pour appréhender les signaux taphonomiques délivrés par un tel assemblage.

2. Matériel et méthode

Un échantillonnage a été effectué en septembre 2001 sur une plage de la côte septentrionale de la Crète, entre Rethymnon et Georgioupoli (province de Rethymnon, baie d'Almiros) sur une surface d'environ 25 000 m² (1000 m de grève, sur 25 m de large en moyenne). La récolte a été systématique pour tous les restes attribuables à des vertébrés dans l'étage médiolittoral, soit 47 spécimens isolés numérotés RTY1 à RTY 47. Dans la mesure du possible, l'appartenance taxinomique de chacune des pièces a été déterminée au moins au niveau générique, et les os du squelette appendiculaire ont été latéralisés. Cette étude taphonomique a pris en compte des indices essentiellement descriptifs (fragmentation, abrasion, traces) accessibles à l'œil nu. Le degré variable d'abrasion des éléments, indépendamment de la fragmentation, a permis de répartir ces derniers au sein de quatre catégories, C1, C2, C3 et C4, correspondant à une intensité croissante des modifications physiques. Ces regroupements sont sensiblement équivalents à ceux déjà proposés par Cook [5] :

- C1 : la surface de l'os et les parties anguleuses sont peu ou non abrasées ; les cassures apparaissent fraîches ; les dents sont intactes ;
- C2 : la majeure partie de la surface des os est lisse et blanchie, leurs portions anguleuses montrent une légère érosion ; les fragments d'os longs et de métapodes sont encore riches en os spongieux ; les dents ne sont pas abrasées ;
- C3 : la surface entière de l'os est lisse ou présente un aspect « cabossé » ; les parties anguleuses et les cassures sont modérément arrondies par l'abrasion ; les os longs et les métapodes brisés apparaissent creux ; les racines des dents isolées sont arrondies par l'abrasion ;
- C4 : l'abrasion des restes est importante, les parties anguleuses et articulaires sont très émoussées, ainsi que l'émail des dents (isolées) et, surtout, la dentine et la racine de ces dernières, presque entièrement érodées.

3. Résultats

3.1. Représentation et fragmentation (Tableau 1)

Les restes osseux appartiennent tous à des mammifères terrestres. Les taxons dominants parmi les restes

Tableau 1

Représentation (*n*) et fragmentation (cp = complet) des éléments squelettiques selon l'intensité de leur abrasion (catégories C1 à C4)Skeletal-element representation (*n*) and fragmentation (cp = complete element) according to the intensity of their abrasion (categories C1 to C4).

	C1		C2		C3		C4		total	
	<i>n</i>	cp								
Crâne	1								1	
Mandibule	2		1	1	1				4	1
Molaire							3	3	3	3
Humérus			3						3	
Radius					2		1		3	
Tibia			1		1		1		3	
Os long indet					5		1		6	
Métacarpe			1	1	5	1	1	1	7	3
Métatarse			1	1	2				3	1
Métapode indet			1						1	
Phalange			1	1	1				2	1
Pelvis			1						1	2
Talus							2	2	2	
Côte	1		2		1				4	
Vertèbre	3	1							3	1
Os indet					1				1	
Total	7	1	12	4	19	1	9	6	47	12

déterminés (NRD = 35) sont, par ordre décroissant : *Ovis* (*n* = 31), *Canis* (*n* = 3), *Sus* (*n* = 1). Un minimum de six individus (dont quatre *Ovis*) a été estimé.

Les os des membres sont de loin les plus nombreux (*n* = 30 : 15 os longs, 11 métapodes, deux phalanges et deux talus). Les éléments crâniens sont représentés par deux mandibules d'*Ovis*, avec respectivement trois molaires/une prémolaire et une molaire (Fig. 1.2) enracinées, deux fragments de mandibules édentées, trois molaires inférieures isolées (par exemple, Fig. 1.6) et un demi-crâne de *Canis*. Seules trois vertèbres et quatre fragments de côtes représentent le squelette axial d'un ou plusieurs individus. Un seul os de ceinture (pelvis) a été récolté.

Neuf éléments osseux sont intacts (*n* = 6) ou à peine abîmés (*n* = 3) (Tableau 1 ; Fig. 1.1 et Fig. 1.7), tandis que les trois molaires isolées (par exemple, Fig. 1.6) et les trois molaires fixées (Fig. 1.2) sont toutes complètes, hormis une forte abrasion des premières (cf. § suivant). À l'exception de deux échantillons, les diaphyses ou les fragments d'os longs et de métapodes demeurent cylindriques, avec des cassures en général subcirculaires. Une seule de ces diaphyses est fendue transversalement. Sur les deux esquilles indéterminées, l'une traduit un stade de diagenèse avancé par le

biais d'une forte minéralisation (Fig. 1.4), induisant ainsi la présence d'un reste fossile parmi l'échantillonnage.

3.2. Indices tracéologiques

Aucune trace relative à l'action de prédateurs ou de charognards (trace de morsures, digestion) terrestres, ni même l'impact ou la présence d'organismes marins, ne sont décelables à la surface des os. Nulle trace liée à une activité humaine (découpe, combustion) n'est également évidente. Pour ce qui est de l'intempérisation (modifications par exposition à l'air libre), une dizaine d'ossements se singularisent par une desquamation et le blanchiment de leur surface, devenue légèrement rugueuse (par exemple, Fig. 1, métatarses Fig. 1.1 et mandibule Fig. 1.2), sans doute du fait d'une exposition prolongée au soleil. Tous les autres éléments récoltés présentent une surface lisse, d'une couleur blanche laiteuse.

Une abrasion minimale caractérise tous les éléments récoltés, classés selon les quatre catégories précédemment définies. L'intensité de l'abrasion est importante (catégories 3 et 4) pour plus de la moitié des échantillons (*n* = 28, dont 22 os des membres et les trois molaires isolées) (Fig. 1.1, Fig. 1.3 à Fig. 1.7).



Figure 1.1A

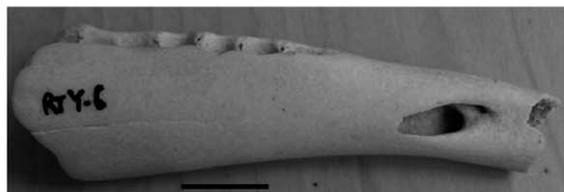


Figure 1.3

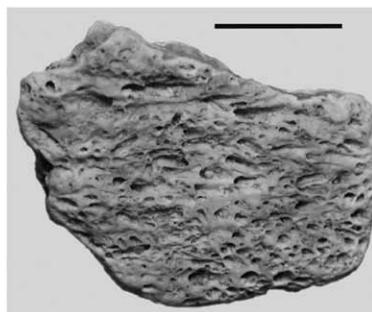


Figure 1.4



Figure 1.1B

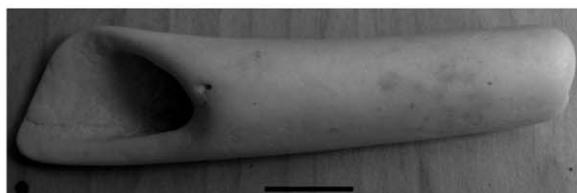


Figure 1.5

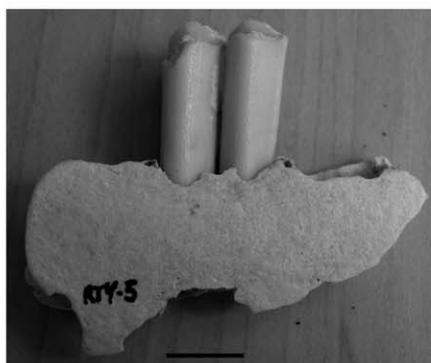


Figure 1.2



Figure 1.6



Figure 1.7

Les os les moins modifiés (C1, $n = 7$) rassemblent surtout des os par définition assez fragiles (os du crâne, vertèbres, côtes : $n = 5$), tandis que les plus abrasés (C4) sont majoritairement des éléments denses et de petite taille (talus, dents, esquilles : Fig. 1.4 à Fig. 1.7), et/ou des os robustes de morphologie cylindrique et oblongue (os longs, métapodes : C3).

4. Discussion

Les études néotaphonomiques sur les mammifères en milieu littoral et strictement marin ont surtout concerné les espèces marines [1, 11, 14]. Les considérations taphonomiques pionnières de d'Orbigny sur le transport des cadavres de mammifères domestiques par les rivières vers les estuaires [12] ou la justification par Cuvier de ses hypothèses catastrophistes par la présence de restes de mammifères en milieu marin (enfouis par une transgression rapide) [6] traduisent malgré tout un intérêt ancien pour ce type d'association paléontologique. L'étude des mammifères marins a montré que le domaine médiolittoral pouvait accumuler en grande quantité les restes de vertébrés, si les conditions environnementales, biologiques (action moindre des charognards) et sédimentologiques (enfouissement rapide) étaient favorables [11]. La grande majorité des carcasses étudiées est néanmoins issue de cadavres échoués sur les plages, probablement à la suite de tempêtes, soit un contexte différent de celui observé à Almiros. Il est, en revanche, probable qu'une partie des mammifères représentés, voire tous, a d'abord été déposée en mer sous la forme d'individus complets ou de (restes) de carcasses via les nombreux ruisseaux perpendiculaires à la côte (une embouchure tous les 500 m en moyenne [13]) : un ruisseau partage d'ailleurs la zone de prélèvement en deux parties sensiblement égales. L'absence de traces évidentes de boucherie, nécrophagie, préda-

tion, de même que la présence de taxons domestiques abondants sur l'île, tend également à privilégier l'hypothèse d'une mobilisation rapide de cadavres de l'île vers le large, où ils se déposent et se décomposent. Le squelette mis à nu est alors désarticulé et ses éléments détruits ou ré-élaborés par des courants sur le fond, jusqu'à leur rejet éventuel par les tempêtes sur la plage. L'absence directe (colonies) ou indirecte (traces) d'invertébrés marins à la surface des os peut traduire leur (re)déposition rapide sur le rivage et/ou un déplacement fréquent des restes sur le sol marin, ainsi qu'un éventuel enfouissement des restes sous le sable.

Nous n'avons pas eu accès au laps de temps entre le dépôt des premiers restes et les plus récents, mais leur bon état global de conservation suggère un délai relativement faible, de quelques mois à quelques années, et sans doute beaucoup moins. Toutes ces observations, originales, soulignent ainsi la capacité des milieux littoraux à rassembler un nombre conséquent de restes isolés de vertébrés issus, en l'occurrence, de taxons exclusivement terrestres. L'origine secondaire des éléments squelettiques signifie également la forte capacité du domaine marin à rassembler et à préserver, en premier lieu, un important matériel osseux issu du continent, qu'il soit ou non ultérieurement remobilisé vers les plages par le jeu de la houle. La présence d'un spécimen ancien parmi un échantillonnage de restes actuels, au demeurant peu important, rappelle la propension de ces milieux de dépôt à rassembler localement des éléments non contemporains. L'existence de ce fossile n'est d'ailleurs pas si surprenante, puisque de nombreux mammifères pléistocènes ont été découverts dans cette région de la Crète [13]. Néanmoins, une forte amplitude de l'intensité d'abrasion associée aux os d'un assemblage ne permet pas d'y associer systématiquement un diachronisme (biochronologiquement parlant) significatif des fossiles ou de la matrice sédimentaire. Le comportement des échantillons miné-

Fig. 1. Toutes les échelles sont de 1 cm. **1** : Métapodes complets d'*Ovis*, illustrant, de droite à gauche, les degrés d'abrasion respectifs C2, C3, C4 (RTY 26, RTY 17, RTY 16). **1b** : Détail des épiphyses distales. **2** : Fragment de mandibule d'*Ovis* (intensité d'abrasion C1), avec molaire toujours enracinée (RTY 5). **3** : Fragment proximal d'une mandibule juvénile d'*Ovis*, intensité d'abrasion C3 (RTY 6). **4** : Esquille indéterminée fossile, intensité d'abrasion C4 (RTY 43). **5** : Diaphyse de radius, intensité d'abrasion C4 (RTY 36). **6** : Molaire inférieure d'*Ovis*, intensité d'abrasion C4 (RTY 2). **7** : Talus (astragale) d'*Ovis*, intensité d'abrasion C4 (RTY 30).

Fig. 1. All scales: 1 cm. **1**: Complete metapodials of *Ovis*, underlining, from right to left, the respective degrees of abrasion C2, C3, C4 (RTY 26, RTY 17, RTY 16). **1b**: Detail of the distal epiphysis. **2**: Mandible fragment of *Ovis* (degree of abrasion C1), with molar still rooted (RTY 5). **3**: Proximal fragment of a juvenile mandible of *Ovis*, degree of abrasion C3 (RTY 6). **4**: Undetermined flake of bone, degree of abrasion C4 (RTY 43). **5**: Diaphysis of radius, degree of abrasion C4 (RTY 36). **6**: Lower molar of *Ovis*, degree of abrasion C4 (RTY 2). **7**: Astragalus of *Ovis*, degree of abrasion C4 (RTY 30).

ralisés face au transport est encore mal connu, mais il semblerait que ces derniers soient plus sensibles à l'abrasion que les éléments frais [5,8]. À terme, un remaniement pourrait donc se traduire, dans certains cas, par une prépondérance assez logique d'os très roulés parmi les plus robustes, tels ceux observés au sein des catégories 3 et 4 (dents, phalanges, talus, esquilles d'os longs et de métapodes). Quelques exemples issus du registre fossile en contexte continental et marin où le transport aquatique, voire le remaniement, est suggéré ou évident (par exemple, faluns de Touraine ([3] et obs. pers.), phosphorites du Quercy [9,10]) présentent en effet des particularités taphonomiques assez similaires. Toutefois, les différents agents et processus taphonomiques conditionnant à la fois l'origine et le transport des restes, puis leur préservation au cours du temps, sont nombreux et complexes. Dans le cas présent, ils le sont d'autant plus, qu'ils interviennent au sein de contextes environnementaux multiples (continent, mer, plage) et en constante interaction. Aussi, seules des études ultérieures plus amples, à la fois sur des échantillons modernes et sur le registre fossile, permettront de dégager les réelles significations sédimentaires, biochronologiques, paléogéographiques (proximité de la côte), voire paléoécologiques, de ce type d'assemblage.

Remerciements

L'échantillonnage des restes présentés ici a bénéficié de la collaboration d'Emeline Sarot. Pascal Tassy et Romain Vullo ont contribué à la révision de ce manuscrit.

Références

- [1] P.A. Allison, C.R. Smith, H. Kukert, J.W. Deming, B. Benett, Deep-water taphonomy of vertebrate carcasses: a whale skeleton in the bathyal Santa Catalina Basin, *Paleobiology* 17 (1991) 76–89.
- [2] S. Argast, J.D. Farlow, R.M. Gabet, D.L. Brinkman, Transport-induced abrasion of fossil reptilian teeth: Implications for the existence of Tertiary dinosaurs in the Hell Creek Formation, Montana, *Geology* 15 (1987) 927–930.
- [3] E. Buffetaut, D. Pouit, P. Taquet, Une dent de dinosaure ornithopode remaniée dans les faunes miocènes de Doué-Donica (Maine-et-Loire), *C. R. somm. Soc. géol. France* 5 (1980) 200–202.
- [4] G.C. Cadée, The history of taphonomy, in: S.K. Donovan (Ed.), *The processes of fossilization*, Belhaven Press, London, 1991, pp. 3–21.
- [5] E. Cook, Taphonomy of two non-marine Lower Cretaceous bone accumulations from southeastern England, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 116 (1995) 263–270.
- [6] G. Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes, où l'on rétablit les caractères de plusieurs espèces d'animaux que les révolutions du globe paraissent avoir détruites*, Detreville, Paris, 1812.
- [7] J.G. Eaton, J.L. Kirkland, K. Doi, Evidence of reworked Cretaceous fossils and their bearing on the existence of reworked tertiary dinosaurs, *Palaïos* 4 (1989) 281–286.
- [8] Y. Fernandez-Jalvo, P. Andrews, Experimental effects of water abrasion on bone fragments, *J. Taphon.* 1 (2003) 147–163.
- [9] F. Laudet, *Caractérisation taphonomique des gisements oligocènes karstiques à petits vertébrés fossiles des phosphorites du Quercy*, thèse, université Montpellier-2, 2000, 219 p.
- [10] F. Laudet, C. Denys, Y. Fernandez-Jalvo, Taphonomie des vertébrés oligocènes de Pech Crabit (Phosphorites du Quercy). Implications géodynamiques et paléoécologiques des remaniements *post-mortem*, *Geobios*, m.s. 20 (1997) 307–314.
- [11] P.M. Liebig, A.T. Ta-Shana, K.A. Flessa, Bones on the beach: marine mammal taphonomy of the Colorado Delta, Mexico, *Palaïos* 18 (2003) 168–175.
- [12] M.A. d'Orbigny, *Cours élémentaires de paléontologie et de géologie stratigraphique*, vol. 1, Masson, Paris, 1849.
- [13] N. Poulalakis, M. Mylonas, P. Lymberakis, C. Fassoulas, Origin and taxonomy of the fossil elephants of the island of Crete (Greece): problems and perspectives, *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 186 (2002) 163–183.
- [14] W. Schäfer, Fossilisations-Bedingungen der Meersäuger und Vögel, *Senckenb. Lethaea* 36 (1955) 1–25.
- [15] C.N. Trueman, M.J. Benton, A geochemical method to trace the taphonomic history of reworked bones in sedimentary settings, *Geology* 25 (1997) 263–266.