



HAL
open science

Datations radiométriques de l'extinction des grandes faunes pléistocènes au Pérou.

Christophe Falguères, Michel Fontugne, Claude Chauchat, Jean-Luc Guadelli

► **To cite this version:**

Christophe Falguères, Michel Fontugne, Claude Chauchat, Jean-Luc Guadelli. Datations radiométriques de l'extinction des grandes faunes pléistocènes au Pérou.. Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1994, 319 (II), pp.261-266. halshs-00411200

HAL Id: halshs-00411200

<https://shs.hal.science/halshs-00411200>

Submitted on 27 Aug 2009

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.

Datations radiométriques de l'extinction des grandes faunes pléistocènes au Pérou

Christophe Falguères, Michel Fontugne, Claude Chauchat et Jean-Luc Guadelli

C.R. Acad. Sci. Paris,
t. 319, série II,
p. 261 à 266,
1994

Résumé Les restes osseux découverts dans les gisements paléontologiques à grands mammifères du Pérou ont pu être datés par la méthode fondée sur les déséquilibres de la famille de l'uranium ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$). L'extinction de cette grande faune coïncide avec la fin du Pléistocène et le début de la déglaciation (15-16 000 ans Cal BP). La chronologie et les fouilles menées dans les gisements paijaniens montrent que les groupes humains préhistoriques au Pérou ne semblent pas avoir joué un rôle significatif dans cette extinction qui semble être la conséquence de changements climatiques importants dans cette région.

Mots-clés : Méga-faune, Paijaniens, Méthode U-Th, Pérou, Pléistocène.

C. F. : Institut Paléontologie Humaine,
1, rue R.-Panhard, 75013 Paris, France ;

M. F. : Centre des Faibles
Radioactivités,
Laboratoire Mixte CNRS/CEA, domaine
du CNRS,
91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France ;

C. C. et J.L. G. : UMR-9933, Milieux
Techniques et Cultures,
Université Bordeaux-I, avenue des
Facultés,
33405 Talence Cedex, France.

Abstract Radiometric dating of the extinction of the large Pleistocene fauna in Peru

The discovery in northern Peru of fossil deposits belonging to large mammals allows the dating of the extinction of this fauna. The method based on disequilibrium within the uranium family ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) was used. The extinction occurred at the end of the Pleistocene (15-16 kyrs Cal BP) and is contemporaneous with the beginning of the deglaciation. Moreover, this dating, compared with results of excavations of palaeo-Indian "Paiján" sites, indicates that human groups in Peru did not play a significant role in the extinction of this large fauna.

Keywords : Large fauna, Paijaniens, Uranium-series, Peru, Pleistocene.

**Abridged
English
Version**

INTRODUCTION

At the end of the Pleistocene, the large mammalian fauna (mastodonts, camelids, horses, giant sloths etc.) died out over the whole American continent. This extinction appears to be contemporaneous with the last deglaciation and also the arrival of prehistoric human groups. On the northern Peruvian coast, between irrigated Chicama and Jequetepeque valleys (7°30' south) fossil remains attributed to this Pleistocene megafauna were excavated as well as archaeological living sites and chipping floors of the first human groups associated with the palaeo-Indian stage. Two hypotheses are envisaged to account for these extinctions: hunting pressure on the part of palaeo-Indian groups and various factors having their origin in climatic changes during the deglaciation at the end of the Pleistocene

and the onset of Holocene conditions. Association of megafauna and Early Man has sometimes been supposed. This Note presents new chronological data for the megafauna extinction on the north coast of Peru that are compared with these obtained for the excavations of the palaeo-Indian "Paiján" sites.

RADIOMETRIC ANALYSIS

Five samples of bone remains were dated using the disequilibrium within the uranium family ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) according to the procedure defined by Ku (1966) and Bischoff *et al.* (1988) and using the constants of radioactive decay from Ivanovich and Harmon (1982). Results are reported in table. The ages range between 15 and 26 kyrs BP, bar sample 8518 in Piura which is significantly older given its origin in

Note

présentée par
Yves Coppens.

remise le 14 mars 1994,
acceptée le 18 avril 1994.

old terraces eroded during the El Niño event in 1983.

DISCUSSION

In northern Peru, these results indicate that this large fauna died out before the arrival of Man. The oldest Paiján settlements were dated at Cupisnique between $10,200 \pm 180$ [12,380, 11,010 yr Cal BP] and $10,640 \pm 260$ years BP [13,129; 11,275 yr Cal BP], the most recent dates for fauna are: $14,700 \pm 1,400$ yr BP [20,833; 13,873 yr Cal BP] at Pikimachay cave, Ayacucho (MacNeish *et al.*, 1981), $13,460 \pm 700$ yr BP [17,705; 14,133 yr Cal BP] for a *Scelidotherium* at Huargo cave, Huánuco (Cardich, 1973) and $12,360 \pm 700$ yr BP [16,445; 12,923 yr Cal BP] for a mastodont at La Cumbre, La Libertad (Ossa et Moseley, 1972). If we take into account the standard deviation on these datings, we cannot support the hypothesis of the coexistence of Paiján groups and the megafauna in the northern coast of Peru. However, the date obtained in the Moche Valley for the Paiján occupation at Quirihuac shelter, $12,795 \pm 350$ yr BP [16,114; 14,138] suggests that coexistence may have existed in this region, 100 km south.

From an archaeological point of view, Chauchat (1992) shows that, in spite of the vicinity of the sites, no large mammal bones were found in Paiján sites, and inversely no Paiján artefacts were found associated with the faunal remains. Furthermore, food remains in Paiján living sites are mainly lizard or fish remains.

From a palaeo-environmental point of view, the archaeological sites indicate dry climatic conditions while the large fauna correspond to humid conditions with a woody environment in agreement with the sedimentological studies of Collina-Girard *et al.* (1992). The scarce palaeoclimatic reconstructions for surrounding regions in the central Andes (Hansen *et al.*, 1984; Hastenrath and Kutzbach, 1985) or in Chile (Margraf, 1989) indicate a reversal of climatic conditions at about 12 kyr BP (14 ky Cal BP) leading to the dry climate prevailing today. These arid conditions may be responsible for the decrease of food resources of the large herbivores and their dying out rather than the prehistoric human groups which did not seem to play a significant role in this extinction in Northern Peru.

INTRODUCTION

De nombreux gisements du continent américain livrent des restes fossilisés de mammifères terrestres de grande taille appartenant à des espèces disparues d'Édentés, Mastodontes, Equidés, Camélidés, etc. Un phénomène massif d'extinctions animales, le dernier intervenu dans l'histoire de la planète, a eu pour théâtre le continent américain. Il est synchronique d'autres extinctions survenues dans l'Ancien Monde, mais ces dernières sont loin d'atteindre l'ampleur de ce qui s'est passé en Amérique (Martin et Wright, 1967).

Deux hypothèses ont été avancées pour expliquer l'extinction de cette grande faune à la fin du Pléistocène supérieur: divers facteurs liés aux changements climatiques qu'entraîne la déglaciation et la pression de la chasse par les paléindiens. En effet, dans le Nord du Pérou s'observent en surface les

sites d'habitats et ateliers spécialisés des premiers groupes humains « paléo-indiens » parvenus dans la région, dont l'industrie lithique a été appelée le Paijanién. Grâce aux restes de subsistance et aux foyers creusés et conservés sous la surface par suite d'une faible déflation éolienne, de nombreux détails sont connus sur la période d'arrivée de ces Paijaniens, leur mode de vie et leur environnement. L'association entre les derniers représentants de la mégafaune sud-américaine et les premiers groupes humains a été parfois supposée (Ossa et Moseley, 1972), mais n'est pas confirmée par la fouille des sites d'habitats.

Nous présentons ici de nouvelles datations de restes de cette mégafaune au Pérou qui permettent de resituer chronologiquement cette extinction, dans son contexte climatique, mais aussi en fonction de son lien

éventuel avec l'arrivée des premiers groupes humains au nord du Pérou.

ANALYSES RADIOMÉTRIQUES DES RESTES DE MÉGAFAUNE

Des restes de vertébrés fossiles appartenant à cette mégafaune se rencontrent dans les sédiments superficiels du désert côtier de la côte du Pérou, dans la zone de Cupisnique (7°30 de latitude sud) entre les vallées irriguées actuelles de Chicama et Jequetepeque. Ont été fouillés plus spécialement une localité contenant des restes d'un *Scelidodon* sp., site PV22-19 (Hoffstetter, 1982) et un ensemble de fossiles dans des états de conservations très divers dans le site de « Pampa de los Fósiles » (PV22-104) qui a d'ailleurs donné son nom à une partie de cette zone (Collina-Girard *et al.*, 1992). Les restes les plus couramment rencontrés dans ces dépôts appartiennent à un équidé *Equus (Amerhippus) Santae Helenae*. Les autres fossiles concernent d'autres Edentés comme, *Eremotherium* ou le tatou géant *Pampatherium* ainsi qu'un camélidé: *Palaeolama*. Des restes très érodés d'un mastodonte, probablement *Haplomastodon*, ont été également dégagés.

Cinq échantillons d'ossements provenant du Nord du Pérou (tableau) ont été analysés par la méthode du carbone-14 et par la méthode fondée sur les déséquilibres de la famille de l'uranium ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) (Ku, 1966). La teneur en collagène de ces restes osseux étant pratiquement nulle, aucune date radio-carbone n'a pu être obtenue.

Les os ont été soigneusement nettoyés et débarrassés des sédiments qui les recouvrent. La partie interne, la plus pure et la plus compacte, est ensuite broyée. La destruction chimique et la séparation isotopique sont effectuées selon la méthode conventionnelle décrite par Ku (1966) et récemment modifiée par Bischoff *et al.* (1988). Un traceur d'activité et de quantité connues ($^{229}\text{Th}/^{232}\text{U}$), est ajouté à la solution. Après dissolution totale, séparation sur résine anionique, extraction par un solvant organique (thenoyltrifluoroacétone) et dépôt de l'uranium et du thorium

sur de petites plaques d'aluminium, les échantillons sont analysés par spectrométrie alpha. Les âges sont calculés à partir des équations et des constantes de désintégration données dans Ivanovich et Harmon (1982).

Les résultats des datations des échantillons analysés sont rassemblés dans le tableau.

Les teneurs en uranium des échantillons varient énormément (de 1,23 à 159,84 ppm). Les rapports $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ sont compris entre $1,040 \pm 0,009$ et $1,274 \pm 0,004$. Cependant, pour l'échantillon 8519, ce rapport est inférieur à l'unité, ce qui indique une perte d'uranium qui est à mettre en relation avec la très faible quantité d'uranium contenue dans cet échantillon. Les rapports $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ sont élevés et indiquent qu'aucune contamination détritique gênante ne vient affecter les résultats, exception faite pour 8517, pour lequel ce rapport est égal à 13; dans ce cas, une correction qui soustrait la partie du ^{228}Th provenant du ^{232}Th au pic du ^{228}Th provenant du traceur a donc été faite pour le calcul d'âge.

L'échantillon 8519 présente une erreur importante sur le rapport $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (10 %). Cela est dû au fait que cet os renferme une très faible teneur en uranium. Les rapports $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ des autres ossements sont donnés avec des erreurs comprises entre 2,3 et 6 %.

Les âges obtenus sont compris entre 15 000 et 26 000 ans, sauf pour l'échantillon 8518 qui est beaucoup plus ancien. Ce résultat n'est pas étonnant compte tenu du fait que dans la région de Piura, les os ont été amenés en surface par les pluies lors du Niño en 1983. Cet os appartient vraisemblablement à des couches plus anciennes. Sa situation par rapport aux *tablazos*, terrasses marines étagées et parfois déformées de l'extrême nord péruvien (Lemon et Churcher, 1961; Collin-Delavaud, 1969) reste à étudier.

Les dates de $15 \pm 0,5$ et 16 ± 2 ans obtenues par la méthode $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ne peuvent être directement comparées aux dates carbone-14 obtenues pour d'autres sites présentant, soit des restes de mégafaune, soit des occupations humaines. En effet, toute la méthode de datation par le carbone-14 repose sur l'hypothèse que la teneur en carbone-14

Tableau Teneur en U, rapports isotopiques et âges des os du Pérou.

Uranium content, isotopic ratios and ages of bones from Peru.

Échantillons	Région	U (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	Age (kans)
8516 Cheval.....	Pampa de los fósiles	11,12	$1,218 \pm 0,022$	60	$0,209 \pm 0,006$	25 ± 1
8517 Mastodonte..	Ferreñafe	25,70	$1,080 \pm 0,037$	13	$0,216 \pm 0,013$	26 ± 2
8518 Mastodonte..	Piura	58,51	$1,040 \pm 0,009$	> 100	$0,950 \pm 0,022$	304^{+54}_{-35}
8519 Scelidotherium.	Pampa de los fósiles	1,23	$0,877 \pm 0,045$	> 100	$0,139 \pm 0,014$	16 ± 2
8520 Mastodonte..	Pampa de los fósiles	159,84	$1,274 \pm 0,004$	> 100	$0,127 \pm 0,004$	$15 \pm 0,5$

Les âges sont donnés avec une erreur statistique de 1σ .

Ages are given with a statistical error of 1σ .

de l'atmosphère est restée constante depuis 40 000 ans. Cette hypothèse s'est révélée partiellement inexacte, ainsi que le montrent de récentes études établissant que le carbone-14 donne des âges rajeunis de 1 000 à 3 000 ans pour la période entre 10 et 20 000 ans. Des chronologies indépendantes permettent de mesurer la dérive du carbone-14 et par conséquent de corriger des déviations, c'est-à-dire de traduire les années carbone-14 en années « vraies ». Ce sont essentiellement la dendrochronologie, qui ne nous permet ces corrections actuellement que jusqu'à 11 000 ans, et les datations couplées ^{14}C et $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ des coraux (Bard *et al.*, 1990, 1993). Le programme de calibration de Stuiver et Reimer (1993) a été utilisé ici pour corriger les âges radiocarbone; les intervalles de dates calibrées exprimées en ans Cal BP peuvent alors être directement comparées aux dates $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$.

DISCUSSION

Ces résultats, mis à part celui concernant le site de la Huaca (Piura) qui est beaucoup plus ancien, indiquent donc que la mégafaune qui vivait dans cette région de l'Amérique du Sud s'est éteinte avant l'arrivée des premiers groupes humains. En effet, les ha-

bitats pajaniens les plus anciens sont datés par la méthode du carbone-14 à Cupisnique vers 10 kans BP: (GIF 3781: $10\,200 \pm 180$ ans BP [$12\,380$, $11\,010$ ans cal BP]; GIF 5160: $10\,380 \pm 170$ ans BP [$12\,660$, $11\,150$ ans Cal BP]; GIF 9405: $10\,640 \pm 260$ ans BP [$13\,129$, $11\,275$ ans Cal BP]). Les dates carbone-14 les plus récentes obtenues au Pérou pour ces faunes en accord avec nos résultats sont: UCLA-1653C: $14\,700 \pm 1\,400$ ans BP [$20\,833$, $13\,873$ ans Cal BP] à la Grotte de Pikimachay, Ayacucho (MacNeish *et al.*, 1981), $13\,460 \pm 700$ ans BP [$17\,705$, $14\,133$ ans Cal BP] pour une côte de *Scelidotherium* à la Grotte de Huargo, Huánuco. (Cardich, 1973), $12\,360 \pm 700$ ans BP [$16\,445$, $12\,923$ ans Cal BP] sur une côte de Mastodonte de La Cumbre, La Libertad, sur la côte Pacifique (Ossa et Moseley, 1972). Par contre, Gif 4116: $8\,910 \pm 200$ ans BP [$10\,297$, $9\,484$ ans Cal BP] (Chauchat, 1988; Chauchat *et al.*, 1992; Bonavia, 1988) obtenue pour des ossements du *Scelidodon* de la Pampa de los Fósiles (site PV22-19), ne peut être considérée comme fiable puisque réalisée sur la matière humique. Malgré l'imprécision des mesures, rien ne permet de penser que cette mégafaune ait pu coexister avec les hommes de la culture pajanienne sur la côte nord-péruvienne. Cependant, dans la vallée de Moche, à une centaine de kilomètres au Sud, l'abri de Quirihuaq a livré pour un habitat pajanien une date de

12795 ± 350 ans BP [16114, 14138 ans Cal BP] (GX-2021), date toujours isolée dans cet ensemble. Cette date est strictement compatible avec celle du Mastodonte de La Cumbre, tout proche, et il n'est donc pas invraisemblable que les premiers Paijaniens soient arrivés sur la côte péruvienne au moment où s'éteignaient les derniers représentants de la mégafaune pléistocène.

Les fouilles menées par Cl. Chauchat dans les gisements paijaniens de la côte actuellement désertique du Pérou ont montré que ces premiers occupants humains consommaient essentiellement des poissons et des lézards en proportions variables selon les sites. Chauchat (1992) explique cette variabilité par la distance des sites au paléo-rivage. Quoi qu'il en soit, nous insistons sur l'absence de la grande faune mammalienne dans les gisements paijaniens, qu'il s'agisse des sites les plus proches de la mer ou de ceux situés plus à l'intérieur des terres. Si l'on trouve quelquefois au même endroit des vestiges archéologiques et des restes des grands mammifères, ils sont découverts côte à côte mais ne sont jamais réellement associés. Corrélativement, les sites paléontologiques à grands mammifères de la Pampa de los Fósiles, dans la même région, n'ont livré aucun artefact jusqu'à présent. Les os des mammifères disparus ont été découverts le plus souvent en connexion anatomique, comme le *Scelidodon* du site PV22-19 ou l'équidé du site PV22-104, unité 2. Ces vestiges ne montrent aucune trace de bris intentionnel, désarticulation ou décarnisation, mais la plupart présentent de nombreuses cassures dues aux variations climatiques.

L'interprétation paléo-environnementale des faunes provenant respectivement des sites archéologiques et des gisements paléontologiques renforce l'idée qu'il n'existe pas de réel contact entre les premiers groupes humains de la côte (Paijaniens) et les grands mammifères. En effet, les formes déterminées indiquent un milieu boisé et humide, alors qu'il est admis que les Paijaniens ont vécu dans un environnement aride, quoique

moins désertique que celui de l'époque actuelle. Collina-Girard (Collina-Girard *et al.*, 1992) a montré que les restes de fossiles sont toujours associés aux limons de fin de crues intercalés dans les formations détritiques du dernier pluvial, donc franchement pléistocènes. D'autre part, les sites paijaniens sont toujours en surface et les raccords entre artefacts lithiques sur les sites archéologiques montrent que ce matériel n'a pratiquement pas bougé depuis son abandon sur les sites. Ceci traduit une sédimentation négligeable, voire absente pendant les dix derniers millénaires. Ce régime semble donc très différent de celui qui a présidé à la formation des sites à mammifères. Aucune reconstruction de l'évolution climatique et de la végétation dans la partie côtière du Pérou n'a encore été publiée pour cette période. Les rares travaux dont nous disposons concernent les sites d'altitude de la Puna (Hansen *et al.*, 1984; Hastenrath et Kutzbach, 1985) ou plus au Sud le Chili (Markgraf, 1989). D'après ces études, l'établissement des conditions holocènes débiterait dès 12 ka (14 kans Cal BP) au Pérou et pourrait ainsi expliquer comme dans le Sud du Chili (Markgraf, 1985) la disparition de cette faune en raison de l'aridité et de la diminution consécutive des ressources alimentaires nécessaires à ces grands herbivores. D'autres facteurs, comme l'humidité importante au maximum de la déglaciation, ont d'ailleurs pu jouer un rôle dans cette extinction en affaiblissant biologiquement les populations de grands herbivores.

D'après les données dont nous disposons, rien ne permet d'affirmer que les grands mammifères pléistocènes aient survécu après la fin de la dernière glaciation sur la côte nord du Pérou. L'homme préhistorique semble y être arrivé bien après, dans le contexte beaucoup plus aride du désert tel que nous le connaissons aujourd'hui et il ne semble donc pas, dans la plupart des cas, qu'il ait joué un rôle significatif dans leur extinction (Martin et Wright, 1967; Martin et Klein, 1984).

Remerciements : Nous remercions N. Mercier pour ses commentaires et Ph. Newton pour ses remarques ainsi que pour la correction de la version anglaise.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARD, E., HAMELIN, B., FAIRBANKS, R. G. et ZINDLER, A., 1990. Calibration of the C14 timescale over the 30,000 years using mass spectrometric U-Th from Barbados corals. *Nature*, 345, p. 405-409.
- BARD, E., ARNOLD, M., FAIRBANKS, R. G. et HAMELIN, B., 1993. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and carbon 14 ages obtained by mass-spectrometry on corals. *Radiocarbon*, 35, 1, p. 191-199.
- BISCHOFF, J. L., ROSENBAUER, R. J., TAVOSO, A. et DE LUMLEY, H., 1988. A test of uranium-series dating of fossil tooth enamel: results from Tournal cave, France. *Applied Geochemistry*, 3, p. 145-151.
- BONAVIA, D., 1988. In *Dictionnaire de la Préhistoire*, LEROI-GOURHAN, A., éd., PUF, Paris, p. 806-807.
- CARDICH, A., 1973. Exploracion en la Caverna de Huargo, Perú. *Revista del Museo Nacional*, Lima, 39, p. 11-47.
- CHAUCHAT, C., 1987. Niveau marin, écologie et climat sur la côte nord du Pérou à la transition Pléistocène-Holocène. *Bulletin de l'IFEA*, Lima, 16, n° 1-2, p. 21-27.
- CHAUCHAT, C., 1988. Early-gatherers on the Peruvian coast. *Peruvian Prehistory*, KEATINGE, W., éd., chap. 2, p. 42-66 + biblio.
- CHAUCHAT, C., 1992. *Préhistoire de la Côte Nord du Pérou : le Paijanién de Cupisnique*, avec la collaboration de WING, E., LACOMBE, J. P., DEMARS, P. Y., UCEDA, S. et DEZA, C., *Les Cahiers du Quaternaire*, n° 18, 391 p., 150 fig., 56 tabl., 17 pl., h.t., CNRS, Paris.
- CHURCHER, C. S., 1966. The Insect Fauna from the Talara Tar-seeps, Peru. *Canadian Journal of Zoology*, 44, p. 985-993.
- COLLINA-GIRARD, J., GUADELLI, J. L. et USSELMANN, P., 1992. Mammifères disparus et premières occupations humaines. L'exemple nord-péruvien du désert de Cupisnique. *Colloque Déserts : Passé, Présent, Futur*, p. 111-132, Actes du 116^e Congrès National des Sociétés Savantes, Chambéry, 29-30 avril 1991.
- COLLIN-DELAUVAUD, C., 1969. *Terrasses et Niveaux Quaternaires du Littoral du Piura dans le Pérou Septentrional*, Mémoire n° 15, 90 p., carte h.t., Laboratoire de Géomorphologie de l'EPHE, Paris.
- HANSEN, B. C. S., WRIGHT, H. E. Jr et BRADBURY, J. P., 1984. Pollen studies in the Junin area, central Peruvian Andes. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 95, p. 145-1465.
- HASTENRATH, S. et KUTZBACH, J., 1985. Late Pleistocene climate and water budget of the South American Altiplano. *Quaternary Res.*, 24, p. 249-256.
- HOFFSTETTER, R., 1981. Les Édentés Xenarthres, un groupe singulier de la faune néotropicale. *Palaeontology, Essential of Historical Geology/Paleontologia come Scienza Geostorica*, MONTANARO GALLITELLI, E., éd., Modène, p. 386-443; *Proceedings of the First international Meeting on "Palaeontology, Essential of Historical Geology"*, held in Venice, 2-4 June 1981.
- IVANOVICH, M. et HARMON, R. S., 1982. *Uranium series disequilibrium: applications to environmental problems*, Oxford University Press, p. 568.
- KU, T. L., 1966. Uranium series disequilibrium in deep-sea sediments. *Ph. D. Thesis*, Columbia University, New York, p. 158.
- LEMON, R. R. H. et CHURCHER, C. S., 1961. Pleistocene Geology and Palaeontology of the Talara region, Northwest Peru. *The American Journal of Science*, 259, p. 410-429.
- MACNEISH, R. S. et al., 1981. *Prehistory of the Ayacucho Basin*, vol. II: *Excavation and Chronology*, 279 p., The University of Michigan Press, Ann Arbor.
- MARKGRAF, V., 1985. Late Pleistocene faunal extinction in southern Patagonia. *Science*, 228, p. 1110-1112.
- MARKGRAF, V., 1989. Palaeoclimate in central and south America since 18,000 BP based on pollen and lake level records. *Quater. Sci. Rev.*, 8, p. 1-24.
- MARTIN, P. S. et WRIGHT, H. E., éd., 1967. *Pleistocene extinctions; the search for a cause*, 453 p., Yale University Press, New Haven and London.
- MARTIN, P. S. et KLEIN, R. G., éd., 1984. *Quaternary extinctions: a prehistoric revolution*, 892 p., University of Arizona Press, Tucson.
- OSSA, P. P. et MOSELEY, M. E., 1972. La Cumbre, a Preliminary Report on Research into the Early Occupation of the Moche Valley, Peru. *Nawpa-Pacha*, 9, (1971), p. 1-16, plates I-VII, Berkeley.
- STUIVER, M. et REIMER, P., 1993. Extended ^{14}C data base and revised Cal 3.0 ^{14}C age calibration programme. *Radiocarbon*, 35, 1, p. 215-230.