

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

SÉRIE II • TOME 319



N° 9 • 3 NOVEMBRE 1994

SCIENCES DE LA TERRE ET DES PLANÈTES

EARTH & PLANETARY SCIENCES

gauthier-villars

ISSN 1250-8050

Premières dates RPE pour l'Acheuléen du Maroc atlantique (Grotte des Rhinocéros, Casablanca)

Edward J. Rhodes, Jean-Paul Raynal, Denis Geraads et Fatima-Zora Sbihi-Alaoui

Résumé Quatre dents isolées de *Ceratotherium simum* (Burchell) en excellent état de conservation provenant du niveau inférieur de la Grotte des Rhinocéros ont été datées par la technique de la résonance paramagnétique électronique (RPE). L'âge moyen calculé est de 279 ± 49 ka (modèle de mise en place précoce de l'uranium) et de 476 ± 75 ka (modèle de mise en place proportionnelle au temps écoulé). Ce site acheuléen est le premier directement daté au Maroc atlantique.

Mots-clés : Maroc, Pléistocène moyen, Acheuléen, RPE, Émail dentaire, Rhinocéros.

Abstract First ESR dates for the Acheulian of Atlantic Morocco (Rhinoceros Cave, Casablanca)

Four large teeth of *Ceratotherium simum* (Burchell) in an excellent state of preservation were collected from the rich mammal fauna associated with an Acheulian assemblage in the lower part of the Rhinoceros Cave. Three subsamples of enamel from each tooth were dated using the technique of electron spin resonance (ESR). Rather high uranium concentrations were measured in the dentine and cementum of the teeth, leading to significant discrepancies between the early uptake (EU) and linear uptake (LU) model ages. A mean age of 279 ± 49 ka was calculated for early uptake of uranium, and 476 ± 75 ka for linear uptake. This Acheulian site is the first to be dated directly in Atlantic Morocco.

Keywords : Morocco, Middle Pleistocene, Acheulian, ESR, Enamel, Rhinoceros.

Abridged English Version

THE Casablanca area is well known for its numerous prehistoric sites preserved among a Quaternary series exceptionally well developed (Neuville and Ruhlman, 1941; Biberson, 1961). A few absolute datings have been obtained for this sequence (Schwarcz, *in litteris*; Rhodes, 1990). Rhinoceros Cave was discovered in Oulad Hamida 1 Quarry (formerly Thomas III) in 1991 (Raynal *et al.*, 1993) during joint field work⁽¹⁾ within the Casablanca Project⁽²⁾.

1. THE RHINOCEROS CAVE (GDR)

It is a marine cave, associated with one of the shorelines identified in the Oulad Hamida Group⁽³⁾ (Texier *et al.*, 1993, 1994). The human settlement in the cave occurred during a low sea-level stand contemporaneous with an increase in aridity (Raynal *et al.*, 1993). The lithic assemblage belongs to the Acheulian

complex. It is younger than the "Lower" Acheulian from layer L of Thomas I Quarry (Raynal and Texier, 1989) and close to "middle" Acheulian series from the Littorines Cave at Sidi Abderrahmane Quarry (Biberson, 1961). The microfauna includes several new species (Geraads, 1993 and *in press*) and the large fauna is the richest of the North-African Quaternary.

2. ESR DATING OF TOOTH ENAMEL

The relatively new technique of electron spin resonance (ESR) dating of tooth enamel from Pleistocene mammals was pioneered and developed by Hennig and Grün (1983) and Schwarcz (1984). Tooth enamel consists almost entirely of hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$ which exhibits a radiation sensitive ESR signal at $g=0.0018$ not present in recent samples. This signal is not influenced by grinding or ex-

C.R. Acad. Sci. Paris, t. 319, série II, p. 1109 à 1115, 1994

E. R. : Department of Geography, Royal Holloway, University of London Egham-Surrey TW20 OEX, Grande-Bretagne ;

J. P. R. : Université de Bordeaux-I, Institut du Quaternaire, UMR 9933 CNRS, avenue des Facultés, Bâtiment de Géologie, 33405 Talence Cedex, France et Mission Préhistorique et Paléontologique Française au Maroc ;

D.G. : URA 49 CNRS, Musée de l'Homme, place du Trocadéro, 75116 Paris, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Université Paris-VI, Chaire de Paléanthropologie et Préhistoire, Collège de France, et Mission Préhistorique et Paléontologique Française au Maroc ;

F.Z.S.-A. : Institut National des Sciences de l'Archéologie et du Patrimoine, avenue J.-Kennedy, Rabat-Souissi, Maroc.

Note

présentée par Yves Coppens.

remise le 4 février 1994, acceptée après révision le 13 juin 1994.

posure to light, and has been used to determine the age of mammalian remains from Quaternary sites in the UK (Brandon and Sumbler, 1991), Europe (Linke *et al.*, 1985) and Canada (Schwarcz and Zymela, 1985; Zymela *et al.*, 1987) and more extensively to date Palaeolithic archaeological sites in France, the Middle East and South Africa (Schwarcz *et al.*, 1989 *a* and *b*; Stringer *et al.*, 1989; Grün *et al.*, 1990; Grün and Stringer, 1991).

The ESR technique has been used to date material in the range 10-500 ka, although the oldest ESR dates determined using tooth enamel are in the range of 2 Ma at the site of Sterkfontein, South Africa (Grün and Stringer, *ibid.*). Although hydroxyapatite acts as a superb dosimeter, allowing the determination of the equivalent dose (D_E) with a precision typically in the range of $\pm 1.5\%$ (1 sd), the dentine, cement and enamel of which mammal teeth are composed have a strong tendency to accumulate U from their immediate environment. For samples with little U content, uncertainties in the age estimate are generally in the range $\pm 5-15\%$. Uncertainties in the U uptake history of samples with a significant U concentration can lead to rather large uncertainties in the final age estimate (Grün and Invernati, 1985).

3. SAMPLE PREPARATION AND MEASUREMENT

Enamel plates were detached from the teeth using a small diamond saw, their thickness measured, and a surface layer of approximately 50 μm removed by abrasion, to eliminate enamel subject to external alpha irradiation. Samples of enamel, dentine and cementum were also separated for U determination, which was performed by delayed neutron counting (DNC) by XRAL, Ontario, Canada. Sediment adhering to the surface of each tooth was separated, ground and the U, Th and K concentrations were determined by neutron activation analysis (NAA) also at XRAL.

Each of the enamel plates was crushed to $< 150\ \mu\text{m}$, and weighed into ten equal aliquots of 100 mg. These aliquots were given a range of additive gamma radiation doses, using a dose-doubling procedure (Grün and Rhodes,

1991) up to a maximum dose of approximately 3,300 Gy. After several weeks at room temperature the ESR signal intensity of each aliquot was determined using a JEOL REIX spectrometer.

4. ESR DATING RESULTS

In all samples the ESR signals were large and easily measured, and displayed good reproducibility (figure 1). The additive growth curves were observed to be consistent with the fitted single saturating exponential function which was extrapolated to derive the equivalent dose (D_E) (figure 2). An initial $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ratio of 1.4 ± 0.2 and an alpha efficiency of 0.15 ± 0.02 were assumed (Grün, 1989), and a sediment water content of $3 \pm 3\%$ was used in calculating the age estimates. All samples came from the bottom layer of the pit, and had an overburden thickness of 10 m.

In general there is very good agreement of dating results within a single tooth (table), with the most scattered results being from sample 192. There are some variations between different teeth. The main cause of these variations appears to be the overall level of U within the enamel, dentine and cementum of the teeth, as the D_E values are relatively constant. The external gamma dose contributes only around 20% of the total dose, so variations in this (e.g. due to fallen blocks) will not contribute strongly. One possible explanation for these observations is that the U concentrations were acquired relatively recently, most of the ESR signal being due to a former, more homogeneous U concentration. This would suggest ages in excess of the linear uptake (LU) model ages.

The means of the two U uptake models give dates of 279 ± 49 ka (EU) and 476 ± 75 ka (LU) respectively. Recent U-series measurements of teeth which had already been dated by ESR from Israeli sites suggested that uranium was incorporated into those teeth at an early stage (McDermott *et al.*, 1993).

These results are in good agreement with those provided by the fauna, but most of the GDR Mammals have a rather large chronological range. Rodents show that GDR is certainly later than Ternifine, probably also slightly later

than the *Homo erectus* layer of Thomas I, but earlier than the micromammal layer of the same quarry. On the whole, the occurrence at GDR of several larger Mammals previously known at Ternifine or even in some earlier Plio-Pleistocene localities (*E. cf. mauritanicus*, *Theropithecus*, *Parmularius cf. angusticornis*, *Serengetilagus/trischizolagus*) would prompt us to favour the older ESR dates.

La région de Casablanca est bien connue pour ses sites préhistoriques préservés dans un contexte littoral au développement exceptionnel (Neuville et Ruhlman, 1941; Biberson, 1961). Les travaux mixtes ⁽¹⁾ du programme « Casablanca » ⁽²⁾ ont permis la découverte de nouveaux gisements intéressant la base du Quaternaire (Raynal *et al.*, 1990) et le Pléistocène moyen (Raynal et Texier, 1989). La Grotte des Rhinocéros (Raynal *et al.*, 1993), découverte en 1991 dans la carrière Oulad Hamida I (anciennement Thomas III), a livré un abondant matériel faunique qui a permis les premières datations RPE pour un site acheuléen du Maroc atlantique.

1. LA GROTTTE DES RHINOCÉROS (GDR)

Les formations observées de 1985 à 1993 ⁽³⁾ appartiennent au Groupe d'Oulad Hamida (Texier *et al.*, 1993, 1994) situé dans le Pléistocène moyen ancien (sans doute antérieurement au stade isotopique 13); leur succession diffère très peu de celle décrite dans la carrière Thomas I adjacente (Raynal et Texier, 1989). GDR est à l'origine une cavité marine associée aux paléo-rivages repérés au sein du groupe d'Oulad Hamida (Texier *et al.*, *op. cit.*). Elle a par la suite fonctionné en système karstique. Le remplissage de la zone fouillée est constitué à la base de sables bioclastiques quasi stériles, puis de sables fins bioclastiques qui ennoient des blocs de décompression de la voûte; sa partie supérieure, masquée par des blocs effondrés, n'a pas été explorée. Dans le dépôt fouillé, les sables sont abondants (48 à 90%) et leur classement est caractéristique d'une origine éolienne. La proportion importante des argiles granulométriques est mise en relation avec

The geochemical history of GDR is probably very complex and we are therefore unable to support one of the models of U uptake. According to the facies and fauna the filling of the cave occurred under relatively arid conditions, e. g. probably during a regressive episode. This episode could have occurred during one of the two time spans, either isotopic stages 8 to 10 or 12 to 14, suggested by ESR datings.

des transferts liés à l'évolution karstique. Le caractère bioclastique du sédiment et la cimentation secondaire déterminent des taux de carbonates irréguliers (28 à 82%).

L'industrie lithique appartient au complexe acheuléen. Elle est nettement postérieure à celle du niveau L de la carrière Thomas I (Raynal et Texier, 1989). Comparée aux séries classiques de Sidi Abderrahmane, elle s'apparenterait plutôt à l'Acheuléen « moyen » des niveaux D0 et D1 de la Grotte des Littorines (Biberson, 1961).

La faune et la microfaune associées indiquent des milieux ouverts et secs (Raynal *et al.*, 1993; Geraads, 1993, 1994). L'occupation humaine et animale de la cavité s'est donc effectuée pendant une pulsation négative du niveau marin, dans un contexte plus aride que l'actuel.

L'excellent état de préservation des vestiges fauniques et l'abondance des restes de rhinocéros a déterminé le choix de la méthode de datation dont les premiers résultats sont présentés ici.

2. LA DATATION RPE SUR ÉMAIL DENTAIRE

La datation RPE appliquée à l'émail dentaire de mammifères pléistocènes est une technique explorée et développée depuis une décennie (Hennig et Grün, 1983; Schwarcz, 1984). L'émail dentaire est presque exclusivement formé d'hydroxyapatite $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)(\text{OH})_2$ qui émet un signal RPE particulier, inexistant dans les échantillons actuels. Ce signal n'est pas modifié par le broyage ou l'exposition à la lumière et a été utilisé pour déterminer l'âge de restes mammaliens de sites quaternaires européens (Linke *et al.*, 1985; Brandon et Sumbler,

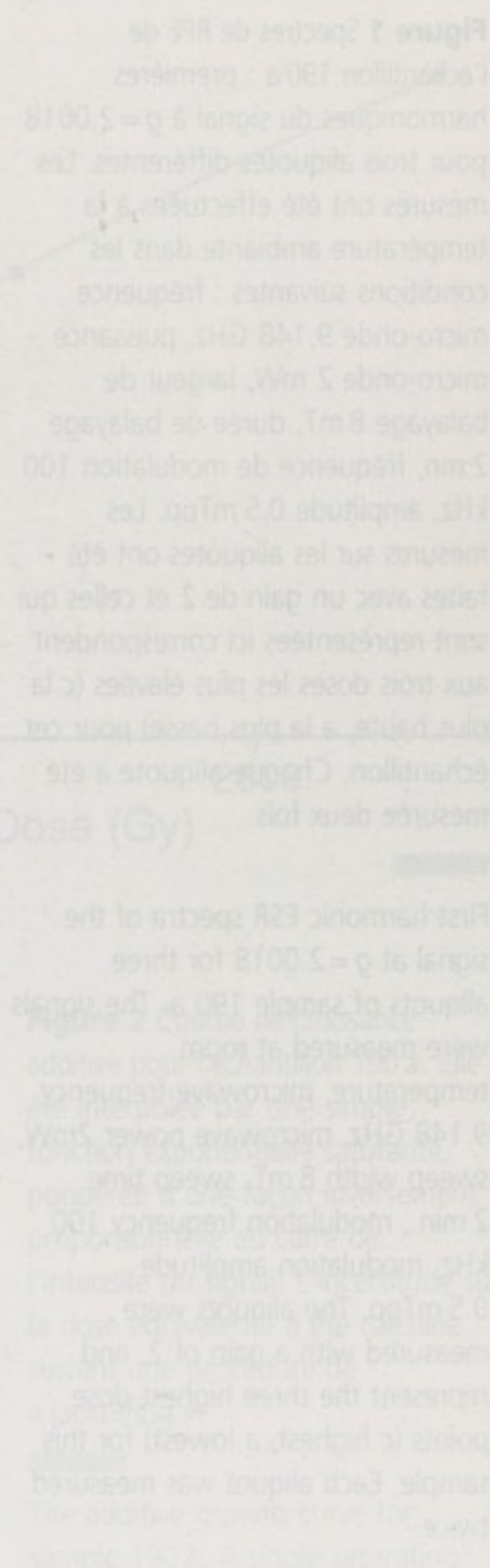
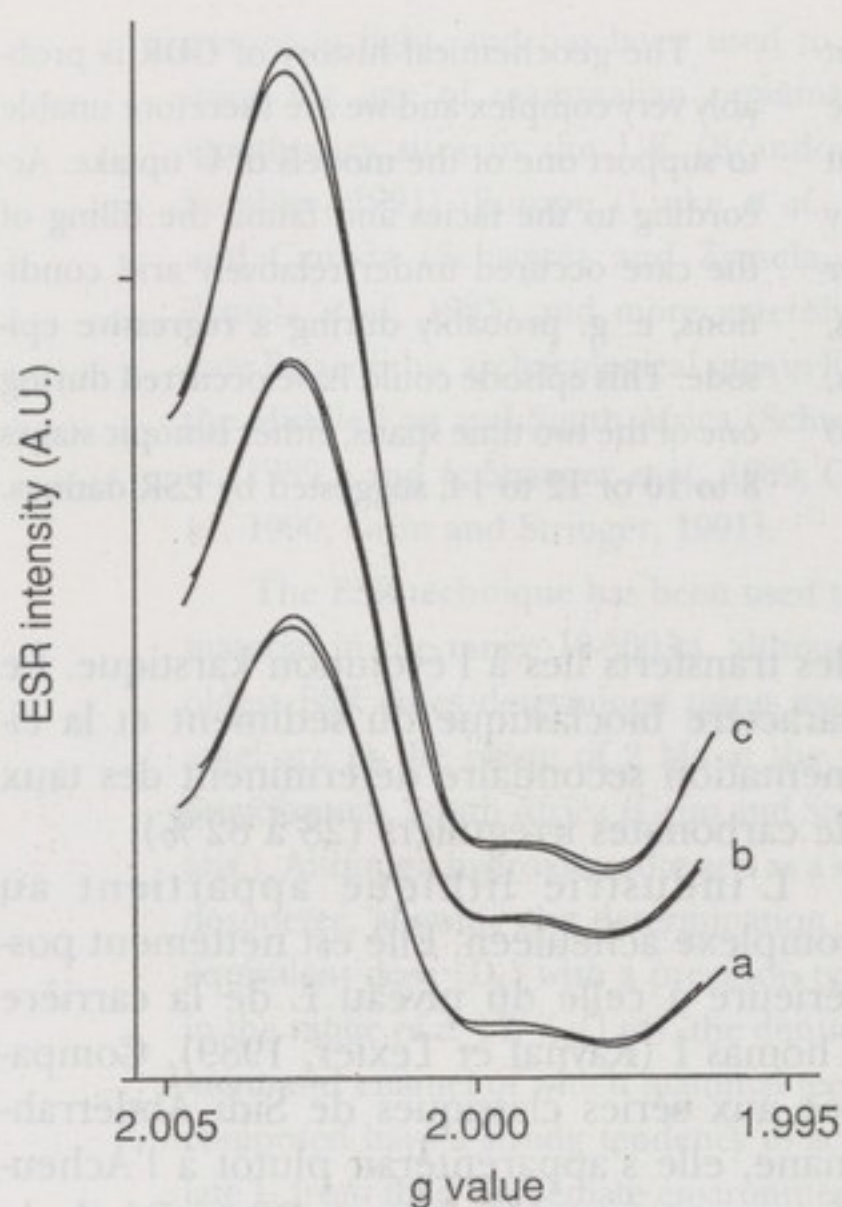


Figure 1 Spectres de RPE de l'échantillon 190 a : premières harmoniques du signal à $g = 2,0018$ pour trois aliquotes différentes. Les mesures ont été effectuées à la température ambiante dans les conditions suivantes : fréquence micro-onde 9,148 GHz, puissance micro-onde 2 mW, largeur de balayage 8 mT, durée de balayage 2 mn, fréquence de modulation 100 kHz, amplitude 0,5 mTpp. Les mesures sur les aliquotes ont été faites avec un gain de 2 et celles qui sont représentées ici correspondent aux trois doses les plus élevées (c la plus haute, a la plus basse) pour cet échantillon. Chaque aliquote a été mesurée deux fois.

First harmonic ESR spectra of the signal at $g = 2.0018$ for three aliquots of sample 190 a. The signals were measured at room temperature, microwave frequency 9.148 GHz, microwave power 2mW, sweep width 8 mT, sweep time 2 min., modulation frequency 100 kHz, modulation amplitude 0.5 mTpp. The aliquots were measured with a gain of 2, and represent the three highest dose points (c highest, a lowest) for this sample. Each aliquot was measured twice.



1991) et canadiens (Schwarcz et Zymela, 1985; Zymela *et al.*, 1987) et, de manière extensive, pour dater des sites paléolithiques de France, du Proche Orient et d'Afrique du Sud (Schwarcz *et al.*, 1989 a et b; Stringer *et al.*, 1989; Grün *et al.*, 1990; Grün et Stringer, 1991).

La technique RPE a été utilisée pour dater du matériel dans la fourchette 10-500 ka; toutefois, les dates RPE sur émail les plus anciennes avoisinent 2 Ma pour le site de Sterkfontein en Afrique du Sud (Grün et Stringer, 1991). Bien que l'hydroxyapatite soit un excellent dosimètre autorisant la détermination de la dose accumulée (D_E) avec une précision de l'ordre de $\pm 1-5\%$ (1 écart-type), la dentine, le ciment et l'émail qui composent les dents de mammifères ont tendance à piéger l'uranium de leur environnement immédiat. Pour des échantillons à faible teneur en uranium, l'erreur sur l'âge calculé est généralement de l'ordre de $\pm 5-15\%$. La méconnaissance concernant les modalités de fixation de l'uranium dans le temps des échantillons qui possèdent une concentration significative en uranium peut conduire à d'assez larges incer-

titudes dans l'estimation de l'âge (Grün et Invernati, 1984).

3. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS ET MESURES

Le signal RPE utilisé pour datation est mesuré à partir de l'émail disposé en couches cristallines dures. Ce signal augmente avec le temps, en fonction d'une part de l'irradiation propre à l'uranium contenu dans les différentes parties de la dent, d'autre part de celle de l'uranium, du thorium et du potassium du sédiment environnant la dent et, pour une faible part, du rayonnement cosmique. Pour calculer précisément la dose reçue par l'émail, il faut déterminer la teneur en uranium des couches de dentine et de ciment immédiatement adjacentes à l'émail. Il est également indispensable de mesurer l'épaisseur de chacune des couches au micromètre (Grün, 1989).

4. RÉSULTATS

Dans chaque échantillon, le signal RPE est large et facile à mesurer, avec une bonne reproductibilité (figure 1). L'allure des courbes de croissance additive est cohérente avec la fonction exponentielle extrapolée pour calculer la dose équivalente (D_E) (figure 2). Pour tous les échantillons, un rapport $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ de $1,4 \pm 0,2$ et une efficacité alpha de $0,15 \pm 0,02$ ont été admis (Grün, 1989), une teneur en eau de $3 \pm 3\%$ étant utilisée lors des calculs. Tous les échantillons proviennent de la base du remplissage de la grotte et une épaisseur moyenne de 10 m de couverture a servi de base pour calculer la dose cosmique.

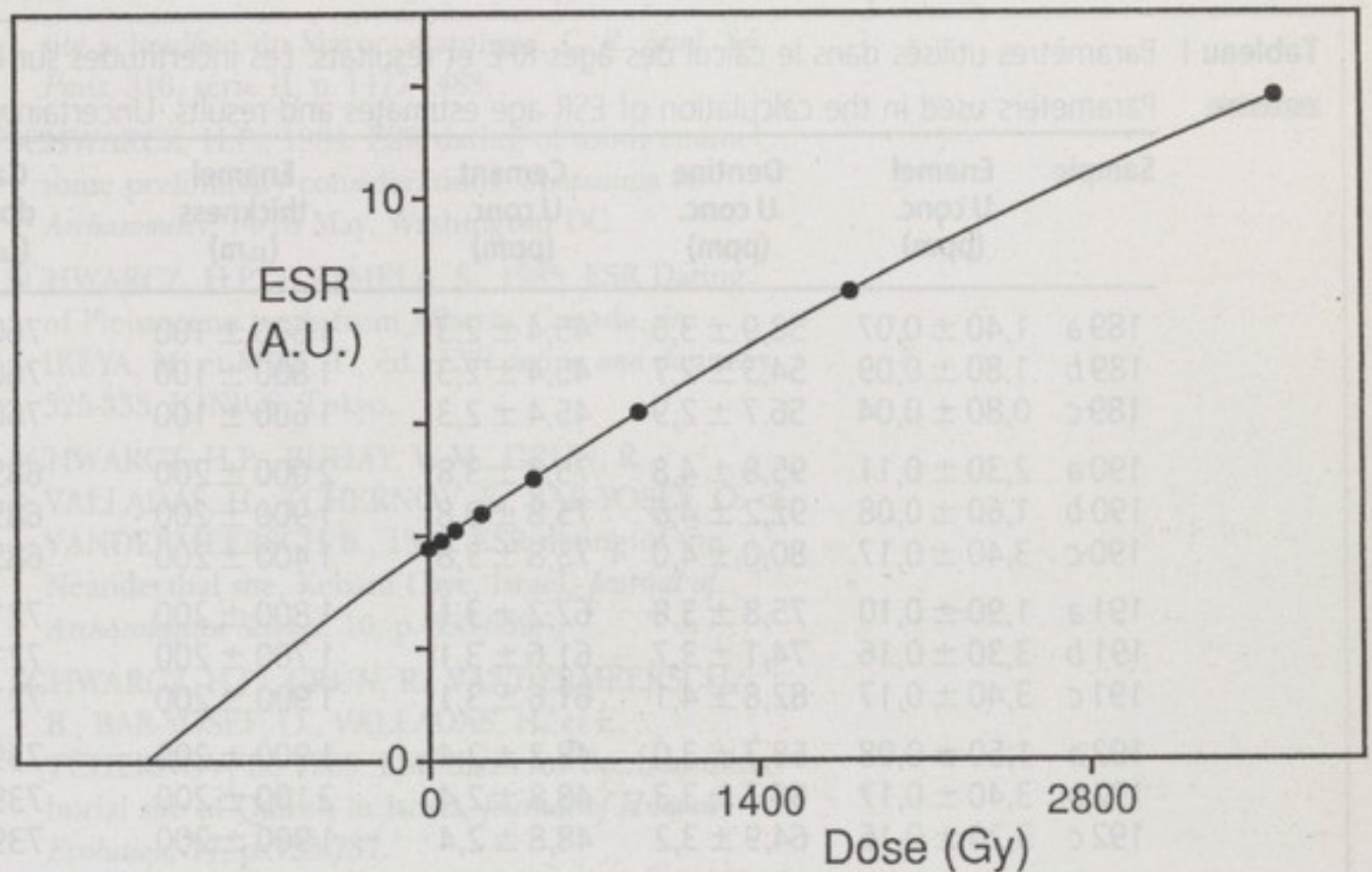
Les âges RPE moyens des quatre dents sont de 279 ± 49 ka, selon le modèle de mise en place précoce de l'uranium, et de 476 ± 75 ka, selon le modèle de mise en place proportionnelle au temps écoulé. Des exemples de mesures RPE sur des dents récentes du Proche Orient (Mc Dermott *et al.*, 1993) indiquent un enrichissement précoce

en uranium: ce modèle pourrait s'appliquer au matériel de GDR.

5. COMMENTAIRES

En général, il y a un très bon accord entre les dates obtenues sur la même dent (**tableau I**), l'échantillon 192 ayant donné les résultats les plus dispersés. Les valeurs varient légèrement d'une dent à l'autre. La principale cause des variations semble être la forte teneur en U de l'émail, de la dentine et du cément, étant donné que les doses accumulées (D_E) sont relativement constantes. La source gamma externe aux dents contribue seulement à 20 % de la dose totale; par conséquent, les variations de la dose externe, provenant par exemple des blocs tombés, ont une influence modérée. Pour expliquer l'ensemble de ces résultats, on peut supposer que les fortes teneurs en U ont été acquises relativement récemment, tandis que l'essentiel du signal RPE est dû à un enrichissement plus ancien et plus homogène. Dans ce cas, les âges calculés selon le modèle de mise en place proportionnelle au temps écoulé sont des âges en excès. La vraie cause de la dispersion des résultats reste toutefois à démontrer.

Les dates proposées par l'un ou l'autre modèle sont compatibles avec les données lithostratigraphiques régionales (Texier *et al.*, 1993, 1994). Du point de vue biostratigraphique, l'assemblage faunique de GDR ne permet pas d'évaluer un âge précis au sein du Pléistocène moyen. La plupart des espèces de Grands Mammifères n'ont, à l'échelle de résolution souhaitée, qu'une signification biochronologique limitée. Parmi les Carnivores, *Canis nov. sp.* est également présent à Tighe-nif, en Algérie, et dans le niveau D0 de Sidi Abderahmane⁽⁴⁾: son extension biochronologique est donc assez large. La présence de *Equus cf mauritanicus*, *Theropithecus* et *Parmularius* souligne aussi la ressemblance avec le gisement algérien; le dernier genre, survivant du Pléistocène inférieur, est toutefois représenté à Casablanca par une espèce distincte qui évoque *P. angusticornis*, connu en Afrique orientale jusqu'à Isimila en Tanzanie. Parmi la microfaune, le taxon le plus remarquable est un représentant du groupe *Serengetilagus/*



Trischizolagus, jusque là inconnu en Afrique après le Pliocène. Les Rongeurs montrent que le site est plus récent que celui de Tighe-nif. Il semble aussi qu'il soit un peu plus ancien que le niveau à micromammifères de la base de la grotte de Thomas I (fouilles 1993), où *Praomys* est significativement plus grand. Les ressemblances faunistiques entre tous ces niveaux des grottes des carrières Oulad Hamida et Thomas (Geraads *et al.*, 1980; Geraads, 1980 *a* et *b*) l'emportent néanmoins largement sur les différences et il est peu probable qu'ils couvrent une tranche de temps très importante, encore que la stabilité des faunes depuis le Pliocène incite à la prudence. Les ressemblances de plusieurs taxons de GDR avec des formes anciennes conforteraient plutôt les dates les plus vieilles de la fourchette proposée par RPE.

Ces premiers âges par RPE confirment cependant la position récente des fossiles humains de Casablanca au sein du Pléistocène moyen. Mais le niveau d'où provient la mandibule humaine de Thomas I (Beriro *in litteris*), retrouvé et échantillonné lors des fouilles 1993, est sans doute plus ancien que celui daté à GDR car *Eliomys* y est plus petit⁽⁵⁾.

L'histoire du système géochimique de GDR est sans doute fort complexe et le choix entre les modèles d'enrichissement en uranium reste délicat. Considérant le caractère

Figure 2 Courbe de croissance additive pour l'échantillon 190 a. Elle a été interpolée par une simple fonction exponentielle saturante, pondérée d'une façon inversement proportionnelle au carré de l'intensité du signal. L'incertitude sur la dose équivalente a été calculée suivant une procédure de « jackknifing ».

The additive growth curve for sample 190 a. A single saturating exponential function is fitted, weighted in inverse proportion to the square of signal intensity. Equivalent dose (DE) uncertainty is calculated using a jack-knifing procedure.

Tableau I Paramètres utilisés dans le calcul des âges RPE et résultats. Les incertitudes sur les analyses par DNC et AAN sont estimées à $\pm 5\%$.
Parameters used in the calculation of ESR age estimates and results. Uncertainty on DNC and NAA results are taken as $\pm 5\%$.

Sample	Enamel U conc. (ppm)	Dentine U conc. (ppm)	Cement U conc. (ppm)	Enamel thickness (μm)	Gamma dose rate ($\mu\text{Gy/a}$)	D_e (Gy)	Age (EU) (ka)	Age (LU) (ka)
189 a	1,40 \pm 0,07	58,9 \pm 3,0	45,4 \pm 2,3	1 600 \pm 100	760 \pm 35	1 167 \pm 84	314 \pm 26	525 \pm 43
189 b	1,80 \pm 0,09	54,3 \pm 2,7	45,4 \pm 2,3	1 800 \pm 100	760 \pm 35	1 289 \pm 93	351 \pm 30	586 \pm 48
189 c	0,80 \pm 0,04	56,7 \pm 2,9	45,4 \pm 2,3	1 600 \pm 100	760 \pm 35	1 095 \pm 82	323 \pm 28	532 \pm 45
190 a	2,30 \pm 0,11	95,8 \pm 4,8	75,8 \pm 3,8	2 000 \pm 200	685 \pm 34	1 082 \pm 51	230 \pm 16	400 \pm 27
190 b	1,60 \pm 0,08	92,2 \pm 4,6	75,8 \pm 3,8	1 900 \pm 200	685 \pm 34	1 018 \pm 64	229 \pm 19	396 \pm 31
190 c	3,40 \pm 0,17	80,0 \pm 4,0	75,8 \pm 3,8	1 400 \pm 200	685 \pm 34	1 091 \pm 77	197 \pm 18	347 \pm 31
191 a	1,90 \pm 0,10	75,8 \pm 3,8	62,2 \pm 3,1	1 800 \pm 200	721 \pm 33	1 179 \pm 159	274 \pm 40	470 \pm 67
191 b	3,30 \pm 0,16	74,1 \pm 3,7	61,6 \pm 3,1	1 700 \pm 200	721 \pm 33	1 260 \pm 64	254 \pm 19	443 \pm 32
191 c	3,40 \pm 0,17	82,8 \pm 4,1	61,6 \pm 3,1	1 900 \pm 200	721 \pm 33	1 443 \pm 168	286 \pm 37	500 \pm 64
192 a	1,50 \pm 0,08	58,7 \pm 3,0	48,2 \pm 2,4	1 900 \pm 200	739 \pm 34	1 205 \pm 55	340 \pm 23	566 \pm 36
192 b	3,40 \pm 0,17	66,2 \pm 3,3	48,8 \pm 2,4	2 100 \pm 200	739 \pm 34	1 047 \pm 182	247 \pm 45	420 \pm 76
192 c	3,20 \pm 0,16	64,9 \pm 3,2	48,8 \pm 2,4	1 900 \pm 200	739 \pm 34	1 368 \pm 55	307 \pm 22	529 \pm 35
Means							279 \pm 49	476 \pm 75

plus aride que l'actuel indiqué par l'association faunique, la plage temporelle offerte par l'un ou l'autre modèle concernerait donc les

stades isotopiques 8 à 10 ou 12 à 14 et les recherches à venir s'attacheront à lever cette indécision ⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Travaux franco-marocains engagés depuis 1978 dans le cadre de la Convention relative aux recherches archéologiques et anthropologiques du 19 janvier 1971 révisée en décembre 1979.

⁽²⁾ Direction J.P. Raynal et F.Z. Sbihi-Alaoui.

⁽³⁾ Travaux J.P. Texier, J.P. Raynal, D. Lefèvre.

⁽⁴⁾ Fouilles P. Biberson.

⁽⁵⁾ L'augmentation de taille au cours du temps est la règle observée chez les rongeurs quaternaires d'Afrique du Nord (Jaeger, 1975).

⁽⁶⁾ Autorisation de publier n° 91 du 11 février 1994.

Remerciements : Les auteurs expriment leurs remerciements à M^{me} J. Hassar-Benslimane, Directrice de l'INSAP, à R. Grün, aux professeurs N. Shackleton et P. Clay, à C. Jerram et aux professeurs Y. Coppens et S. Occhietti.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BIBERSON, P., 1961. *Le cadre paléogéographique de la Préhistoire du Maroc atlantique et Le Paléolithique inférieur du Maroc atlantique*, Publications du Service des Antiquités du Maroc, Rabat, fasc. 16, 235 p., fasc. 17, 544 p.
- BRANDON, A. et SUMBLER, M.G., 1991. The Balderton Sand and Gravel: pre-Ipswichian cold stage fluvial deposits near Lincoln, England, *Journal of Quaternary Science*, 6, p. 135-137.
- GERAADS, D., BERIRO, P. et ROCHE, H., 1980. La faune et l'industrie des sites à *Homo erectus* des carrières Thomas (Maroc). Précisions sur l'âge de ces hominidés, *C. R. Acad. Sci. Paris.*, 291, série II, p. 195-198.
- GERAADS, D., 1980 a. La faune des sites à *Homo erectus* des carrières Thomas (Casablanca, Maroc), *Quaternaria*, 22, p. 65-94.
- GERAADS, D., 1980 b. Un nouveau Félinidé (Fissipeda, Mammalia) du Pléistocène moyen du Maroc: *Lynx thomasi nov. sp.*, *Géobios*, 13, (3), p. 441-444.
- GERAADS, D., 1994. Rongeurs et Lagomorphes du Pléistocène moyen de la « Grotte des Rhinocéros », carrière Oulad Hamida 1 à Casablanca, Maroc., *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 191, 2, p. 147-173.
- GERAADS, D., 1993. Fossil Crocidura (Mammalia, Insectivora) from the Middle Pleistocene of Morocco, and their phylogenetic relationships, *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, 96, (3), p. 281-294.
- GRÜN, 1989. Electron spin resonance (ESR) dating, *Quaternary International*, 1, p. 65-109.
- GRÜN, R. et INVERNATI, C., 1985. Uranium accumulation in teeth and its effect on ESR dating—a detailed study of a mammoth tooth, *Nucl. Tracks*, 10, n° 4-6, p. 869-877.
- GRÜN, R. et RHODES, E.J., 1991. On the selection of dose points for exponential ESR/TL dose response curves, *Ancient TL*, 9, p. 40-46.

- GRÜN, R. et STRINGER, C.B., 1991. Electron spin resonance dating and the evolution of modern humans, *Archaeometry*, 33, 2, p. 153-199.
- GRÜN, R., BEAUMONT, P.B. et STRINGER, C.B., 1990. ESR dating evidence for early humans at Border Cave in South Africa, *Nature*, 344, p. 537-539.
- HENNING, G.J. et GRÜN, R., 1983. ESR dating in Quaternary geology, *Quaternary Science Reviews*, 2, p. 157-238.
- JAEGER, J.J., 1975. Evolution des Rongeurs, du Miocène à l'actuel, en Afrique nord-occidentale. Thèse, USTL, Montpellier, n° AO 11538.
- LINKE, G., KATZENBERGER, O. et GRÜN, R., 1985. Description and ESR dating of the Holsteinian interglaciation, *Quaternary Science Reviews*, 4, p. 319-331.
- McDERMOTT, F., GRÜN, R., STRINGER, C.B. et HAWKESWORTH, C.J., 1993. Mass-spectrometric U-series dates for Israeli Neanderthal/early modern hominid sites, *Nature*, 363, p. 253-255.
- RAYNAL, J.P. et TEXIER, J.P. 1989. Découverte d'Acheuléen ancien dans la carrière Thomas I à Casablanca et problème de l'ancienneté de la présence humaine au Maroc, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 308, série II, p. 1743-1749.
- RAYNAL, J.P., TEXIER, J.P., GERAADS, D. et SBIHI-ALAOUI, F.Z., 1990. Un nouveau gisement paléontologique plio-pléistocène en Afrique du Nord : Ahl Al Oughlam (ancienne carrière Déprez) à Casablanca (Maroc), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 310, série II, p. 315-320.
- RAYNAL, J.P., GERAADS, D., MAGOGA, L., EL HAJRAOUI, A., TEXIER, J.P., LEFEVRE, D. et SBIHI-ALAOUI, F.Z., 1993. La Grotte des Rhinocéros (Carrière Oulad Hamida I - anciennement Thomas III, Casablanca), nouveau site acheuléen du Maroc atlantique, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 316, série II, p. 1477-1483.
- SCHWARCZ, H.P., 1984. ESR dating of tooth enamel: some preliminary considerations, *Symposium on Archaeometry*, 14-18 May, Washington DC.
- SCHWARCZ, H.P. et ZYMELA, S., 1985. ESR Dating of Pleistocene teeth from Alberta, Canada. In: IKEYA, M. et MIKI, T., éd., *ESR dating and dosimetry*, 325-333, IONICS, Tokyo.
- SCHWARCZ, H.P., BUHAY, W.M., GRÜN, R., VALLADAS, H., TCHERNOV, E., BAR-YOSEF, O. et VANDERMEERSCH B., 1989. ESR dating of the Neanderthal site, Kebara Cave, Israel, *Journal of Archaeological Science*, 16, p. 653-659.
- SCHWARCZ, H.P., GRÜN, R., VANDERMEERSCH, B., BAR-YOSEF, O., VALLADAS, H. et E. TCHERNOV, E., 1989. ESR dates for the hominid burial site of Qafzeh in Israel, *Journal of Human Evolution*, 17, p. 733-737.
- STRINGER, C.B., GRÜN, R., SCHWARCZ, B. et GOLDBERG, P., 1989. ESR dates for the hominid burial of Es Skhul in Israel, *Nature*, 338, p. 756-758.
- TEXIER, J.P., LEFEVRE, D. et RAYNAL, J.P., 1993. The long sequence of Casablanca (Morocco) : New Lithostratigraphic Data. *Coastal Evolution in the Quaternary: Models, Processes and Local to Global Factors*, Oost-Duinkerke, Belgium, 15-18 septembre 1993, résumé.
- TEXIER, J.P., LEFEVRE, D. et RAYNAL, J.P., 1994. Contribution pour un nouveau cadre stratigraphique des formations littorales quaternaires de la région de Casablanca, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 318, série II, p. 1247-1253.
- ZYMELA, S., SCHWARCZ, H.P. et GRÜN, R., 1987. ESR dating of Pleistocene fossil teeth from Alberta and Saskatchewan, *Can. J. Earth Sci.*, 25, p. 235-245.

