



HAL
open science

Nouvelles données chronologiques pour le site de Menez-Dregan 1 (Bretagne): l'apport de la thermoluminescence.

Norbert Mercier, Laurence Froget, Didier Miallier, Thierry Pilleyre, Serge Sanzelle, Chantal Tribolo

► To cite this version:

Norbert Mercier, Laurence Froget, Didier Miallier, Thierry Pilleyre, Serge Sanzelle, et al.. Nouvelles données chronologiques pour le site de Menez-Dregan 1 (Bretagne): l'apport de la thermoluminescence.. Quaternaire, 2004, 15 (3), pp.253-261. 10.3406/quate.2004.1772 . hal-02012189

HAL Id: hal-02012189

<https://hal.science/hal-02012189>

Submitted on 21 Oct 2020

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.

NOUVELLES DONNÉES CHRONOLOGIQUES POUR LE SITE DE MENEZ-DREGAN 1 (Bretagne) : L'APPORT DE LA THERMOLUMINESCENCE

■
Norbert MERCIER^{1*}, Laurence FROGET¹, Didier MIALLIER², Thierry PILLEYRE²,
Serge SANZELLE² et Chantal TRIBOLO^{1,2}

RÉSUMÉ

La méthode de la thermoluminescence a été appliquée pour dater des sédiments rubéfiés et des silex chauffés provenant des couches archéologiques 5, 7 et 9 du site de Menez-Dregan 1. Malgré les conditions de dosimétrie défavorables dues à la situation du gisement en bordure de mer et à la nature hétérogène des sédiments, des âges cohérents ont été obtenus qui placent vers - 200 ka le dépôt de la couche 5, riche en structures de combustion. Ces résultats qui sont en désaccord avec les datations RPE, offrent une alternative pour l'interprétation de cette importante séquence sédimentaire, unique sur la façade atlantique.

Mots-clés : Menez-Dregan 1, datation par thermoluminescence, Paléolithique inférieur, Colomaniens, Pléistocène moyen, Bretagne.

ABSTRACT

NEW CHRONOLOGICAL DATA FOR THE SITE OF MENEZ-DREGAN 1 (Brittany): CONTRIBUTION FROM THE THERMOLUMINESCENCE DATING METHOD

The thermoluminescence method was used to date burnt flint artefacts and heated sediments discovered in the archaeological layers 5, 7 and 9 of the Menez-Dregan 1 site. In spite of dosimetric difficulties related to the site location and the origin of sediments, coherent ages were obtained for layer 5 rich in fireplace remains, dating it at ca. 200 ka. These results are in disagreement with previously published ESR dates and support an alternative interpretation of this sedimentary sequence, unique on the atlantic coast.

Key-words: Menez-Dregan 1, Thermoluminescence dating, Lower Palaeolithic, Colomaniens Group, Middle Pleistocene, Brittany.

INTRODUCTION

Menez-Dregan 1 est un gisement qui se développe dans l'espace d'une grotte effondrée qui s'ouvrait sur la mer, en baie d'Audierne (fig. 1). Son altitude actuelle se situe entre 6 et 14 m NGF. Le site est connu pour avoir livré des structures de combustion et des restes de foyers parmi les plus anciens jamais découverts (Monnier *et al.*, 1994). Ce résultat s'appuie sur des observations géologiques et des datations réalisées en appliquant la méthode de la Résonance Paramagnétique Electronique (RPE) à des quartz extraits de deux sédiments rubéfiés et à un galet chauffé (Monnier *et al.*, 2001). Ce site est aussi important du fait de la conservation de restes osseux dans un contexte défavorable lié à l'acidité du milieu environnant. Son intérêt géologique et paléoenvironnemental est éga-

lement à signaler puisque plusieurs niveaux paléolithiques interstratifiés avec des plages anciennes y ont été mis en évidence (Monnier *et al.*, 1996).

Pour ces raisons, il était important de compléter les données chronologiques disponibles par l'application d'une autre méthode radiométrique de datation. Du fait de la présence de matériaux chauffés, la plus appropriée était la thermoluminescence : cette méthode a permis d'étudier des silex chauffés, au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), et des sédiments rubéfiés, au Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC). Les résultats de ces datations sont présentés dans cet article.

Cette nouvelle approche a aussi eu pour intérêt de fournir des données détaillées sur la dosimétrie du gisement, qui faisaient défaut jusqu'à présent, et dont elle

¹ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE), UMR CEA-CNRS, Domaine du CNRS, Avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE cedex.

² Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC), CNRS IN2P3, Université Blaise Pascal, F-63177 AUBIÈRE cedex.

* Correspondance : Norbert.Mercier@lsce.cnrs-orf.fr



Fig. 1 : Localisation du site de Menez-Dregan 1 (Bretagne).
Fig. 1: Location of the Menez-Dregan 1 site (Brittany).

a révélé la complexité. De plus, grâce à la richesse des vestiges chauffés, 12 nouvelles datations ont pu être réalisées alors qu'il n'y en avait que 5 au préalable. Indiquons d'emblée que les datations TL sont en net désaccord avec celles obtenues par RPE et qu'elles conduisent à une interprétation chronologique de la séquence de Menez-Dregan 1 différente de celle proposée par Monnier *et al.* (1994, 1996, 2001), et il sera donc important dans l'avenir de comprendre l'origine de ces divergences afin de conforter l'une ou l'autre de ces interprétations.

LA SÉQUENCE SÉDIMENTAIRE ET LES ÉCHANTILLONS DATÉS

La séquence sédimentaire comprend du sommet à la base du gisement un ensemble de couches numérotées de 0 à 11, lesquelles sont subdivisées en sous-couches sur la base d'observations sédimentologiques (fig. 2).

Les traces d'occupation humaine sont réparties comme suit : une industrie lithique de type "Colombanien" a été trouvée dans les couches 4 et 5, cette dernière ayant livré des structures de combustion (en 5 ? et 5 c). Les couches 7 et 9 sont aussi fortement anthropiques et renferment des vestiges de foyers avec notamment la présence de nombreux fragments de charbons de bois. Les couches intermédiaires 6 et 8 sont des dépôts de plages anciennes qui contiennent cependant quelques éléments lithiques roulés, arrachés aux couches archéologiques sous-jacentes par l'érosion marine.

D'un point de vue dynamique, on observe à la base du gisement un platier creusé de grandes marmites remplies de galets correspondant à un premier remplissage survenu après le creusement de la grotte. Au sommet de cette couche 10, une énorme dalle émoussée et polie par la mer a été fossilisée par des formations continentales comprenant des niveaux limoneux ou arénacés qui emballent des cailloux anguleux et auxquels succède une couche comprenant des sédiments très compactés. L'ensemble de ces dépôts (couche 9) correspond aux premières traces d'occupation conservées sur ce site. Le retour de la mer a enlevé la partie supérieure de cette première couche anthropique et a créé une surface d'érosion sur

laquelle se sont déposés du sable et des galets (couche 8). Les hommes se sont réinstallés dès que la mer s'est retirée de la grotte et y ont stationné à plusieurs reprises en abandonnant des industries lithiques (couche 7). Cette couche a été tronquée par une nouvelle surface d'érosion sur laquelle repose un épandage de galets fortement remanié par l'homme (couche 6) avec, au-dessus, un ensemble de lits comprenant des niveaux extrêmement

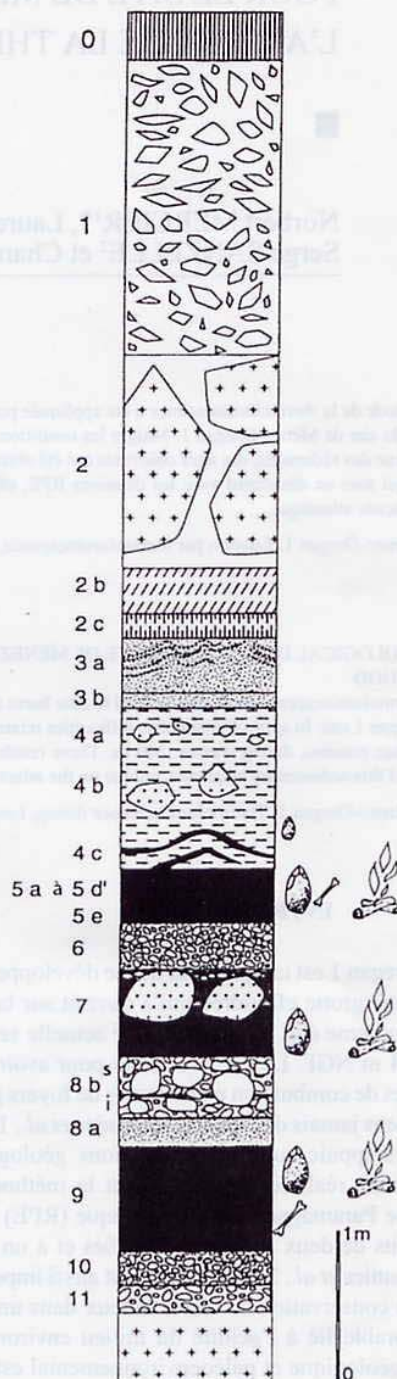


Fig. 2 : Colonne stratigraphique synthétique du gisement de Menez-Dregan 1 (Monnier *et al.*, 1996 ; dessin : S. Hinguant).
Fig. 2: Synthetic stratigraphic column of the Menez-Dregan 1 site (Monnier *et al.*, 1996; drawing: S. Hinguant).

riches en matériel archéologique (couches 5 et 4). Ces couches témoignent d'une troisième phase d'occupation humaine avec des périodes d'abandon du site, en particulier lors de la mise en place d'arènes limoneuses remaniant des niveaux riches en matières organiques au-dessus de la couche 5. Le dernier niveau d'occupation dans le milieu de la couche 4 a été recouvert par un sable éolien (couche 3) lequel précède des apports limoneux infiltrés entre les blocs issus de l'effondrement de la voûte.

Les trois échantillons datés au LPC sont des sédiments rubéfiés collectés lors des fouilles dans les foyers découverts dans les couches 5e, 7 et 9. Quant aux 9 silex chauffés datés au LSCE, ils proviennent des couches 4c et 5a-b'-c-d. La localisation de ces échantillons est portée en plan sur la figure 3.

DOSIMÉTRIE ET THERMOLUMINESCENCE

Comme tous les corps, les roches et les minéraux sont continuellement soumis à la radioactivité naturelle due à la présence, à l'état de traces, de radioéléments de longue durée de vie tels que l'uranium (U), le thorium (Th) et le potassium 40 (K). Le silex et le quartz, comme d'autres matériaux, présentent en outre la propriété de stocker, sous forme d'électrons piégés dans les défauts de leur réseau cristallin, une partie de l'énergie cédée par les

rayonnements ionisants émis lors de la désintégration des radioéléments ; ils peuvent donc enregistrer, au fil du temps, la dose d'irradiation reçue. A tout moment, cette dose accumulée peut être remise à zéro par une chauffe à haute température (>400°C), entraînant une émission lumineuse d'autant plus intense que la dose est élevée. Ce processus de thermoluminescence (TL) peut donc être utilisé pour déterminer la dose accumulée par un minéral ou une roche depuis leur chauffe à haute température, dans un foyer préhistorique par exemple (Aitken, 1985). Le temps écoulé depuis cette chauffe, *i.e.* «l'âge» TL d'un échantillon, est alors obtenu en divisant la valeur de la dose accumulée appelée aussi dose équivalente (ou paléodose), qui est évaluée en étudiant les signaux TL de l'échantillon, par le débit de dose annuel induit par les radioéléments naturels contenus dans les échantillons et le sédiment environnant.

MESURE DES DOSES ÉQUIVALENTES (ED)

Les grains de quartz étudiés au LPC

Les grains de quartz ont été extraits des sédiments rubéfiés par des méthodes minéralogiques : tamisage, séparation densimétrique au bromoforme et attaque à l'acide fluorhydrique pour éliminer les minéraux argileux et les feldspaths résiduels. Pour certains sédiments, une séparation magnétique (Frantz) a aussi été réalisée.

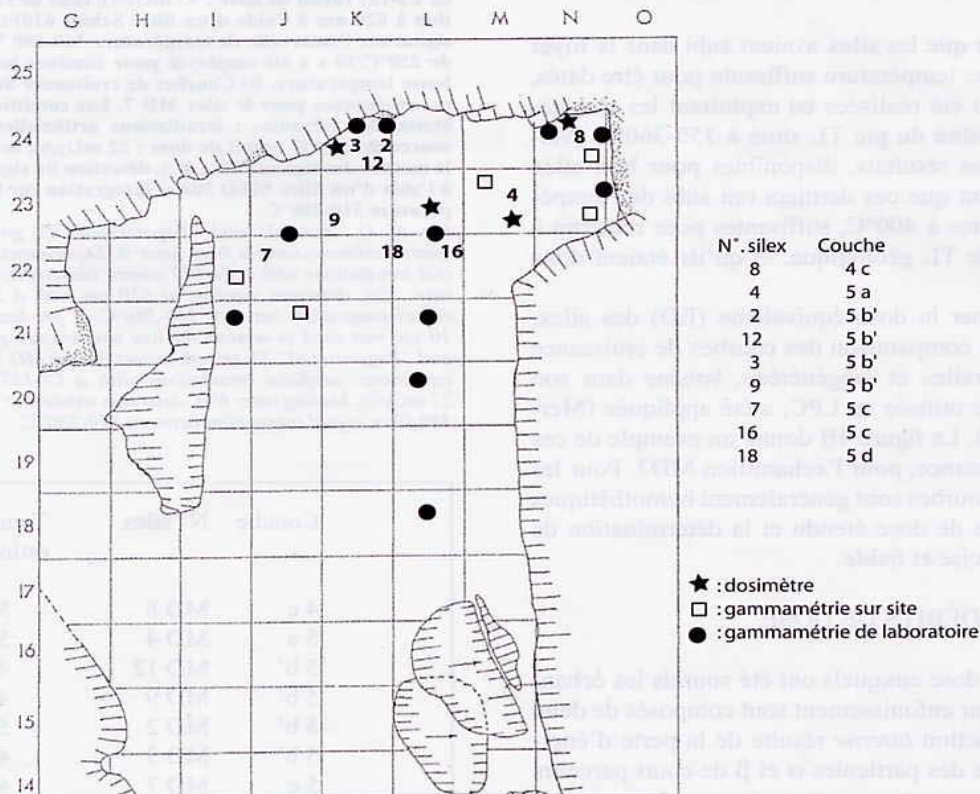


Fig. 3 : Représentation en plan du site de Menez-Dregan 1 (Monnier et Hallegouët, 1999 - dessin : S. Hinguant, modifié). Les échantillons chauffés sont indiqués par leur numéro de laboratoire et les dosimètres par des étoiles. Les emplacements où ont été effectués des mesures dosimétriques avec un gammamètre portable (carrés) et des prélèvements de sédiment (cercles pleins) destinés aux analyses de la radioactivité en laboratoire (voir texte) sont aussi localisés.

Fig. 3: Representation in plan of the Menez-Dregan 1 site (Monnier et Hallegouët, 1999 - drawing: S. Hinguant, modified). The heated samples are indicated by their laboratory number and the dosimeters by stars. The locations where dosimetric measurements were done using a portable gamma spectrometer (squares) and sediments (full circles) were sampled for radioactivity analyses in the laboratory (see text) are also indicated.

Toutes ces opérations ont été conduites dans des conditions de lumière contrôlées, en intensité et en longueur d'onde, afin de ne pas altérer la thermoluminescence des échantillons.

Pour chaque échantillon, la dose équivalente (ED) a été déterminée en comparant la courbe de croissance «naturelle» de la TL, obtenue en irradiant au moyen d'une source artificielle des aliquotes de l'échantillon avec des doses croissantes, à la courbe de croissance «régénérée» obtenue à partir d'aliquotes chauffées au laboratoire à 380°C pendant 15 h et irradiées dans les mêmes conditions. Cette méthode de comparaison mise au point au LPC et dénommée LISA (Sanzelle *et al.*, 1996) évite toute extrapolation numérique de la courbe de croissance «naturelle», source d'incertitude dans la détermination de ED. Elle s'appuie au contraire sur le fait que les courbes de croissance «naturelle» et «régénérée» sont de même forme (hypothèse qu'il convient cependant de vérifier pour chaque échantillon). Les courbes de croissance de l'échantillon de la couche 9 sont présentées à titre d'exemple (fig. 4A).

Les silex étudiés au LSCE

Les silex ont été préparés au laboratoire suivant le protocole décrit par Valladas (1992) ; en particulier, seul le cœur des artefacts, non irradié par les particules α et β émises par les sédiments environnants les échantillons au cours de leur enfouissement, a été utilisé pour les mesures de TL.

Pour s'assurer que les silex avaient subi dans le foyer préhistorique une température suffisante pour être datés, des analyses ont été réalisées en exploitant les changements de sensibilité du pic TL situé à 350-360°C (Valladas, 1983). Les résultats, disponibles pour huit silex (tab. 1), indiquent que ces derniers ont subi des températures supérieures à 400°C, suffisantes pour remettre à zéro le signal de TL géologique, et qu'ils étaient donc datables par TL.

Pour déterminer la dose équivalente (ED) des silex, une méthode de comparaison des courbes de croissance de la TL «naturelle» et «régénérée», voisine dans son principe de celle utilisée au LPC, a été appliquée (Mercier *et al.*, 1992). La figure 4B donne un exemple de ces courbes de croissance, pour l'échantillon MD7. Pour les silex, ces deux courbes sont généralement homothétiques sur un intervalle de dose étendu et la détermination de ED est donc précise et fiable.

MESURE DES DÉBITS DE DOSE

Les débits de dose auxquels ont été soumis les échantillons lors de leur enfouissement sont composés de deux fractions. La fraction *interne* résulte de la perte d'énergie dans la silice des particules α et β de court parcours (20 μ m et 2 mm respectivement), émises par les radioéléments des familles de l'uranium et du thorium présents au sein des échantillons. Le potassium 40 interne contribue aussi significativement au débit de dose β .

Dans le cas des quartz, le débit de dose interne est cependant faible par rapport aux autres sources d'irradiation

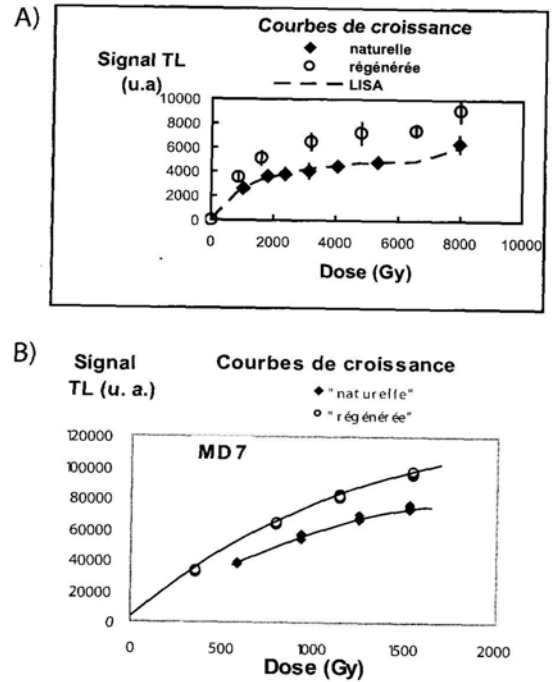


Fig. 4 : A) Courbes de croissance de la TL «naturelle» et «régénérée» pour l'échantillon de quartz de la couche 9. Conditions expérimentales : irradiations artificielles au moyen d'une source de Cs-137 (débit de dose : 45 mGy/s), taux de chauffe : 5%/s, détection à 620 nm à l'aide d'un filtre Schott 610FG et intégration du signal sur l'intervalle de température 360-380 °C. Une préchauffe de 250°C/10 s a été employée pour éliminer les pics situés à plus basse température. B) Courbes de croissance de la TL «naturelle» et «régénérée» pour le silex MD 7. Les conditions expérimentales étaient les suivantes : irradiations artificielles au moyen d'une source de Cs-137 (débit de dose : 22 mGy/s), taux de chauffe pour la mesure des signaux TL : 6%/s, détection du signal de TL à 380 nm à l'aide d'un filtre MTO 380 et intégration sur l'intervalle de température 310-380°C.

Fig. 4: A) "Natural" and "Regenerated" TL growth curves for the quartz sediment sample from layer 9. Experimental conditions: artificial irradiations with a Cs-137 source (dose-rate: 45 mGy/s), heating rate: 5%/s, detection window at 620 nm with a Schott 610FG filter, signal integration between 360-380°C. A pre-heating at 250 °C for 10 sec was used to remove the low temperature peaks. B) "Natural" and "Regenerated" TL growth curves for the MD 7 flint. Experimental conditions: artificial irradiations with a Cs-137 source (dose-rate: 22 mGy/s), heating rate: 6%/s, detection window at 380 nm with a MTO 380 filter, signal integration between 310-380°C.

Couche	N° silex	Température estimée (°C)
4 c	MD 8	500-525
5 a	MD 4	500-525
5 b'	MD 12	475-500
5 b'	MD 9	425-450
5 b'	MD 2	500-525
5 b'	MD 3	425-450
5 c	MD 7	425-450
5 d	MD 18	425-450

Tab. 1 : Estimations de la température de chauffe des silex dans les foyers préhistoriques.

Tab. 1: Estimations of heating temperature of flints in prehistoric hearths.

naturelles car ce minéral possède généralement de très faibles teneurs en radioéléments (typiquement ~0.01 ppm -partie par million- pour l'uranium). Pour les silex au contraire, ces teneurs sont relativement élevées (~1 ppm U) et la fraction interne est donc une composante essentielle du débit de dose annuel. De plus, cette fraction ne varie pas au cours du temps ce qui est favorable, en particulier, lorsque la détermination de la fraction externe est rendue difficile du fait des conditions locales, comme c'est le cas pour le site Menez-Dregan 1.

Pour les silex, la fraction *externe* provient essentiellement des rayonnements γ de long parcours (~30 cm) et, dans une moindre mesure, du rayonnement cosmique alors que pour les quartz extraits des sédiments, l'on doit aussi considérer les doses α et β induites par l'environnement immédiat des grains. Cependant, pour les échantillons étudiés au LPC, l'attaque à l'acide fluorhydrique a permis de s'affranchir de l'effet des particules α et seule la dose β nécessitait d'être prise en compte.

A Menez-Dregan 1, la dose γ a été mesurée à l'aide de dosimètres enfouis une année environ dans les couches archéologiques. Les conditions de mesure de la dose γ étaient donc voisines de celles subies par les silex et les grains de quartz avant la fouille. Ces données ont été complétées et confrontées aux résultats obtenus avec un gammamètre de terrain qui fournit des valeurs «instantanées» de la dose γ . Cet appareil a aussi permis la détermination sur site de la dose cosmique. Toutes ces mesures sont localisées sur la figure 3.

Ces données de terrain ont été complétées par des analyses de laboratoire selon la technique de la spectrométrie γ à bas bruit de fond, réalisées au LSCE et au LPC sur

des échantillons de sédiment prélevés en différents points des couches archéologiques (fig. 3). Cette technique qui permet d'estimer l'activité respective de plusieurs radioéléments de la famille de l'uranium, entre autres, a montré que l'équilibre séculaire n'était réalisé pour aucun des sédiments analysés : les rapports d'activité (Ra226 / U238 et Pb210 / Ra226) sont en effet souvent très différents de l'unité et de plus, ils varient beaucoup d'un prélèvement à l'autre ce qui atteste la complexité de la dosimétrie dans les niveaux archéologiques (tab. 2). La mise en évidence de ces déséquilibres corrobore donc les observations de Monnier *et al.* (1994) qui n'étaient fondées que sur l'analyse de trois échantillons de sédiment.

La présence de tels déséquilibres s'explique par le fait que certains radioéléments de la famille de l'uranium comme le radium sont solubles et peuvent être entraînés par les eaux circulant dans les sédiments. Cette circulation est active puisque le site est localisé à l'extrémité d'une faille qui draine l'eau provenant du plateau sus-jacent. Par ailleurs, compte-tenu de sa faible élévation par rapport au niveau de la mer, le site est régulièrement soumis à l'action des vagues et des embruns. Malgré ces conditions, la mobilisation dans la famille de l'uranium ne concerne qu'une fraction des radioéléments comme l'ont montré les expériences de «lessivage» réalisées au LPC (Miallier *et al.*, 2001), le reste étant stocké au sein de la structure cristalline des diverses phases minérales présentes. De fait et puisque les désintégrations radioactives tendent à rétablir l'équilibre séculaire, cela signifie que les déséquilibres observés sont continuellement entretenus, ce qui limite d'autant la quantité de radioéléments qui peut être mobilisée lors des expériences de lessivage.

Mesures du LPC :

Couche	Carré	K2O	+-	238U	+-	226Ra/238U	210Pb/226Ra	232Th	+-
		(%)		(ppm)				(ppm)	
5 e		3.94	0.06	32.3	2.0	0.61	0.68	23.90	0.31
7- foyer		3.92	0.08	17.4	1.5	0.94	1.14	16.75	0.25
8 a	coupe E F	1.56	0.04	24.0	2.0	0.38	1.20	22.75	0.30
9 a	L 20	2.99	0.06	28.7	2.0	1.07	0.81	32.80	0.40
9- surface	L 21	3.61	0.07	31.7	2.0	0.83	0.74	33.76	0.40
9- foyer	L 18	3.82	0.07	32.7	2.0	1.21	0.53	34.96	0.40

Mesures du LSCE:

Couche	Carré	K2O	+-	238U	+-	226Ra/238U	210Pb/226Ra	232Th	+-
		(%)		(ppm)				(ppm)	
3 a-b	N/O 23	1.72	0.09	11.5	1.4	0.59	2.20	18.50	1.30
3 a-b	N/O 24	1.52	0.08	13.6	1.6	0.43	3.42	18.00	1.30
4 c	N 24	3.75	0.19	39.9	4.8	0.51	1.40	43.90	3.10
5	K 24	3.85	0.19	38.0	4.6	0.47	1.41	42.90	3.00
5 b-b'	K 24	1.61	0.08	31.4	3.8	0.48	1.33	32.80	2.30
5 c-d	J 22/23	3.61	0.18	20.7	2.5	0.58	1.58	32.20	2.30
5 c-d	L 22/23	3.69	0.18	27.2	3.3	0.69	0.91	34.20	2.40
5 e	I 21	1.71	0.09	27.2	3.3	0.38	1.33	21.90	1.50

Tab. 2 : Résultats des analyses par spectrométrie γ à bas bruit de fond, obtenus au LPC et au LSCE. Les teneurs en U-238, Th-232 et K2O des sédiments analysés, ainsi que leur provenance, sont indiquées. A noter que les rapports d'activité de Ra-226 et U-238 d'une part, et Pb-210 et Ra-226 d'autre part, sont souvent très différents de l'unité, indiquant de forts déséquilibres séculaires. Toutes les erreurs sont données avec un intervalle de confiance de 1 sigma.

Tab. 2: Results of the gamma spectrometric analyses, at LPC and LSCE. The U-238, Th-232 and K2O contents of sediments as well as their location are indicated. Note that Ra-226/U-238 and Pb-210/Ra-226 ratios are often very different to unity indicating strong secular disequilibrium. All uncertainties are given at 1 sigma level.

Toutefois, rien n'autorise à affirmer que les déséquilibres actuels sont les mêmes que ceux qui prévalaient dans le passé car ils dépendent étroitement des conditions climatiques. Ces dernières contrôlent, notamment par la quantité d'eau qui circule et par ses caractéristiques physico-chimiques, les transferts de radioéléments. Considérant la quasi-impossibilité de quantifier ces paramètres et leurs effets moyens dans le passé, les débits de dose déduits des teneurs actuelles ont donc été utilisés dans les calculs, en prenant en compte leurs variations possibles par une augmentation des incertitudes sur la fraction mobilisable de la radioactivité.

RÉSULTATS DES DATATIONS ET DISCUSSION

Dans le calcul des âges, les déséquilibres mis en évidence ont été pris en compte, aussi bien pour la détermination de la dose γ partagée par les silex et les quartz extraits des sédiments, que pour celle de la dose β externe à laquelle ont été soumis les grains de quartz.

Les données radiométriques relatives aux âges des grains de quartz datés au LPC sont portées dans le tableau 3A. Les âges sont : 145 \pm 75 ka, 105 \pm 35 ka et 110 \pm 60 ka pour les foyers des couches 5e, 7 et 9 respectivement et n'augmentent pas en fonction de la profondeur contrairement à ce que l'on pourrait attendre (fig. 5). Chacun de ces résultats est affecté d'une erreur importante due en partie aux incertitudes sur les doses γ et β et à la détermination de la dose équivalente. L'erreur sur cette dernière est en effet liée au fait que les courbes de croissance (naturelle et régénérée) du signal TL en fonction de la dose ne sont pour les échantillons étudiés, qu'imparfaitement homothétiques.

Les âges des silex des couches 4c et 5a à 5d, sensiblement plus grands (tab. 3B), sont compris entre 167 \pm 16 ka et 230 \pm 23 ka et sont compatibles compte tenu des erreurs associées (voisines de 10 % de l'âge) selon le test statistique du Chi carré ; un âge moyen de 197 \pm 25 ka peut donc être déduit (fig. 5).

Malgré l'inversion stratigraphique, les résultats sur quartz et silex ne sont pas incompatibles, à deux sigma, mais ils couvrent un intervalle de temps de plus de 100 ka. Il est donc important d'apprécier les causes de cette dispersion. Du point de vue de la dosimétrie, ces deux supports sont différents puisque les silex qui possèdent une dose interne non négligeable sont moins affectés par de possibles évolutions du débit de dose externe que ne le sont les quartz dont la dose interne est quasiment nulle. Ce fait pourrait expliquer les écarts d'âge entre quartz et silex.

La figure 5 montre aussi que les nouvelles données chronologiques ne sont pas compatibles avec les âges RPE des structures de combustion de la couche 5e, qui excèdent 350 ka (369 \pm 47, 396 \pm 45 et 377 \pm 52 ka) et ont été obtenus à partir de deux prélèvements de sédiment et d'un galet chauffés (Monnier *et al.*, 1994). Plusieurs causes ont été avancées pour expliquer cet écart (Miallier *et al.*, 2001). L'analyse des données radiométriques et des informations publiées par Monnier *et al.* (1994) permet d'en examiner trois :

- La première porte sur les fractions de quartz extraites des sédiments et la possibilité qu'elles puissent contenir des grains insuffisamment, voire pas du tout chauffés. La présence de tels grains dans l'échantillon conduirait en effet à une surestimation de la dose équivalente (puisque leur signal n'aurait pas été remis à zéro lors du fonction-

A- Sédiments chauffés datés au LPC:

Echantillon	Couche	Fraction granulométrique (μ m)	Doses (mGy/a)						Dose équivalente		Age	
			Bêta	+ -	Gamma	+ -	Annuelle	+ -	(Gy)	+ - (kans)	+ -	
Nature												
Sédiment brûlé	5 e	200-315	4.10	1.20	2.70	0.40	6.90	1.30	1000	481	145	75
Sédiment brûlé	7	200-315	3.80	1.20	2.90	0.40	6.90	1.30	725	200	105	35
Sédiment brûlé	9	200-315	5.00	1.50	4.00	0.60	9.20	1.60	1012	523	110	60

B - Silex chauffés datés au LSCE :

Echantillon	Couche :	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)	Doses (mGy/a)						Dose équivalente		Age	
					Interne	+ -	Externe	+ -	Annuelle	+ -	(Gy)	+ -	(kans)	+ -
n°:														
MD8	4 c	0.68	0.08	0.02	0.24	0.02	3.07	0.28	3.32	0.28	739	27	223 23	
MD4	5 a	0.76	0.15	0.02	0.27	0.02	3.71	0.33	3.98	0.33	727	31	183 19	
MD2	5 b'	2.14	0.16	0.03	0.85	0.06	2.13	0.20	2.97	0.21	509	82	171 27	
MD12	5 b'	1.54	0.17	0.02	0.54	0.04	2.10	0.19	2.64	0.20	570	70	216 30	
MD3	5 b'	0.68	0.09	0.03	0.27	0.02	2.15	0.20	2.41	0.20	554	14	230 23	
MD9	5 b'	0.80	0.11	0.00	0.33	0.02	2.15	0.20	2.47	0.20	553	14	224 22	
MD7	5 c	0.68	0.15	0.03	0.33	0.03	2.82	0.27	3.15	0.27	579	14	184 19	
MD16	5 c	1.62	0.37	0.02	0.68	0.05	3.42	0.33	4.10	0.33	722	34	176 18	
MD18	5 d	1.41	0.12	0.03	0.61	0.05	3.42	0.33	4.03	0.33	672	17	167 16	

Tab. 3 : Données radiométriques utilisées pour le calcul des âges TL de grains de quartz extraits de sédiments rubéfiés (A) et des silex chauffés (B). Les teneurs en U, Th, K des silex chauffés ont été mesurées par activation neutronique au Laboratoire Pierre Süe (Joron, 1974). Les doses externes ont été estimées à partir des mesures dosimétriques de terrain. Les doses annuelles tiennent compte de la contribution du rayonnement cosmique estimée en moyenne à 150 μ Gy/a (Prescott et Hutton, 1988). Toutes les erreurs sont données avec un intervalle de confiance de 1 sigma.

Tab. 3: Radiometric data used for TL age calculations of heated sediments (A) and burnt flints (B). The U, Th, K contents of flints were measured by neutron activation analyses at Laboratoire Pierre Süe (Joron, 1974). The external dose-rates were estimated from the field dosimetric measurements. The annual dose-rates include a mean cosmic contribution of 150 μ Gy/a (Prescott et Hutton, 1988). All uncertainties are given at 1 sigma level.

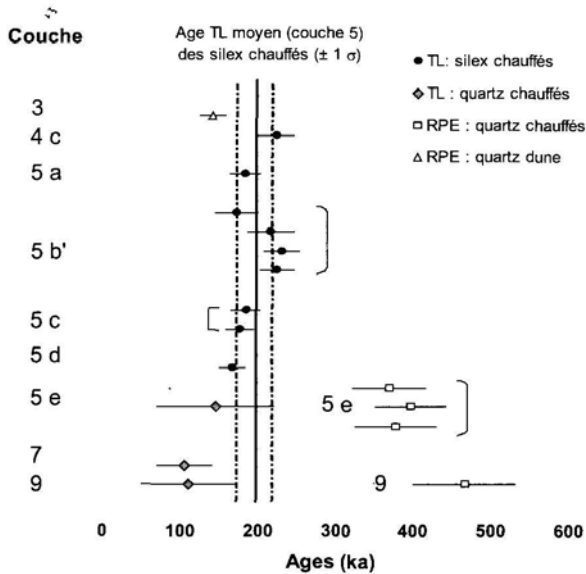


Fig. 5 : Ages TL des quartz extraits des sédiments rubéfiés (losanges) et des silex chauffés (cercles). Pour comparaison, les âges obtenus par RPE sur d'autres sédiments et un galet de quartz chauffés (Monnier *et al.*, 1994) sont aussi reportés (carrés).

Fig. 5: TL ages for the quartz grains extracted from the heated sediments (diamonds) and for burnt flints (circles). For comparison, ESR ages obtained on different sediment samples and with a heated quartz pebble (Monnier *et al.*, 1994) are also indicated (squares).

nement du foyer), et donc à une surestimation de l'âge RPE. Monnier *et al.* (1994) soulignent que l'on ne peut pas envisager cette hypothèse du fait de l'absence du signal E' dans l'échantillon pris dans sa globalité. Cet argument n'est cependant recevable que si l'échantillon est homogène, ce qui est le cas des quartz extraits des matériaux volcaniques à partir desquels cette propriété a été mise en évidence (Falguères *et al.*, 1994) mais pas des quartz provenant de dépôts sédimentaires. Ces derniers, contrairement aux quartz d'origine volcanique, peuvent avoir connu des histoires thermiques très différentes. On peut donc se demander si l'absence de signal E' est un critère fiable pour les quartz extraits des sédiments à partir desquels deux des trois datations RPE de la couche 5e ont été réalisées.

- La seconde remarque concerne la dosimétrie utilisée pour le calcul des âges RPE. Les données publiées par Monnier *et al.* (1994) indiquent que le débit de dose γ a été calculé à partir des teneurs en radioéléments déterminées pour trois prélèvements de sédiment. Ceci suppose que ces prélèvements, de l'ordre de la centaine de grammes chacun, sont représentatifs de l'environnement des échantillons datés qui correspond, rappelons-le, à une sphère de 30-40 cm de diamètre (en raison du parcours des rayonnements γ), laquelle représente une masse voisine de 2500 kg ! Pour que la représentativité soit assurée, il faudrait donc que les sédiments soient homogènes du point de vue de la dosimétrie. Or, précisément, les mesures dosimétriques obtenues avec les dosimètres, le gammamètre de terrain et les analyses de laboratoire, montrent que les sédiments de Menez-Dregan 1 sont hautement hétérogènes.

- La troisième remarque porte sur le débit de dose γ reçu par le galet chauffé ; cette fraction est en effet la seule à devoir être considérée pour cet échantillon puis-

que les particules β ne peuvent atteindre, du fait de leur faible parcours (~2 mm), sa partie centrale. Ce débit de dose γ doit être calculé en tenant compte de l'atténuation liée aux dimensions du galet, qui était «sphéroïde et tenait dans la main» (communication privée de M. Laurent) : on peut donc estimer son diamètre à 10-12 cm. Or, selon Aitken (1985), le facteur d'atténuation correspondant est 0.40 et non 0.22 comme l'ont supposé Monnier *et al.* (1994). Avec un facteur 0.40, l'âge du galet serait 237 ± 33 ka (en relativement bon accord avec les âges TL des silex) et non 377 ± 52 ka, comme cela a été avancé. Il apparaît ainsi que l'âge apparent du galet est grandement dépendant du diamètre qu'on lui donne et l'on ne peut que regretter que ce paramètre n'ait pas été enregistré avant que le galet ne soit découpé et broyé pour les mesures de RPE.

Dans la suite, nous ne discuterons que la fiabilité des résultats TL en nous focalisant sur les silex puisque ces échantillons sont trois fois plus nombreux que les autres (9 contre 3 échantillons datés par TL ou par RPE) et que leurs âges, plus précis, montrent une forte cohérence.

Comme cela a été mentionné précédemment, les analyses *in-situ* et de laboratoire suggèrent que les déséquilibres radioactifs dans la famille de l'uranium sont continuellement entretenus. Cependant, il est possible d'imaginer que dans le passé, la situation était différente et que les lessivages étaient bien plus importants qu'ils ne le sont aujourd'hui. En poussant ce raisonnement, on peut envisager le cas extrême selon lequel les radioéléments de la famille de l'uranium auraient été totalement lessivés des niveaux archéologiques : la dose γ actuelle due à l'uranium serait, selon cette hypothèse, réduite à zéro ce qui conduirait à un âge maximum. A l'aide des données du tableau 3, il est facile de montrer que les âges des silex s'étaleraient alors de 256 à 398 ka. On constate donc que même en imaginant un scénario aussi irréaliste, jamais observé dans aucun milieu en particulier granitique, l'âge TL moyen n'excéderait pas 332 ka et resterait donc toujours bien inférieur aux âges RPE. De plus, l'âge apparent de l'échantillon le moins sensible à la dose γ ne dépasserait pas 256 ka, ce qui montre que cet échantillon n'a pas pu être chauffé avant le stade isotopique 7. Ces résultats indiquent que les âges TL des silex sont pertinents et que, de fait, les âges RPE obtenus sur les quartz chauffés de la couche 5e sont sur-estimés. Cette sur-estimation peut s'expliquer par l'une ou plusieurs des causes mentionnées précédemment et pourrait concerner aussi la date de 465 ± 65 ka obtenue par RPE pour la couche 9 de Menez-Dregan 1, sur le même type de matériau chauffé.

VERS UNE AUTRE INTERPRÉTATION DE LA CHRONOSTRATIGRAPHIE DE MENEZ-DREGAN 1

Les interprétations chronostratigraphiques proposées par Monnier *et al.* (2001) reposent à la fois sur certaines datations RPE obtenues pour Menez-Dregan 1 et sur des observations géologiques, archéologiques ainsi que sur des corrélations avec des séquences voisines, en particulier Gwen Drez et Penhat, pour lesquelles les données radiométriques font défaut à l'exception d'une datation

unique (Van Vliet-Lanoë *et al.*, 2000). Un point essentiel de cette interprétation est la reconnaissance et le dénombrement des couches attribuables à des périodes de haut niveau marin. De plus, " les hiatus observés ou supposés " (voir Monnier *et al.*, 2001, page 269) et l'absence de sédiments intercalés entre certains niveaux sont aussi utilisés comme des indicateurs de l'ancienneté des dépôts de Menez-Dregan 1. Pour notre part, nous présentons ici une interprétation en nous limitant aux âges TL obtenus sur les silex et en ne considérant que les données disponibles.

La figure 6 présente, en fonction du temps, les variations du niveau moyen de l'océan (Waelbroeck *et al.*, 2002) et celles du $\delta^{18}\text{O}$ mesurées sur des foraminifères provenant de carottes océaniques (Bassinot *et al.*, 1994), qui informent sur les variations des conditions climatiques globales au cours des derniers 500 ka. On peut ainsi observer qu'au cours du stade 7, sur une période de 50 ka environ, le niveau de l'océan a atteint par trois fois un maximum qui a été suivi d'une baisse d'au moins 20 mètres. Ces amplitudes ont été suffisantes pour permettre aux groupes préhistoriques de s'installer dans la grotte entre deux maxima. De plus, ces variations du niveau de la mer ont peut-être contribué à l'érosion de certaines couches ou au dépôt de matériaux tels que des galets ou des sables. Aussi, on ne peut affirmer que les couches

mis en place lors des périodes de haut niveau marin, par exemple les couches 6 et 8, sont nécessairement associées à des interglaciaires distincts. Il semble donc que sans données radiométriques fiables, l'interprétation chronostratigraphique ne peut rester qu'au stade de l'hypothèse et en aucun cas se fonder sur le seul dénombrement de certaines couches ou l'absence de dépôts.

Actuellement, en se basant sur les données radiométriques les plus fiables et en tenant compte des observations de terrain (présence de traces d'occupations humaines nécessitant un retrait de la mer, présence de dépôts dunaires généralement associés à des conditions climatiques relativement bien identifiées), il semble que l'on puisse avancer l'hypothèse que la couche 5 ait été mise en place à la fin du stade isotopique 7, sur la couche 6 qui correspondrait à l'un des maxima du niveau de la mer identifié pour ce stade ; la couche 4 marquerait ainsi la dégradation climatique survenue lors du passage du stade 7 au stade 6. La couche 3 qui a été datée par RPE de 141 ± 16 ka, à partir de quartz de dune et non de quartz chauffés (date qui n'avait pas été retenue par Monnier *et al.*, 2001 dans leurs interprétations chronostratigraphiques), aurait alors été déposée lors du stade 6 (fig. 6), résultat qui concorde bien avec l'origine dunaire du dépôt. L'ensemble des couches 6 à 3 se serait donc mis en place en un intervalle de temps de 50-60 ka, relativement court à l'échelle géologique. Quant à l'ancienneté des couches sous-jacentes (10-9 et 8-7), elle reste discutable et dépend, faute de données radiométriques fiables, de l'interprétation des sables qui contiennent de petits cailloux anguleux et quelques galets (couche 8), ainsi que des galets de petit module figés dans une matrice sablo-graveleuse (couche 10) (Monnier *et al.*, 2001). Ces dépôts sont-ils des indicateurs de périodes de haut niveau marin ? Et si c'est effectivement le cas, sont-ils distincts de ceux du stade 7 comme l'avancent ces auteurs en les plaçant pendant les stades 13 et 11 ? La question reste ouverte et par là même, l'ancienneté des premières traces d'utilisation du feu à Menez-Dregan 1.

CONCLUSION

Selon les résultats de la TL appliquée aux silex chauffés, la formation de la couche 5 (essentiellement anthropique) se serait produite au cours du stade isotopique 7 (186 - 245 ka) et non au cours du stade 11 comme le suggèrent les âges RPE (Monnier *et al.*, 1994). Les conditions de l'habitat, sur la plage ancienne, supposent une occupation humaine contemporaine d'un début de régression marine (fin interglaciaire ou début glaciaire). Plus précisément, l'âge moyen obtenu à partir de l'étude des silex (197 ± 25 ka) supporterait l'hypothèse d'une mise en place dans la seconde moitié du stade 7, sur les dépôts marins de la couche 6 lesquels se seraient mis en place au cours de la phase optimale du stade 7. Aujourd'hui, aucune datation sur silex n'est disponible pour les couches archéologiques sous-jacentes 7 et 9 qui ont livré, comme la couche 5, de nombreux restes de foyers, et malheureusement, les datations TL sur quartz fournissent des âges non différenciables pour ces trois couches.

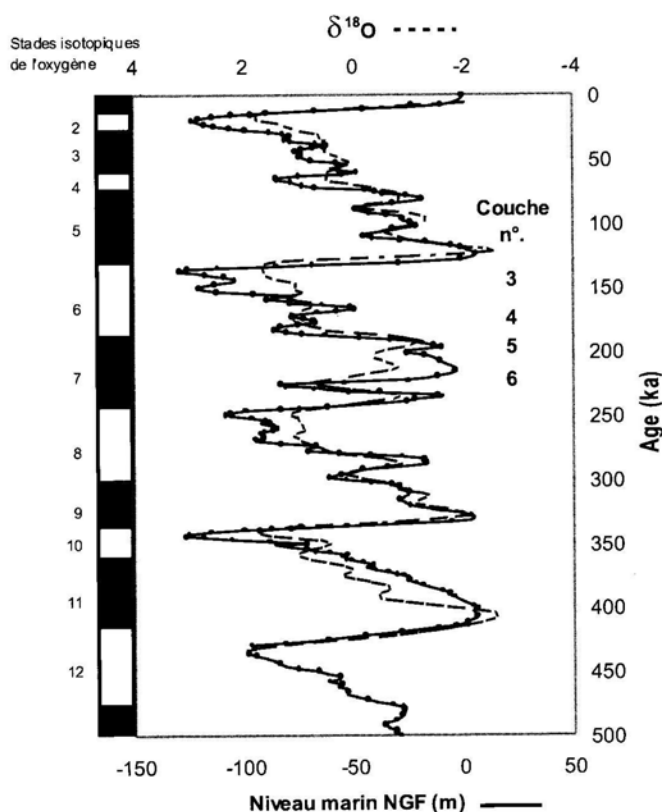


Fig. 6 : Variations pour les derniers 500 ka du niveau moyen de l'océan (Waelbroeck *et al.*, 2002) et du $\delta^{18}\text{O}$ mesuré sur des foraminifères provenant de carottes océaniques (Bassinot *et al.*, 1994). La position chronologique des couches 6 à 3, déduite de la présente étude, est indiquée (voir texte).

Fig. 6: Variations over the last 500 ka of the mean ocean level (Waelbroeck *et al.*, 2002) and $\delta^{18}\text{O}$ measured on foraminifera coming from oceanic cores (Bassinot *et al.*, 1994). The chronological position of layers 6 to 3 as deduced from this study is indicated (see text).

Les nouvelles données chronologiques obtenues par TL offrent donc une alternative aux datations RPE pour l'établissement d'un schéma chronologique retraçant la mise en place, au cours du Pléistocène, des niveaux sédimentaires du site de Menez-Dregan 1. Confrontées aux observations géologiques et archéologiques (Monnier *et al.*, 2001), ces données peuvent conduire à reconsidérer l'ancienneté des structures de combustion et des restes de foyers mis au jour. Par ailleurs, les difficultés rencontrées lors la présente étude justifient de poursuivre l'application des méthodes radiométriques afin de préciser la chronostratigraphie de ce gisement de référence.

BIBLIOGRAPHIE

- AITKEN, M. J., 1985 - *Thermoluminescence Dating*, Academic Press, London, 359 p.
- BASSINOT, F., LABEYRIE, L., VINCENT, E., QUIDELLEUR, X., SHACKLETON, N. & LANCELOT, Y., 1994 - The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, 126, 91-108.
- FALGUÈRES, C., MIALLIER, D., SANZELLE, S., FAIN, J., LAURENT, M., PILLEYRE, T. & BAHAIN, J.-J., 1994 - Potential use of the E' center as an indicator of initial resetting in TL/ESR dating of volcanic materials, *Quaternary Geochronology (Quaternary Science Reviews)*, 13, 619-623.
- JORON, J.-L., 1974 - Contribution à l'analyse des éléments en traces dans les roches et les minéraux par activation neutronique. Application à la caractérisation d'objets archéologiques. *Thèse de 3ème Cycle*. Université Paris-Sud, 101 p.
- MERCIER, N., VALLADAS, H. & VALLADAS, G., 1992 - Some observations on palaeodose determination in burnt flints, *Ancient TL*, 10, 3, 28-32.
- MIALLIER, D., PILLEYRE, T., SANZELLE, S., TRIBOLO, C., MERCIER, N., VALLADAS, H., FROGET, L., REYSS, J.-L., JORON, J.-L., BAHAIN, J.-J., FALGUÈRES, C. & LAURENT, M., 2001 - Comparaison des datations par thermoluminescence (TL) et résonance paramagnétique électronique (RPE) pour le site de Menez-Dregan 1 (Finistère), *DATATION, XXI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Sous la direction de J.-N. Barradon, P. Guibert, V. Michel, Editions APDCA, 207-215.
- MONNIER, J.-L., HALLEGOUËT, B., HINGUANT, S., LAURENT, M., AUGUSTE, P., BAHAIN, J.-J., FALGUÈRES, C., GEBHARDT, A., MARGUERIE, D., MOLINES, N., MORZADÉC, H. & YOKOYAMA, Y., 1994 - A new regional group of the Lower Palaeolithic in Brittany (France), recently dated by Electron Spin Resonance, *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 319, série II, 155-160.
- MONNIER, J.-L., HALLEGOUËT, B., HINGUANT, S., VAN VLIET-LANOE, B., FALGUÈRES, C., LAURENT, M., BAHAIN, J.-J., MARGUERIE, D., MERCIER, N., GEIGL, E.M. & MOLINES, N., 1996 - Menez-Dregan (Plouhinec, Finistère) et le Paléolithique inférieur de l'Ouest de la France. *Actes du XIII^{ème} Congrès UISPP*, Forlì, 99-114.
- MONNIER, J.-L., HALLEGOUËT, B., HINGUANT, S. & MOLINES, N., 2001 - La datation de l'habitat Paléolithique inférieur de Menez-Dregan 1 (Plouhinec, Finistère, France). Argumentation géologique et archéologique. *DATATION, XXI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Sous la direction de J.-N. Barradon, P. Guibert, V. Michel, Editions APDCA, 261-277.
- MONNIER, J.-L. & HALLEGOUËT, B., 1999 - Rapport de fin d'opération triennale de la fouille du gisement paléolithique inférieur de Menez-Dregan 1.
- PRESCOTT, J.R. & HUTTON, J.T., 1988 - Cosmic ray and gamma ray dosimetry for TL and ESR. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, 14, 223-227.
- SANZELLE, S., MIALLIER, D., PILLEYRE, T., FAIN, J. & MONTRET, M., 1996 - A new slide technique for regressing TL/ESR dose response curves, *Radiation Measurements*, 26, 4, 631-638.
- VALLADAS, H., 1983 - Estimation de la température de chauffe de silex préhistoriques par leur thermoluminescence, *Compte Rendus Académie des Sciences de Paris*, t. 296, série II, 993-996.
- VALLADAS, H., 1992 - Thermoluminescence dating of flint, *Quaternary Science Reviews*, 11, 1-5.
- VAN VLIET-LANOE, B., LAURENT, M., BAHAIN, J.-J., FALGUÈRES, C., FIELD, M., HALLEGOUËT, B. & KEEN, D., H., 2000 - Middle Pleistocene raised beach anomalies in the English Channel and global stratigraphic implications. *Journal of Geodynamics*, 29, 15-41.
- WALBROECK, C., LABEYRIE, L., MICHEL, E., DUPLESSY, J.-C., MCMANUS, J.F., LAMBECK, K., BALBON, E. & LABRACHERIE, M., 2002 - Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews*, 21 (1-3), 295-305.