

MISE EN ÉVIDENCE DE QUATRE COURTES PÉRIODES DE RÉCHAUFFEMENT PENDANT LE SAALIEN SUPÉRIEUR (190 A 130 KA) EN BRETAGNE

EVIDENCE FOR FOUR ABRUPT “WARMING” EPISODES DURING THE UPPER SAALIAN (190 TO 130 KA) IN BRITTANY

J.P. Lefort^a, G.A. Danukalova^b, F. Eynaud^c et J.L. Monnier^a

a - Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, Laboratoire d'Archéosciences (bât. 24-25), 74205 CS, 35042 Rennes cedex, France

b - Institute of Geology, Ufimian Scientific Centre, Russian Academy of Sciences, 450077, Ufa, K. Marx, Str. 16/2; Kazan Federal University, 18, Kremlevskaya St., 420008, Kazan, Russia

c - UMR 5805 EPOC, University of Bordeaux, Allée Goeffroy St Hilaire, F-33615, Pessac, France

* Auteur correspondant

Résumé. L'étude de la production totale de coquilles typiques de l'association à *Pupilla muscorum* dans deux sites d'Europe occidentale (Nantois en Bretagne et Villiers-Adam dans le bassin de Paris) a permis de montrer l'existence de quatre brefs épisodes de réchauffement et d'augmentation de l'humidité pendant le Saalien supérieur. La comparaison avec des charbons de bois et des restes de rongeurs prélevés dans le site archéologique de La Cotte de Saint Brolade à Jersey confirme ces événements climatiques. On retrouve ces mêmes réchauffements dans les sédiments prélevés par forage en mer Celtique (MD03-2692). Les variations contemporaines du niveau de la mer montrent qu'il ne s'agit pas seulement d'événements régionaux mais qu'ils sont aussi globaux et contrôlés par les phénomènes astronomiques de précession et d'insolation. L'excellente corrélation que l'on constate avec les différentes périodes d'occupation des Néandertaliens en Bretagne montre pour la première fois le rôle majeur que jouait le climat dans leurs migrations et permet de proposer l'existence d'un seuil climatique.

Mots-clés. Saalien supérieur, Bretagne, réchauffements climatiques, malacologie, néandertaliens, migrations paléolithiques.

Abstract. Study of the total shell production typical of the *Pupilla* association in two onshore sites of western Europe (Nantois in Brittany and Villiers-Adam in the Paris Basin) evidenced for the first time four brief and abrupt “warming” and humid episodes during the Upper Saalian loess deposition. Comparison with charcoal and rodents remnants sampled in La Cotte de Saint Brolade (Jersey Island) confirms the existence of these warmer events. Comparisons with deep marine deposits of the same age sampled in the Celtic Sea (MD03-2692 core) show that the offshore sediments are characterized by the same “warming” phases. Other comparisons with the global variations of the sea-level show that the “warming” episodes were not only of regional interest but correspond to global events ruled by precessions and insolation cycles. Correlations with the discontinuous dwelling phases of Neanderthals recorded in Brittany demonstrate that these populations were migrating to the south when the climate was too cold.

Introduction

Le Quaternaire qui a duré 2,6 millions d'années est l'époque la plus récente de l'histoire de la terre. Il se caractérise par l'apparition de l'homme et par l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires répétées. Il a existé au moins 17 périodes glaciaires d'une durée variant entre 50 à 100 000 ans séparées par des périodes interglaciaires d'une durée variant entre 10 à 20 000 ans. Les périodes froides étaient entre autres caractérisées par le dépôt de sédiments loessiques apportés du nord par les vents catabatiques. Seules les deux dernières glaciations sont bien représentées en Bretagne, la plus ancienne ne comptant que peu d'affleurements. Nous étudierons ici l'avant dernière glaciation appelée Saaliennne et plus particulièrement sa phase terminale. Le Saalien supérieur, très froid, qui régnait entre 190 et 130 000 ans correspond au stade MIS 6 de la chronologie isotopique marine.

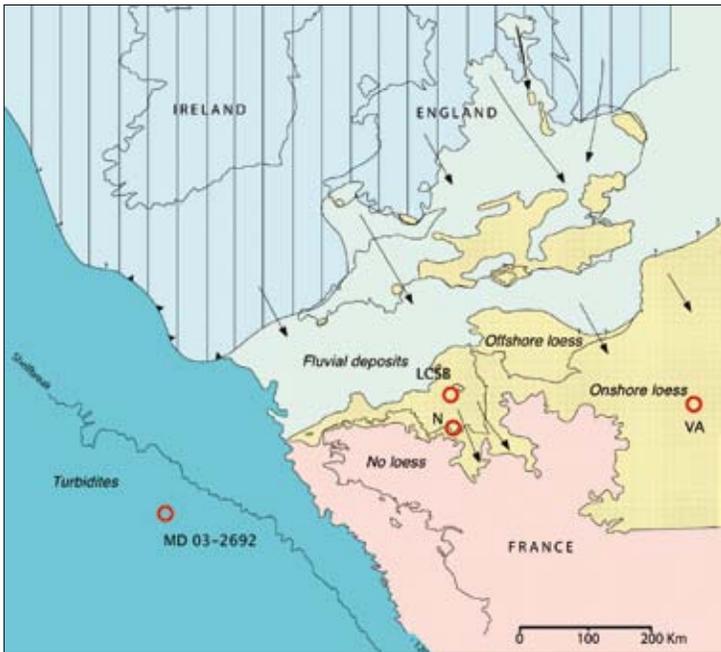


Fig. 1 - Localisation de quatre sites où le Saalien supérieur a été reconnu à l'ouest de l'Europe, représenté au maximum de sa régression. LCSB : la Cotte de Saint-Brolade ; MD 03-2692 : forage de la mer Celtic ; N : Nantois ; Va : Villiers-Adam. Flèches noires : direction des vents catabatiques. Figuré vertical : calotte glaciaire anglaise. Trame turquoise : Océan Atlantique ; Trame verte : nombreux dépôts fluviatiles ; Trame jaune : extension maximum du loess ; Trame rose : zone sans loess.

L'étude malacologique

Le site de Nantois

La description de la stratigraphie du site de Nantois déjà décrite par Monnier (1973) puis par Danukalova *et al.*, (2017) ne sera pas reprise ici. Cette coupe située en Baie de St-Brieuc (fig. 1) est principalement constituée de loess. Comme la majorité des sédiments loessiques déposés en période très froide elle n'est constituée que d'un faible nombre d'espèces. Sept espèces ont été reconnues ici (*Succinella oblonga*, *Pupilla muscorum*, *Cochlicopa lubrica*, *Vertigo cf. alpestris*,

Vallonia pulchella et *Limax* sp.). L'espèce la plus intéressante est représentée par les limaces qui ne peuvent vivre dans un environnement trop sec. Les autres espèces témoignent d'un environnement plus humide. La figure 2 montre le résultat des comptages de coquilles donnés ici pour 2,5 kilos de sédiments. On Remarque que certains niveaux sont très riches en coquilles (malacozones 1a, 2 et 4). L'étude des espèces montre qu'elles correspondent à des périodes légèrement plus chaudes par rapport à un environnement par ailleurs très sévère. En bref, on note la présence de courtes périodes d'amélioration climatique alternant avec des périodes nettement plus froides dans un environnement de type toundra (Danukalova *et al.*, 2017). L'absence de coquilles au-dessus du niveau 25 est liée à une décalcification complète du loëss par les acides humiques qui ont dissout les coquilles.

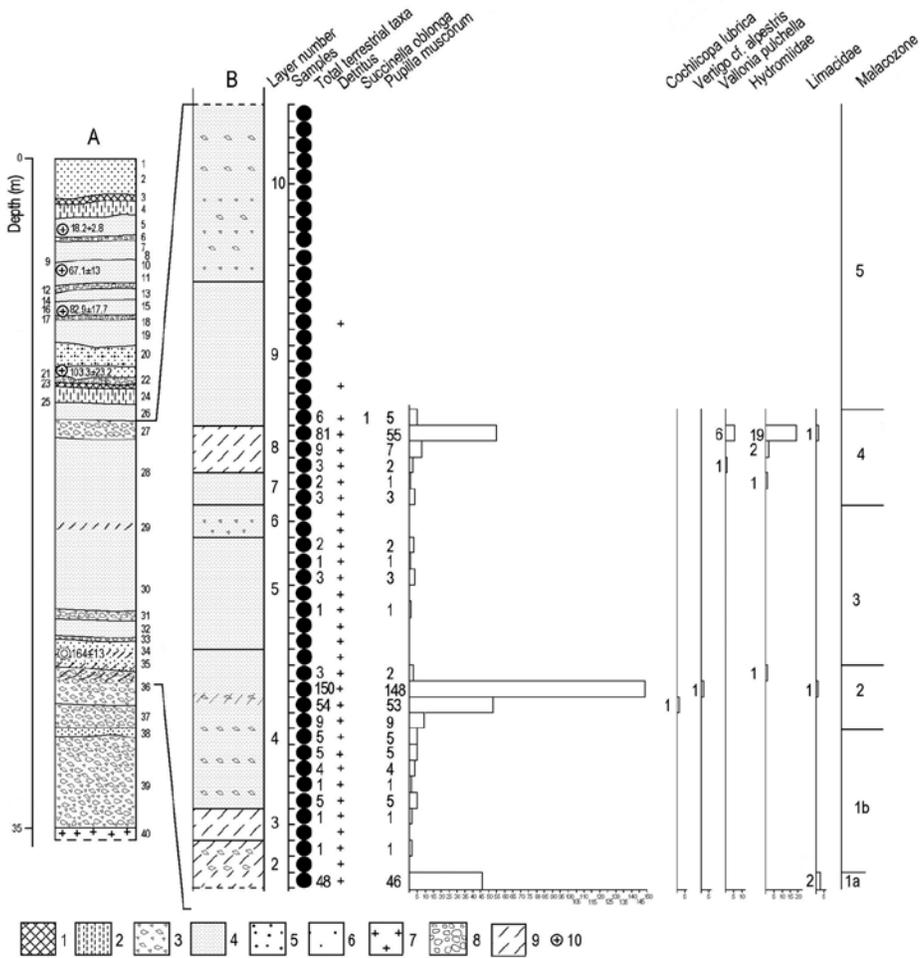


Fig. 2 - Fréquences des différents types de mollusques mesurées dans la formation de Nantois ; Coupe A : Séquence stratigraphique selon Monnier (1973) : petits chiffres arabes : numérotation des unités lithologiques ; Coupe B : intervalle échantonné (Saalien supérieur). Les valeurs représentent le nombre total de gastéropodes par échantillon. Le symbole + indique la présence de détritux coquilliers. Lithologie : 1 : sol (horizon A) ; 2 : sol (horizon B) ; 3 : colluvion (=head) ; 4 : loëss ; 5 : limon sableux ; 6 : sable ; 7 : socle ; 8 : galets ; 9 : limon ; 10 : datation. La légère différence entre les coupes A et B résulte de l'érosion de la falaise au cours des 40 dernières années.

Le site de Villiers-Adam

Le site de Chamesson en Villiers-Adam situé dans le Bassin Parisien a été étudié par Limondin-Lozouet et Gauthier (2003) pour la malacologie; il est lui aussi en majorité constitué de loess. On pourra retrouver les détails de sa stratigraphie dans Locht *et al.* (2003). Ce site n'a livré que cinq espèces de coquilles. Comme à Nantois c'est *Pupilla muscorum* qui domine. Les autres espèces sont *Trichia hispida*, *Succinella oblonga* et un gastéropode aquatique *Lymnaea truncatula*. Les Limacidae sont à nouveau bien présents. Cet environnement a été considéré comme difficile à coloniser bien que dans l'ensemble le nombre de coquilles croisse vers le haut. La quantité totale d'individus est nettement inférieure à celle trouvée à Nantois probablement parce que le site de Chamesson était plus continental. L'association *Pupilla muscorum*, *Trichia hispida* et *Succinella oblonga* est considérée comme typique des environnements steppiques. Ces résultats sont reportés sur la figure 3.

L'étude paléontologique

Le site de La Cotte de Saint-Brolade situé à Jersey est un très important site archéologique qui a été étudié pendant de nombreuses années. Il est situé à 50 kilomètres au Nord de Nantois. La stratigraphie effectuée au cours des fouilles a été publiée par Callow and Cornford (1986) et ne sera pas reprise ici. Ce site n'a pas donné lieu à une étude malacologique, par contre les résultats concernant la faune et la flore sont très importants. L'étude des charbons de bois des feux allumés par les néandertaliens montre la présence de *Quercus*, de *Fraxinus* et d'*Ulmus*, ce qui suggère l'existence d'une amélioration climatique bien exprimée. Ces niveaux alternent des niveaux où l'on a trouvé des rongeurs tels que *Sicista* sp., *Dicrostonyx torquatus*, *Microtus malei*, *Microtus arvalis* et *Microtus gregalis* qui vivaient à des températures entre -45 et +15° C (Chaline and Brochet, 1986) et qui témoignent donc d'un climat très froid. Ces informations sont fondamentales puisqu'elles montrent encore mieux qu'à Nantois et à Villiers-Adam l'alternance de périodes froides interrompues par des améliorations climatiques nettes. Néanmoins la stratigraphie de la La Cotte de Saint-Brolade ne sera pas utilisée dans nos corrélations, d'une part parce que l'on a constaté des pollutions stratigraphiques à certains niveaux mais surtout parce qu'il existe une discontinuité érosive importante dans le quart inférieur telle que l'on ne connaît pas la puissance initiale du Saalien supérieur dans ce site.

L'étude sous-marine

La comparaison entre les données continentales et marines est importante pour deux raisons. En Mer Celtique la sédimentation a été continue pendant tout le Quaternaire, ce qui n'est pas forcément le cas à terre où il peut exister de légères lacunes dans le dépôt des loess. De plus, en mer, les datations sont très nombreuses, celles reposent sur le carbone 14 pour les périodes récentes ou grâce au calibrage SPECMAP et sur l'enregistrement des données du $\delta^{18}\text{O}$ (isotope de l'oxygène) pour les périodes plus anciennes, ce qui n'est pas le cas à terre. Les observations marines utilisées sont d'un type totalement différent, ce qui renforcera nos conclusions lorsque l'on discutera de la convergence entre les différents types d'informations. Les données qui ont été les plus utiles dans le carottage MD 03-2692 sont la densité des *laminae* et la concentration en *Neogloboquadrina pachyderma* (Eynaud

et al. 2007). Les *laminae* correspondent à de fins niveaux d'accumulation de fragments détritiques issus soit de la fonte des icebergs dérivants soit des apports du fleuve Manche qui drainait des sédiments issus de la fonte des glaces à terre. Les *Neogloboquadrina pachyderma* sont des foraminifères caractéristiques des eaux polaires froides ; leur nombre s'accroissait en même temps que le nombre des *laminae*. Il est intéressant de souligner qu'à cette époque les eaux froides de surface issues de la fonte des glaciers et des icebergs dérivants marquent en fait un réchauffement. Ces deux types d'informations sont reportées dans la figure 3. En bref, la présence d'une concentration de *laminae* et l'accroissement des *Neogloboquadrina pachyderma* signalent comme à terre l'existence d'un léger réchauffement.

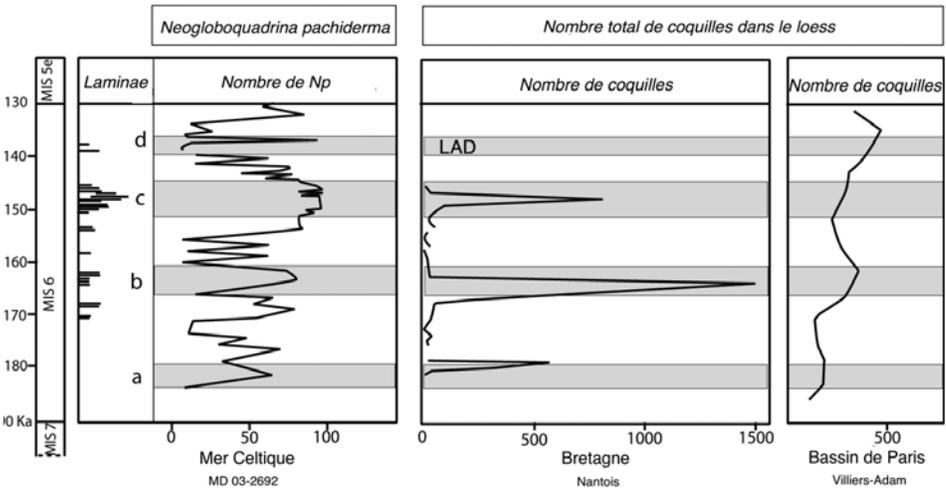


Fig. 3 - Corrélation entre les *laminae*, les foraminifères marins et les pics de fréquence des gastéropodes échantonnés dans les loëss à terre. LAD : Limon à doublets. a, b, c, d: épisodes de « réchauffement ».

La normalisation des données

Il est évident que les coupes géologiques observées à terre et en mer n'étaient pas de même puissance. Il a donc été nécessaire de les normaliser avant de comparer les légers réchauffements propres à chacune d'entre elles. Il est certain que cette normalisation va changer la longueur d'onde des signaux indiquant les phases de réchauffement, surtout lorsque la coupe initiale était d'une épaisseur très différente du module choisi pour la normalisation. Ce biais n'a aucune importance puisque nous comparerons seulement ici l'amplitude de ces signaux. La figure 3 résume les corrélations que l'on peut établir entre les différents sites discutés plus haut. On notera que le site de Nantois présente le plus grand nombre de coquilles probablement par ce qu'il était le plus marqué par les influences maritimes. On se souvient que la partie supérieure de la coupe de Nantois était totalement dépourvue de coquilles car totalement décalcifiée. Fortuitement cette zone est caractérisée par un niveau de « limon à doublets » faciès sédimentaire typique d'un très léger réchauffement (Monnier *et al.*, 1997).

On note une bonne corrélation entre les différentes phases de « réchauffement » reconnues à terre, les zones à *laminae* et le développement des *Neogloboquadrina pachyderma* en mer. Les périodes pendant lesquelles on trouve des charbon de bois de chêne à Jersey doivent coïncider avec certains de ces “réchauffements” mais elles n’ont pu être corrélées avec les autres données car cette coupe présente des lacunes.

Âge des phases de réchauffement

Si l’on se reporte à la figure 3 et si l’on s’appuie sur les datations effectuées sur le carottage de mer Celtique, les différentes phases de « réchauffement » qui ont affectés le Saalien supérieur se situent approximativement entre 186 et 179 ka, 165 et 160 ka, 151 et 144 ka et entre 139 et 135 ka. Bien que la première hypothèse ait été de considérer que ces améliorations climatiques tiraient leur origine de positions différentes du Gulf Stream (Mörner, 1996), il parut utile de tester quelles étaient les variations du niveau de la mer à la même époque (Waelbroeck *et al.*, 2002). Cette courbe (fig. 4) construite à partir des teneurs isotopiques de l’oxygène mesurées sur des foraminifères benthiques de l’Atlantique nord et équatorial a été complétée par des données plus détaillées pour les périodes récentes (Shackleton, 1987). On note sur la partie individualisée de cette courbe (fig. 4b) une parfaite concordance entre les phases de « réchauffement » et les variations positives du niveau de la mer. Cette simultanéité est aussi totalement compatible avec l’évolution des températures

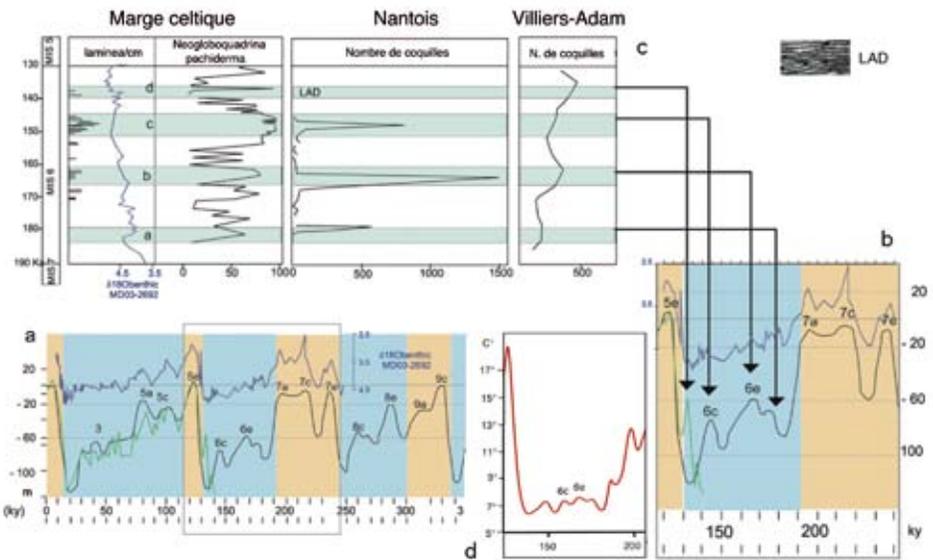


Fig. 4 - Comparaison entre les quatre épisodes de « réchauffement » et les variations contemporaines du niveau de la mer au cours du Saalien supérieur. a : Variations du niveau de la mer au cours des derniers 450000 ans d'après Waelbroeck *et al.* (2002) (courbe en noir) complétée par les données de Shackleton's (1987) pour les périodes plus récentes (courbe verte) ; b : mêmes données agrandies pour le Saalien supérieur, les valeurs de $\delta^{18}O$ mesurées dans le forage MD 03-2692 sont aussi figurées pour comparaison ; c : Corrélation entre les laminae et les différents pics de fréquence biologique ; LAD : "Limon à doublets". d : Évolution des températures enregistrées dans les forages de glace EPICA et VOSTOK pendant le Saalien supérieur. Vignette : photographie du faciès « limon à doublets ».

enregistrées dans les forages de glace EPICA et VOSTOK (fig. 4d). Nous avons ajouté sur la figure 4b les variations du $\delta^{18}\text{O}$ mesurées sur le carottage MD 03-2692 qui montrent visuellement l'excellente comptabilité entre les données globales et les données de mer Celtique. On remarquera que le niveau de la mer était proche de -60 à -70 m lors des différentes phases de « réchauffement », ce implique des transgressions qui pouvaient atteindre le nord du Cotentin en remontant le long de la vallée du fleuve Manche alors en partie à sec. Jersey était alors très près du rivage de cette mer, qui en réchauffant le continent, permettait au chêne et au charme de se développer sur l'île.

L'étude archéologique

Les observations de terrain ont montré depuis longtemps que les Néandertaliens n'avaient pas occupé la Bretagne en permanence (Monnier, 1973). D'où l'idée de tester si les « réchauffements » du Saalien Supérieur avaient eu un impact sur leurs migrations.

La présence des néandertaliens en Bretagne

Trois sites ont particulièrement été étudiés et datés: le site de Nantois, le site de Piegu et le site de Grainfollet.

- Le site de Nantois est considéré comme un arrêt de chasse (fig. 6) ; on y trouve des restes abondants de la présence de Néandertal. Le niveau archéologique est le niveau 35 (fig. 2). À cause d'un site très voisin déjà daté, un âge ESR/U-Th de 164 ± 13 ka (fin du Pleistocène moyen) lui avait été attribué. Plus récemment un nouvel âge de 166 ± 8 ka (Bahain *et al.*, 2012) a été mesuré dans la partie supérieure de la couche archéologique.

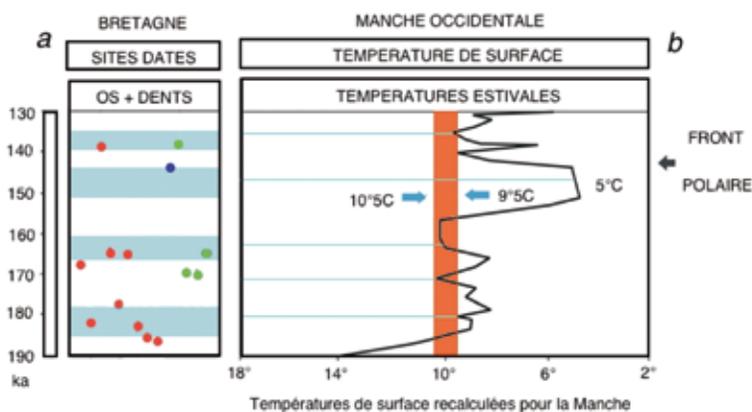


Fig. 5 - Corrélations entre les données marines et continentales pour le Saalien supérieur. a : Comparaison entre les périodes de « réchauffement » reconnues à partir de l'étude des gastéropodes terrestres et l'âge des sites occupés par les Néandertaliens - Points rouges : sites de Nantois et de Piegu - Points verts : site de Grainfollet - Point bleu : site de localisation douteuse ; b : Courbe des variations des températures de surface recalculées pour le sud de la Manche occidentale ; tirets verts : corrélations entre les différents réchauffements étudiés à terre et en mer ; Marque rouge verticale : estimation du seuil migratoire des Néandertaliens au Saalien supérieur.

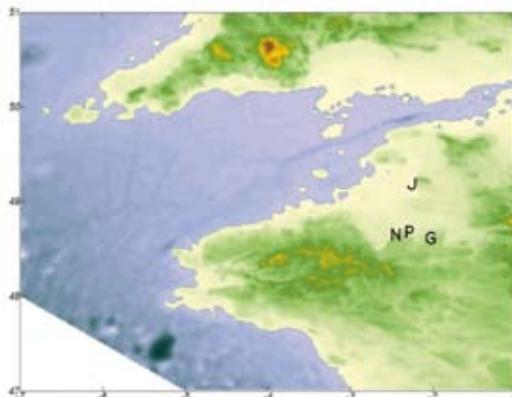


Fig. 6 - Limite transgressive de la mer lors des phases de « réchauffement » du Saalien supérieur. G : Grainfollet ; J : Jersey (La Cotte de Saint Brolade) ; N : Nantois ; P : Piégu. (MNT- P. Stéphan).

- Le site de Piégu situé près du Val André (fig. 6) est un site complexe correspondant à une ancienne boucherie dont les différentes couches ont glissés le long d'une pente très raide. On y trouve de nombreux silex moustériens ainsi que les restes d'une faune importante tels que *Canis lupus*, *Stephanorhinus cf. hemitoechus*, *large Equus sp.*, *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus*, *Bos primigenius*, *Sus scrofa*, *Megaloceros giganteus* et cf. *Oryctolagus sp.* (Auguste, 2009). De nombreuses datations ont été obtenues sur des os et des dents (Bahain *et al.*, 2012). On retiendra les âges qui suivent obtenus par US/ESR : 178 ± 36 ka, 165 ± 33 ka, 182 ± 16 ka ; 186 ± 15 ka et 187 ± 18 ka.

- Le site de Grainfollet situé au pied d'une falaise rocheuse est situé sur un estran en bordure de la Rance ; il a lui aussi servi de boucherie. On y trouve des restes de feux, de nombreux artefacts (Monnier, 1982) et une faune abondante (*Elephas primigenius*, *Equus* et *Cervus sp.*). Des datations ESR-U/Th viennent d'y être réalisées (Laforge *et al.*, 2018), on peut les séparer en deux groupes, l'un se situant vers 138 ka et l'autre vers 171 ka.

Ces datations sont reportées sur la figure 5 sur laquelle les datations de Nantois et de Piégu sont figurées en rouge et celles de Grainfollet en vert.

Comparaison entre les phases de réchauffements à terre et la présence des néandertaliens en Bretagne

La figure 5a montre la superposition entre les périodes de « réchauffement » (principalement basée sur les gastéropodes continentaux) et la présence des néandertaliens en Bretagne. On y observe une bonne corrélation entre les « réchauffements » et l'ensemble des datations obtenues à partir du groupe Nantois-Piégu ainsi qu'avec deux des datations obtenues à Grainfollet. Par contre deux datations de ce dernier groupe semblent un peu plus anciennes que les périodes d'amélioration climatique. Enfin un âge se situe à la limite du « réchauffement » daté entre 151 et 144 ka. L'absence apparent de population néandertalienne à cette époque peut probablement s'expliquer par la présence du front polaire alors localisé à la latitude de la Bretagne (Colleoni *et al.*, 2010). Si l'on se souvient qu'il est possible que certains prélèvements réalisés à Grainfollet pourraient ne pas être rigoureusement en place à cause de phénomènes de solifluxion et du balancement des marées (Monnier, 1982), on peut penser que la position de cet échantillon pourrait ne peut être pas significative.

Comparaison entre les phases de réchauffement des eaux marines de surface et la présence des néandertaliens en Bretagne

Sachant que le niveau de la mer était proche de -60 à -70 m lors des différentes phases de « réchauffement » et que cette mer pouvait atteindre le nord du Cotentin (fig. 6), on peut penser que l'effet de réchauffement que procure actuellement la proximité de la mer en Bretagne existait déjà pendant le Saalien supérieur (fig. 1) ; c'est pourquoi il a semblé intéressant de rechercher les températures de surface qui régnaient alors en Manche Occidentale. Ces températures ont été calculées à partir du $\delta^{18}\text{O}$ mesuré sur des foraminifères pélagiques prélevés dans un forage situé au sud de l'Irlande (Kandiano, 2002). Sachant qu'il existe une différence de deux degrés entre les eaux de surface du sud de l'Irlande et celles qui baignent le nord de la Bretagne nous avons recalculé les températures qui régnaient pendant l'été durant le Saalien supérieur (fig. 5b). On remarquera qu'il existe de bonnes corrélations entre ces deux types d'information même si la température n'est pas le seul critère qui ait influencé le développement de *Pupilla muscorum*. Sur cette figure le fait le plus marquant concerne la température des eaux de surface lorsque le Front Polaire se situait à la latitude de la Bretagne puisqu'elles atteignaient alors 5°C en été. On se rappellera que c'est aussi l'époque où les néandertaliens semblent avoir été absents de Bretagne (période de « réchauffement » située entre 151 et 144 ka).

Conclusion

- L'étude de la fréquence des gastéropodes contenus dans les loëss du Saalien Supérieur du nord de la Bretagne a permis de mettre en évidence quatre courtes phases d'amélioration climatique.

- Les variations contemporaines du niveau de la mer et l'évolution des températures enregistrées sur les forages EPICA et VOSTOK confirment la réalité de ces « réchauffements ».

- Il n'y avait pas d'habitat permanent des Néandertaliens pendant le Saalien supérieur en Bretagne.

- Les isotopes de l'oxygène montrent que les différents « réchauffements » n'étaient pas de même amplitude.

- Il y a une bonne corrélation globale entre la présence des Néandertaliens et les périodes de « réchauffement ».

- L'étude de la température des eaux de surface en Manche montre les mêmes phases de réchauffement (supprimer le S final) mais aussi un peu plus de détails quant aux températures, ce qui permet une bonne corrélation avec les sites datés autour de 170 ka.

- Le bon développement des coquilles situées entre 151 et 144 ka à Nantois alors que la température des eaux de surface ne dépassait pas 5°C en été et que les Néandertaliens étaient visiblement absents de Bretagne, montre que le seuil climatique qui contrôlait la présence des Néandertaliens et celui des gastéropodes n'était pas le même.

Avertissement : Le texte de cette note est un concentré de l'épaisse publication rédigée en anglais et soumise à la revue *Quaternary International*. Les lecteurs intéressés par l'ensemble

des données utilisées dans cette note et par une argumentation scientifique plus approfondie peuvent se reporter au Power Point présenté au Congrès INQUA/SEQS de Tauvel en 2017. Il peut être consulté sur le site de la SGMB.

Ce travail a été en partie réalisé grâce au programme du gouvernement russe de développement compétitif de l'Université Fédérale de Kazan et des Programmes de l'État Russe N° 0252-2014-0006 et N° 0252-2016-0006.

Bibliographie simplifiée

- AUGUSTE, P., 2009. Évolution des peuplements mammaliens en Europe du Nord- Ouest durant le Pléistocène moyen et supérieur. Le cas de la France septentrionale. *Quaternaire* 20, 527-550.
- BAHAIN, J. -J., FALGUÈRES, C., LAURENT, M., SHAO, Q., DOLO, J.M., GARCIA, T., DOUVILLE, E., FRANK, N., MONNIER, J.L., HALLÉGOUËT, B., LAFORGE, M., HUET, B., LIOUVILLE, M., SERRE, F. AND GAGNEPAIN, J., 2012. ESR and ESR/U-series dating study of several middle Palaeolithic sites of Pléneuf-Val-André (Brittany, France); Piégu, Les Vallées and Nantois. *Quaternary Geochronology* 10, 424-429.
- CALLOW, P. AND CORNFORD, J.M., 1986. La Cotte de St-Brelade 1962-1978. Excavation by C.B.M. Mc Burney. *Geobook*. University Press. Cambridge. UK. 432 pp.
- CHALINE, J. AND BROCHET, G., 1986. *The rodent fauna*. In: Callow, P. and Cornford, J.M., 1986,
- COLLEONI, F., LIAKKA, J., KRINNER, G., JAKOBSSON, M., MASINA, S AND PEYAUD, V., 2010. The sensitivity of the Late Saalian (140 ka) and LGM (21 ka) Eurasian ice sheets to sea surface conditions. *Climate Dynamics*, 37 (3-4), 531-553.
- DANUKALOVA, G., MONNIER, J.L., LEFORT, J.P., OSIPOVA, E., PUSTOC'H, F. AND LE BANNIER, J.CH, 2017. Sedimentological and malacological comparisons between the Upper Saalian and Upper Weichselian loess superimposed in the Nantois cliff (France): Reconstruction of their environments south of the British Ice Sheet. *Archéosciences*, 41, (2), 63-87.
- EYNAUD, F., ZARAGOSI, S., SCOURSE, J., MOJTAHID, M., BOURILLET, J.F., HALL, I.R., PENAUD A., LOCASCIO, M., REJONEN, A., 2007. Deglacial laminated facies on the NW European continental margin: the hydrographic significance of British-Irish Ice Sheet deglaciation and Fleuve Manche paleoriver discharges, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 8, doi: 10.1029/2006GC001496
- KANDIANO, E. S., 2002. *Dynamics of the Ocean Surface in the Polar and Subpolar North Atlantic over the last 500 000 Years*. Thesis University of Kiel.1-90.
- LAFORGE, M., BAHAIN, J.J., SHAO, Q., FALGUERES, CH., LAURENT, M. AND MONNIER, J.L. 2018. L'abri sous roche de Grainfollet (St-Suliac, Ille-et-Vilaine) : chronostratigraphie et datation ESR-U/Th d'une occupation du Paléolithique moyen en contexte périglaciaire. *Quaternaire* (in press).
- LIMONDIN-LOZOUET, N., GAUTHIER, A., 2003. Biocénoses pléistocènes des séquences loessiques de Villiers-Adam (Val-d'Oise, France) : études malacologique et palynologique. *Quaternaire* 14, 237-252.
- LOCHT, J.L., ANTOINE, P., BAHAIN, J.J., DWRILA, G., RAYMOND, P., LIMONDIN-LOZOUET, N., GAUTHIER, A., DEBENHAM, N., FRECHEN, M., ROUSSEAU, D.D., HATTÉ, CH., HAESAERTS, P., METSDAGH, H., 2003. Le gisement paléolithique moyen et les séquences pléistocènes de Villiers-Adam (Val-d'Oise) : chronostratigraphie, environnement et implantations humaines. *Gallia préhistoire* 45, 1-111.
- MONNIER, J.L., 1973. *Contribution à l'étude des dépôts quaternaires de la région de Saint-Brieuc. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie - Préhistoire - Protohistoire - Quaternaire - Armoricains*. Thèse 3^e cycle, Université de Rennes 1, 259 pp.
- MONNIER, J.L. 1982. Le Paléolithique inférieur et Moyen en Bretagne. Habitats et économie des matières premières. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 2-3, 93-104
- MONNIER, J.L., VAN VLIET-LANOË, B., HALLÉGOUËT, B., 1997. Nantois. Saalian loesses, Eemian pedocomplex, Weichselian succession. In: *The quaternary of Brittany. Guidebook*. Travaux du Laboratoire d'Anthropologie. Université de Rennes 1, p. 41-46.

- MÖRNER, N.A., 1996. Earth Rotation, Ocean Circulation and Paleoclimate: The North Atlantic–European case. In: Andrews, J.T., Austin, W.E.N., Bergsten, H., Jennings, A.E. (Eds.), *Late Quaternary Palaeoceanography of the North Atlantic Margins: an introduction*. Geological Society, London, Special Publications 111, 359-370.
- SHACKLETON, N. J., 1987. Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quaternary Science Reviews* 6, 183-190.
- WÆLBROECK, C., LABEYRIE, L., MICHEL, E., DUPLESSY, J. C., MCMANUS, J. F., LAMBECK, K., BALBON, E., LABRACHERI, M., 2002. Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quaternary Science Reviews* 21, 295-305.