

Dilatation du temps radiocarbone, géodynamo et préhistoire

Fruit d'une importante collaboration internationale, une publication récente dans la prestigieuse revue PNAS (*Proceedings of the National Academy of Sciences*) met en évidence une dilatation du temps de l'horloge du radiocarbone qui aura des répercussions importantes pour l'étude de la préhistoire et de la paléoclimatologie. En particulier dans le champ de la paléanthropologie, ces résultats réduisent la durée de la présence simultanée des premiers hommes modernes et des néandertaliens sur le continent européen. Le professeur Edouard Bard, titulaire de la chaire Évolution du climat et de l'océan, et son équipe du CEREGE d'Aix-en-Provence, sont étroitement associés à ces travaux.

Le radiocarbone est la méthode de datation la plus utilisée pour la période des 50 000 dernières années. Elle est fondée sur la désintégration radioactive du ^{14}C produit originellement dans la haute atmosphère par interaction avec les particules du rayonnement cosmique. La teneur en ^{14}C d'un échantillon fossile est comparée à la teneur en ^{14}C de l'atmosphère, qui constitue la référence de départ, avant sa disparition régulière par désintégration radioactive avec une période de 5 700 ans. Les données brutes de la datation radiocarbone ne constituent pas un absolu, car la teneur atmosphérique en ^{14}C change au fil du temps. Cette teneur en ^{14}C dépend du taux de production par le rayonnement cosmique ainsi que des réarrangements du cycle biogéochimique du carbone.

Pour calculer l'âge d'un objet ancien à partir de la mesure du ^{14}C qu'il contient, il faut connaître la teneur en ^{14}C de l'atmosphère contemporaine de l'époque d'apparition de cet objet. L'âge radiocarbone initial est donc corrigé (on dit calibré) en comparant la teneur en ^{14}C mesurée avec celles d'autres échantillons pour lesquels des âges justes et précis ont été obtenus par des méthodes indépendantes comme le comptage des cernes annuels des arbres ou la datation des carbonates par la méthode à l'uranium-thorium (U-Th). Depuis trente ans, les courbes de calibration du radiocarbone sont élaborées par le groupe de travail international **IntCal**, qui vient de publier une importante mise à jour (IntCal20)¹.

¹ Bard E, Heaton TJ, Talamo S, Kromer B, Reimer RW, Reimer PJ. Extended dilation of the radiocarbon time scale between 40,000 and 48,000 years BP and the overlap between Neanderthals and *Homo sapiens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (35), 21005-21007, (2020) <https://www.pnas.org/content/117/35/21005>

Reimer PJ, Austin WEN, Bard E, Bayliss A, Blackwell PG, Ramsey CB, Butzin M, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hajdas I, Heaton TJ, Hogg AG, Hughen KA, Kromer B, Manning SW, Muscheler R, Palmer JG, Pearson C, Plicht Jvd, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Turney CSM, Wacker L, Adophi F, Büntgen U, Capano M, Fahrni S, Fogtmann-Schulz A, Friedrich R, Köhler P, Kudsk S, Miyake F, Olsen J, Reinig F, Sakamoto M, Sookdeo A, Talamo S. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon calibration curve (0-55 kcal BP). *Radiocarbon*, 62 (4), (2020) <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.41>

Heaton TJ, Köhler P, Butzin M, Bard E, Reimer RW, Austin WEN, Bronk Ramsey C, Grootes PM, Hughen KA, Kromer B, Reimer PJ, Adkins JF, Burke A, Cook MS, Olsen J, Skinner LC. Marine20 - the marine radiocarbon age calibration curve (0-55,000 cal BP). *Radiocarbon*, 62 (4), (2020) <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.68>

Cet effort international inclut les résultats obtenus par le CEREGE qui dispose du spectromètre AixMICADAS (voir photo) installé dans le cadre des projets EQUIPEX ASTER-CEREGE et ANR CARBOTRYDH. Une comparaison internationale sur des séries d'arbres subfossiles² montre la qualité de ces nouvelles datations réalisées au moyen de cet instrument³. Le CEREGE fait partie du groupe des huit laboratoires les plus justes et les plus précis au monde, qui ont tous été mis à contribution pour l'établissement de cette nouvelle calibration.



Photo. Le spectromètre AixMICADAS au CEREGE d'Aix-en-Provence. Unité du radiocarbone ©CEREGE

Comme l'illustre bien la publication de PNAS, la courbe IntCal20 permet de calculer le rythme de l'horloge radiocarbone avec une précision sans précédent. Pour l'essentiel des 50 000 dernières années, la pente de la courbe est inférieure à l'unité, ce qui signifie que l'horloge radiocarbone fonctionne au ralenti. Ceci vient encore confirmer des études publiées il y a trente ans à partir de datations ¹⁴C et U-Th de coraux qui avaient permis d'établir certaines dates fondamentales du calendrier de la Terre comme celle du dernier maximum glaciaire à 21 000 ans BP (au lieu de 18 000 ans BP au ¹⁴C, BP = *before present*), ainsi que le début de la période de l'Holocène vers 11 500 ans BP (au lieu de 10 000 ans B.P. au ¹⁴C).

Le nouveau résultat majeur est que la pente de la courbe IntCal20 est caractérisée par un maximum prolongé entre 50 000 à 40 000 ans BP. Au cours de ce maximum, l'horloge radiocarbone tourne environ deux fois plus vite que l'écoulement réel du temps. Cette accélération considérable s'étale sur plusieurs millénaires.

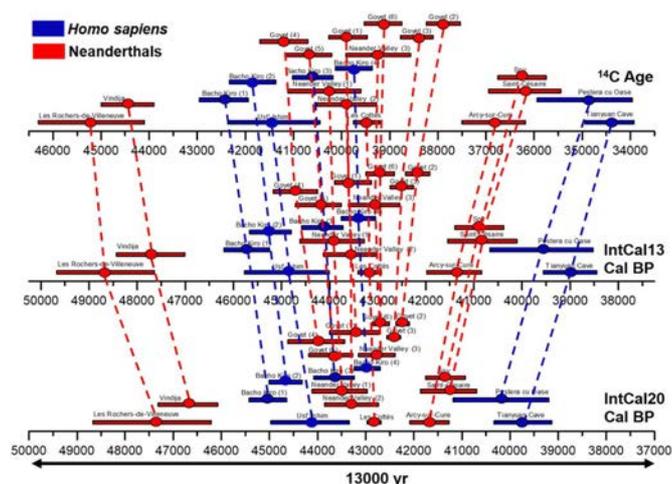
Cette dilatation du temps radiocarbone est liée à l'effondrement du champ géomagnétique pendant un événement géophysique centré vers 41 000 ans BP (excursion magnétique de Laschamp). L'arrivée sur Terre des particules du rayonnement cosmique est en effet modulée par l'intensité de la dynamo terrestre comme l'indique la correspondance entre les enregistrements paléomagnétiques et les concentrations de béryllium 10 des glaces polaires (comme le ¹⁴C, l'isotope ¹⁰Be est un radionucléide formé par le rayonnement cosmique).

L'impact de la dilatation du temps radiocarbone entre 50 000 et 40 000 ans BP peut s'illustrer en considérant des sites préhistoriques occupés par les derniers néandertaliens et les premiers

² Wacker L, Scott EM, Bayliss A, Brown D, Bard E, Bollhalder S, Friedrich M, Capano M, Cherkinsky A, Chivall D, Culleton BJ, Dee MW, Friedrich R, Hodgins GWL, Hogg A, Kennett DJ, Knowles TDJ, Kuitens M, Lange TE, Miyake F, Nadeau M-J, Nakamura T, Naysmith JP, Olsen J, Omori T, Petchey F, Philippsen B, Ramsey CB, Prasad GVR, Seiler M, Southon J, Staff R, Tuna T. 2020. Findings from an in-depth annual tree ring radiocarbon intercomparison. *Radiocarbon*, 62 (4), (2020) <https://doi.org/10.1017/RDC.2020.49>

³ Capano M, Miramont C, Shindo L, Guibal F, Marschal C, Kromer B, Tuna T, Bard E. Onset of the Younger Dryas recorded with ¹⁴C at annual resolution in French subfossil trees. *Radiocarbon*, 62 (4), (2020) <https://doi.org/10.1017/RDC.2019.116>

hommes modernes d'Europe (Bard et al. 2020). Le recouvrement chronologique entre les plus anciens vestiges d'*Homo sapiens* et les néandertaliens les plus récents est de plus de six millénaires avec le radiocarbone. Après calibration, cette durée est réduite à moins de quatre millénaires en années calendaires. Pour la préhistoire et l'évolution humaine, l'impact de la dilatation temporelle du radiocarbone ira bien au-delà de l'étude de la coexistence des néandertaliens et des hommes modernes. Cette dilatation du temps devrait aussi affecter les discussions sur la colonisation de l'Eurasie et de l'Australie, ainsi que permettre d'améliorer l'étalonnage de l'horloge génétique humaine. Elle aura encore d'autres conséquences dans des domaines variés comme la paléoclimatologie et la géophysique ainsi que pour tous les utilisateurs de la datation au radiocarbone pour cette période reculée.



Comparaison entre les datations au radiocarbone (en haut) et les âges calibrés correspondants avec IntCal13 (au milieu) et IntCal20 (en bas) pour une sélection d'ossements de Néandertaliens (rouge) et d'hommes modernes anciens (bleu). Les lignes pointillées obliques illustrent l'effet de dilatation temporelle centré autour de 43 ka BP.



Edouard Bard est professeur au Collège de France, titulaire de la chaire **Évolution du climat et de l'océan** du Collège de France.

Il dirige le Laboratoire de Géochimie Organique Inorganique et Isotopique du CEREGE (UMR Aix-Marseille Université, CNRS, IRD, INRAE, Collège de France).

Crédit : ©Collège de France

Cours au Collège de France (2020-2021) : « Climats extrêmes et analogues actuels : optimum holocène (suite) ». Ouverture le 26 février.

Membre de l'Académie des sciences, membre fondateur du groupe IntCal, il coordonne les projets EQUIPEX ASTER-CEREGE et ANR CARBOTRYDH.

Voir aussi :

- <https://www.college-de-france.fr/site/edouard-bard>
- <https://www.cerege.fr/fr/equipements/equipex-aster-cerege>

Références de l'article :

Bard E, Heaton TJ, Talamo S, Kromer B, Reimer RW, Reimer PJ. Extended dilation of the radiocarbon time scale between 40,000 and 48,000 years BP and the overlap between Neanderthals and *Homo sapiens*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (35), 21005-21007, (2020) <https://www.pnas.org/content/117/35/21005>

À propos du Collège de France :

Le **Collège de France** est un établissement public d'enseignement supérieur et de recherche unique en France et sans équivalent dans le monde. Depuis sa fondation en 1530, il répond à une double vocation : être à la fois le lieu de la recherche fondamentale la plus audacieuse et celui de son enseignement à tous, sans condition d'inscription. On enseigne au Collège de France « le savoir en train de se constituer dans tous les domaines des lettres, des sciences ou des arts », et on y mène une recherche de pointe en partenariat avec de grandes institutions scientifiques. La grande majorité des enseignements du Collège de France sont librement accessibles sur internet.

En savoir plus sur www.college-de-france.fr

Contact pour la presse et les médias :

Guillaume Kasperski (Collège de France) : presse@college-de-france.fr ; tél. : + 33 1 44 27 12 72, +33 6 38 54 80 87