

## Datation $^{14}\text{C}$ de coquilles marines prélevées près de Kuujjuaq (Fort Chimo, Québec)

par Michel GEWELT <sup>(1)</sup>

Aspirant du Fonds National de la Recherche Scientifique

RESUME. - *L'interprétation des mesures  $^{14}\text{C}$  est plus délicate que d'aucuns le pensent. La discussion d'une mesure  $^{14}\text{C}$  est présentée ici. Cette datation a permis de confirmer l'âge holocène d'un dépôt d'origine marine qui recouvre la région.*

ABSTRACT.- *The interpretation of a  $^{14}\text{C}$  measurement by liquid scintillation counting is discussed. The datation confirms the Holocene age of the marine deposit near Kuujjuaq (Fort Chimo, Québec).*

### INTRODUCTION

Les coquilles étudiées ont été recueillies dans les alluvions actuelles de la rivière Aveneau à environ 20 km (58°08' lat. N., 67°48' long. W.) à l'est de Fort Chimo <sup>(2)</sup>. Elles étaient remaniées à partir d'épaisses couches de limon argileux d'origine marine, au sein desquelles elles sont fort nombreuses. Ces limons argileux, qui ont en cet endroit 25 m d'épaisseur, sont des dépôts de la mer d'Iberville. L'âge de cet échantillon représente, en première approximation, l'âge moyen de ces dépôts d'Iberville (P. Gangloff et A. Pissart, 1983). L'échantillon est en majorité constitué de mollusques bivalves appartenant très probablement à la famille des *Lucinacea*. On y a trouvé en outre un bec de céphalopode, un *Psammobia* (Lamarck) et un reste de gastéropode <sup>(3)</sup>.

---

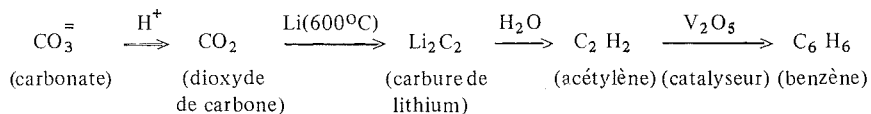
<sup>(1)</sup> Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Université de Liège, place du Vingt-Août, 7, B 4000 Liège, Belgique, et Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire, B 2400 Mol, Belgique.

<sup>(2)</sup> Nous remercions M. le Professeur A. Pissart, qui nous a confié l'échantillon, le CEN/SCK à Mol et plus particulièrement le Dr. G. Koch, chef de la section "Mesures bas niveaux", qui nous accueille depuis plus d'un an dans son laboratoire où nous effectuons les mesures  $^{14}\text{C}$ .

<sup>(3)</sup> Nous remercions également M. le Professeur J. Godeaux, qui nous a aimablement aidé pour les déterminations.

## A.— METHODE

La mesure  $^{14}\text{C}$  a été effectuée par comptage en scintillation liquide du benzène synthétisé à partir du carbonate de l'échantillon. Cette synthèse s'effectue suivant la chaîne de réactions classique :



Ces opérations se font sous vide, dans un système analogue à celui décrit par J.C. Fontes (1971). L'activité  $\beta^-$  du  $^{14}\text{C}$  est mesurée dans un spectromètre à scintillation liquide Intertechnique SL30 spécialement adapté.

*Prétraitement.* — On effectue une attaque au HCl pour éliminer les parties extérieures, éventuellement contaminées. La perte de poids est d'environ 10 0/o. L'échantillon séché 24 h à 110°C pèse 33,0 g et subit ensuite le traitement schématisé ci-dessus.

## B.— RESULTATS

N° labo :	N° éch. :	A/Ao :	0/o moderne :	date mesure :
MBN 198	AV82-AP10	0,4563 ± 0,004	45,63 ± 0,4	02.08.1982

A = Activité  $^{14}\text{C}$  de l'échantillon.

Ao = Activité initiale du carbone atmosphérique (représenté par 95 0/o de l'activité  $^{14}\text{C}$  de l'acide oxalique du standard NBS).

*Interprétation de A/Ao en terme d'âge.* — L'âge  $^{14}\text{C}$  "brut" de l'échantillon,

$$t = \frac{T_{1/2}}{\ln_2} \ln (A/Ao) \text{ où } T_{1/2} \text{ représente la période (demi-vie) conventionnelle}$$

du  $^{14}\text{C}$  = 5 568 ans <sup>(4)</sup>, est égal à 6 310 ± 70 ans B.P.

En raison des fractionnements isotopiques se produisant entre les différentes sources de carbone, il faut en principe normaliser l'activité  $^{14}\text{C}$  des échantillons par rapport au bois ( $\delta^{13}\text{C} = -25$  0/oo vs PDB). Lorsqu'on mesure un échantillon dont le  $\delta^{13}\text{C}$  est différent, l'activité  $^{14}\text{C}$  doit être normalisée en fonction de cette différence (M. Stuiver et H.A. Polach, 1977) :

<sup>(4)</sup> Une nouvelle détermination de la période du radiocarbone a donné  $T_{1/2} = 5 730$  ans (H. Godwin, 1962). Cependant, afin de faciliter les comparaisons avec les anciennes mesures, on conserve pour le calcul de l'âge  $^{14}\text{C}$  conventionnel la période de 5 568 ans. Pour corriger les âges en fonction de la nouvelle période, il suffit d'appliquer la formule suivante : âge  $T_{1/2} = 5 730$  ans = âge  $T_{1/2} = 5 568 \times 1,029$ .

$$\text{Aéch. normalisé} = \text{Aéch.} \left( 1 - \frac{2(25 + \delta^{13}\text{C éch.})}{1\ 000} \right)$$

Quand le  $\delta^{13}\text{C}$  de l'échantillon n'est pas mesuré, on peut l'estimer d'après les valeurs moyennes fournies par la littérature. Ici, à défaut d'une mesure, nous adoptons la valeur moyenne des carbonates marins, voisine de 0 ‰ vs PDB. La correction sur l'âge  $^{14}\text{C}$  "brut" sera donc de  $410 \pm 70$  ans (M. Stuiver et H.A. Polach, 1977).

L'âge  $^{14}\text{C}$  corrigé pour  $\delta^{13}\text{C}$  estimé devient :  $t = 6.720 \pm 100$  ans B.P. (MBN 198). Cette expression de l'âge  $^{14}\text{C}$  est la plus proche de l'âge  $^{14}\text{C}$  conventionnel qui est calculé avec une normalisation pour le fractionnement  $^{13}\text{C}$  de l'échantillon et du standard (les  $\delta^{13}\text{C}$  étant alors des valeurs mesurées).

L'échantillon ayant subi un remaniement, il n'a pas de réelle représentativité stratigraphique : il constitue en quelque sorte une intégration du dépôt marin de 25 mètres. Les autres corrections que l'on pourrait apporter à l'évaluation de son âge seraient de ce fait relativement arbitraires et, en tout état de cause, ne modifieraient pas fondamentalement l'interprétation géomorphologique. Nous résumons cependant ci-dessous deux types de correction.

a) *Correction pour l'effet de réservoir.* — Le réservoir océanique a un contenu  $^{14}\text{C}$  spécifique différent de celui de l'atmosphère et l'on observe généralement un déficit en  $^{14}\text{C}$ , dû notamment au temps de transfert du  $\text{CO}_2$  à travers l'interface air-eau et au comportement hydrodynamique des masses d'eau (courant, etc.). Ce déficit confère, en moyenne, aux bicarbonates des eaux de surface un âge  $^{14}\text{C}$  apparent de 400 ans (H. Craig, 1957 ; R. Revelle et H.E. Suess, 1957). Cette valeur est évidemment variable suivant les conditions locales et régionales; elle pourrait être soustraite en première approximation à l'âge  $^{14}\text{C}$  corrigé pour  $\delta^{13}\text{C}$  estimé.

b) *Correction due à la variation du contenu  $^{14}\text{C}$  de l'atmosphère.* — Cette correction destinée à traduire en dates dendrochronologiques les âges  $^{14}\text{C}$  est due aux fluctuations du contenu en  $^{14}\text{C}$  de l'atmosphère. Pour établir la courbe des déviations des âges  $^{14}\text{C}$  par rapport aux dates dendrochronologiques, E.K. Ralph *et al.* (1973) ont analysé l'activité  $^{14}\text{C}$  de cernes d'arbres parfaitement datés par dendrochronologie. La courbe a été établie pour des dates (calculées avec la nouvelle période  $T\ 1/2 = 5\ 730$  ans) jusqu'à 6 700 ans B.P. <sup>(5)</sup>. A cette époque, la correction à appliquer pour obtenir la date dendrochronologique correspondante est de + 600 ans. Comme notre échantillon est légèrement plus

<sup>(5)</sup> Lorsque les datations  $^{14}\text{C}$  sont corrigées par une calibration dendrochronologique, elles sont de préférence exprimées sur l'échelle de temps A.D./B.C. (*Anno Domini/Before Christ*), plutôt que sur l'échelle B.P. (*Before Present*). Signalons également que par convention, le présent, c'est-à-dire l'origine de l'échelle B.P., correspond à l'année 1950 A.D.

ancien (6 720 ans B.P.  $\times$  1,029 = 6 910 ans B.P.) que la période couverte par la courbe de E.K. Ralph *et al.* (1973), on ne peut pas préciser la correction à apporter. Celle-ci, probablement de quelques centaines d'années, n'apporte, comme nous l'avons dit plus haut, aucun élément nouveau à l'interprétation. De plus, cette correction due à l'excès de  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère, il y a environ 7 000 ans, devrait approximativement compenser celle causée par le déficit en  $^{14}\text{C}$  des eaux arctiques (voir a) ci-dessus).

#### C.— EXPRESSION DE L'ERREUR SUR L'ÂGE $^{14}\text{C}$

Il est d'usage d'exprimer les âges  $^{14}\text{C}$  conventionnels avec une erreur de  $\pm\sigma$ . Cette erreur statistique, calculée sur le nombre total d'impulsions enregistrées, représente la probabilité d'avoir 68,3 % de chance que la valeur réelle soit comprise dans l'intervalle de  $\pm\sigma$  autour de la valeur moyenne mesurée. Comme le souligne J.C. Fontes (1971), cette incertitude sur l'âge radiométrique ne constitue pas l'estimation d'une limite supérieure de l'erreur, mais elle traduit simplement la reproductibilité dans le temps d'une activité spécifique traduite en taux de comptage. Cela ne signifie donc pas que l'âge  $^{14}\text{C}$  de l'échantillon est entre 6 620 et 6 820 ans B.P. (6 720  $\pm$  100 ans), mais seulement qu'il s'y trouve avec une probabilité de 68,3 %. Aussi, pour mieux appréhender l'incertitude sur l'âge radiométrique, nous adoptons une expression de l'erreur expérimentale basée sur le calcul de l'écart quadratique moyen, calculé sur une série de mesures de 100 minutes effectuées alternativement sur l'échantillon et sur un flacon bruit de fond de même volume de benzène "mort". L'écart quadratique moyen est défini par :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}{n - 1}}$$

où  $N_i$  = nombre de coups par période de 100 minutes ;  $\bar{N}$  = moyenne du nombre de coups calculée sur l'ensemble du comptage ( $n \times 100$  min.) ;  $n$  = nombre de périodes de comptage de 100 minutes chacune.

Pour l'échantillon MBN 198,  $n = 33$  (soit un temps de comptage total de 3 300 minutes) et le rapport  $A/A_0$  exprimé avec cette erreur devient :  $A/A_0 = 0,4563 \pm 0,0262$ , ce qui, traduit en âge  $^{14}\text{C}$  corrigé pour  $\delta^{13}\text{C}$  estimé, donne :

$$t = 6\,720 \begin{array}{l} + 470 \\ - 450 \end{array} \text{ ans B.P.} \text{ Cette dernière expression montre bien que l'erreur}$$

suivant la manière dont elle est calculée, peut être différente, l'âge  $^{14}\text{C}$  étant compris ici entre 6 270 et 7 190 ans B.P.

## CONCLUSION

La traduction de la mesure de l'activité  $^{14}\text{C}$  d'un échantillon de coquilles marines en terme d'âge est assez délicate. La notation en âge  $^{14}\text{C}$  conventionnel a l'avantage de permettre les comparaisons avec d'autres mesures mais ne préjuge pas de l'âge réel *sensu stricto* de l'échantillon. Les âges  $^{14}\text{C}$  peuvent être corrigés en raison des approximations dues aux hypothèses de base de la méthode de datation, comme par exemple la constance du taux de production de  $^{14}\text{C}$ , le mélange homogène et rapide dans les océans et dans l'atmosphère, le fonctionnement en état stationnaire du cycle de  $\text{CO}_2$ , etc. Ces corrections sont en général assez faibles, surtout pour des échantillons d'âge nettement supérieur à l'ordre de grandeur des corrections. Elles peuvent donc, dans certains cas et en première approximation, être négligées.

Signalons enfin que C. Hillaire-Marcel et S. Occhietti (1980) ont sélectionné 483 datations  $^{14}\text{C}$  effectuées sur du matériel marin de l'Est canadien. Parmi celles-ci, 18 concernent la mer d'Iberville ; elles sont pour la majorité d'entre elles comprises entre 5 000 et 7 000 ans B.P. Ces données sont comparables avec notre datation. Elles sont également exprimées, comme la nôtre, sans les corrections dues à l'excès de  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère et sans celles causées par le déficit en  $^{14}\text{C}$  des eaux arctiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- CRAIG H., 1957. — The natural distribution of radiocarbon and the exchange time of carbon dioxide between atmosphere and sea, *Tellus*, 9, pp. 1-17.
- FONTES J.C., 1971. — Un ensemble destiné à la mesure de l'activité du radiocarbone naturel par scintillation liquide, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dynam.*, 2, vol. XIII(1), pp. 67-86.
- GANGLOFF P. et PISSART A., 1983. — Evolution géomorphologique et paises minérales près de Kuujjuaq (Fort Chimo, Québec), *Bull. Soc. géogr. Liège*, n° 19, pp. 119-132.
- GODWIN H., 1962. — Half-life of Radiocarbon, *Nature*, 195, p. 984.
- HILLAIRE-MARCEL C. et OCCHIETTI S., 1980. — Chronology, paleogeography and paleoclimatic significance of the late and post-glacial events in eastern Canada, *Zeitschr. Geomorph., N.F.*, 24 (4), pp. 373-392.
- RALPH E.K., MICHAEL H.N. et HAN M.C., 1973. — Radiocarbon dates and reality, *Masca Newsletter*, 9 (1), pp. 1-20.
- REVELLE R. et SUESS H.E., 1957. — Carbon dioxide exchange between atmosphere and ocean and the question of an increase of atmospheric  $\text{CO}_2$  during the past decades, *Tellus*, 9, pp. 18-27.
- STUIVER M. et POLACH H.A., 1977. — Discussion - Reporting of  $^{14}\text{C}$  data, *Radiocarbon*, 19 (3), pp. 355-363.

