

Evaluating the efficacy of planktonic foraminifer calcite $\delta^{18}\text{O}$ data for sea surface temperature reconstruction for the Late Miocene

Évaluation de l'efficacité du $\delta^{18}\text{O}$ de la calcite des foraminifères planctoniques pour la reconstitution des températures de la surface des mers au Miocène supérieur

Mark Williams ^{a,*}, Alan M. Haywood ^a, Steve P. Taylor ^b, Paul J. Valdes ^c,
Bruce W. Sellwood ^d, Claus-Dieter Hillenbrand ^a

^a British Antarctic Survey, Geological Sciences Division, High Cross, Madingley Road, Cambridge CB3 0ET, United Kingdom

^b Department of Meteorology, University of Reading, Earley Gate, PO Box 243, Reading RG6 6BB, United Kingdom

^c School of Geographical Sciences, University of Bristol, University Road, Bristol BS8 1SS, United Kingdom

^d School of Human and Environmental Sciences, University PO Box 227, Whiteknights, Reading RG6 6AB, United Kingdom

Received 2 September 2004; accepted 22 December 2004

Available online 21 October 2005

Abstract

This study examines the efficacy of published $\delta^{18}\text{O}$ data from the calcite of Late Miocene surface dwelling planktonic foraminifer shells, for sea surface temperature estimates for the pre-Quaternary. The data are from 33 Late Miocene (Messinian) marine sites from a modern latitudinal gradient of 64°N to 48°S. They give estimates of SSTs in the tropics/subtropics (to 30°N and S) that are mostly cooler than present. Possible causes of this temperature discrepancy are ecological factors (e.g. calcification of shells at levels below the ocean mixed layer), taphonomic effects (e.g. diagenesis or dissolution), inaccurate estimation of Late Miocene seawater oxygen isotope composition, or a real Late Miocene cool climate. The scale of apparent cooling in the tropics suggests that the SST signal of the foraminifer calcite has been reset, at least in part, by early diagenetic calcite with higher $\delta^{18}\text{O}$, formed in the foraminifer shells in cool sea bottom pore waters, probably coupled with the effects of calcite formed below the mixed layer during the life of the foraminifera. This hypothesis is supported by the markedly cooler SST estimates from low latitudes—in some cases more than 9 °C cooler than present—where the gradients of temperature and the $\delta^{18}\text{O}$ composition of seawater between sea surface and sea bottom are most marked, and where ocean surface stratification is high. At higher latitudes, particularly N and S of 30°, the temperature signal is still cooler, though maximum temperature estimates overlap with modern SSTs N and S of 40°. Comparison of SST estimates for the Late Miocene from alkenone unsaturation analysis from the eastern tropical Atlantic at Ocean Drilling Program (ODP) Site 958—which suggest a warmer sea surface by 2–4 °C, with estimates from oxygen isotopes at Deep Sea Drilling Project (DSDP) Site 366 and ODP Site 959, indicating cooler than present SSTs, also suggest a significant impact on the $\delta^{18}\text{O}$ signal. Nevertheless, much of the original SST variation is clearly preserved in the primary calcite formed in the mixed layer, and records secular and temporal oceanographic changes at the sea surface, such as movement of the Antarctic Polar Front in the Southern Ocean. Cooler SSTs in the tropics and sub-tropics are also consistent with the Late Miocene latitude reduction in the coral reef belt and with interrupted reef growth on the Queensland Plateau of eastern Australia, though it is not possible to quantify absolute SSTs with the existing oxygen isotope data. Reconstruction of an accurate global SST dataset for Neogene time-slices from the existing published DSDP/ODP isotope data, for use in general circulation models, may require a detailed re-assessment of taphonomy at many sites.

© 2005 Elsevier SAS. All rights reserved.

* Corresponding author. School of Earth and Environmental Sciences, University of Portsmouth, Burnaby Building, Burnaby Road, Portsmouth PO1 3QL, United Kingdom.

E-mail address: mark.williams@port.ac.uk (M. Williams).

Résumé

Dans cette étude sont examinées les données publiées du $\delta^{18}\text{O}$ de la calcite des foraminifères planctoniques du Miocène supérieur vivant en surface, ceci afin d'estimer les températures de surface des mers (SST) pour l'antéquatenaire. Les données proviennent de 33 sites marins du Miocène supérieur (Messinien) le long d'un gradient latitudinal actuel allant de 64°N à 48°S. Elles indiquent une SST dans la zone tropicale–subtropicale (jusqu'à 30°N et S) globalement plus froide qu'actuellement. Les causes possibles de cette différence de température sont soit écologiques (ex : calcification des coquilles sous la zone de mélange (= *ocean mixed layer*), taphonomiques (ex : diagenèse ou dissolution), liées à une estimation imprécise de la composition isotopique de l'oxygène de l'eau de mer au Miocène supérieur ou bien naturelles, reflétant ainsi un réel climat froid au Miocène supérieur. L'échelle du refroidissement apparent au niveau des tropiques suggère que le signal SST de la calcite des foraminifères a été réinitialisé, au moins en partie, par la calcite diagénétique précoce à $\delta^{18}\text{O}$ élevé formée dans les coquilles de foraminifères au sein des eaux interstitielles froides des fonds marins. Ceci est à ajouter aux effets de la calcite formée sous la zone de mélange durant la vie des foraminifères. Cette hypothèse est soutenue par des SST froides très marquées à partir des basses latitudes—dans certains cas de 9 °C plus froides qu'actuellement—où les gradients de température et la composition en $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer entre la surface et le fond sont très marqués et où la stratification de la surface océanique est élevée. À plus hautes latitudes, particulièrement au N et au S de 30°, le signal des températures est toujours plus froid bien que les estimations des températures maximales recoupent les SST actuelles au N et au S de 40°. La comparaison des SST estimées à partir de l'analyse des alkenones dans l'Atlantique Est-tropical (Ocean Drilling Program (ODP) Site 958)—analyse qui indique une surface des mers 2 à 4 °C plus froide—et des SST estimées à partir des isotopes de l'oxygène (Deep Sea Drilling Project (DSDP) Site 366 et ODP Site 959)—isotopes indiquant des SST plus froides qu'actuellement—suggère également un impact significatif sur le signal de $\delta^{18}\text{O}$. Néanmoins, une part importante de la variation de SST d'origine est conservée dans la calcite primaire formée dans la zone de mélange. Elle enregistre des changements océanographiques séculaires et temporels à la surface des eaux, tels que des mouvements du Front Polaire Antarctique. Des SST plus froides dans les zones océaniques tropicales et subtropicales sont également compatibles avec la réduction latitudinale de la ceinture de corail au Miocène supérieur et avec l'interruption de la croissance récifale sur le Plateau de Queensland (Est de l'Australie). Toutefois il n'est pas possible de quantifier de façon absolue les SST avec les données isotopiques existantes. La reconstitution précise des SST à l'échelle du globe et pour les tranches de temps du Néogène définies (données isotopiques DSDP/ODP publiées), pourrait nécessiter un re-examen de la taphonomie dans de nombreux sites.

© 2005 Elsevier SAS. All rights reserved.

Keywords: Late Miocene; Planktonic foraminifera; Oxygen isotopes; Sea surface temperature; Taphonomy

Mots clés : Miocène supérieur ; Foraminifères planctoniques ; Isotopes de l'oxygène ; Température de surface des mers ; Taphonomie

1. Introduction

The oxygen isotopic composition of fossil planktonic foraminifer shells has been used as a proxy for ancient sea surface temperature (SST), facilitating the reconstruction of ancient climate and oceanography (e.g. Matthews et al., 1980; D'Hondt and Arthur, 1996; Norris et al., 2002). Accurate assessment of secular SST variation is critical for the construction of general circulation models (GCMs) used to assess past climate (e.g. Dowsett et al., 1999). More recently, the efficacy of the oxygen isotope method from planktonic foraminifer calcite for absolute SST reconstructions has been questioned (for a summary of the debate see Zachos et al., 2002; Pearson et al., 2002), though all authors concur that the technique is useful for identifying secular and temporal trends in oceanography. Perhaps most significant is the recognition of early diagenetic calcite formed in planktonic foraminifer shells in cool sea bottom pore waters, which reset the original temperature signature acquired near the sea surface (Schrag et al., 1995; Pearson et al., 2001). The discrepancy between ancient SSTs estimated by the oxygen isotope method, and modern SSTs, is most marked at shallow burial depths in the tropics, where the difference in temperature and $\delta^{18}\text{O}$ between surface and sea bottom pore waters is greatest, where surface temperatures may have remained relatively constant during the Cenozoic, and where the effects of deeper

burial diagenesis are limited (Schrag et al., 1995; Pearson et al., 2001).

This paper uses a Late Miocene dataset of published oxygen isotopes from planktonic foraminifer calcite to identify the latitudinal distribution of SSTs this produces, and to explain this in terms of the interplay between taphonomic processes (dissolution, diagenesis), oceanography, foraminifer ecology, and varying estimates of $\delta^{18}\text{O}$ composition for the oceans of that time. We comment on the feasibility of reconstructing global SST datasets for Neogene time-slices using the existing published Deep Sea Drilling Project (DSDP) and Ocean Drilling Program (ODP) oxygen isotope records.

2. Dataset and stratigraphy

The dataset comprises oxygen isotope records from 10 different species of planktonic foraminifera at 33 marine locations (DSDP/ODP sites/holes, and some locations detailed by Matthews et al., 1980; Fig. 1). These are from between present-day latitudes 64°N and 48°S, through a modern mean SST range of 5.3–29.3 °C (Table 1), encompassing much of the latitudinal range of SST. The locations display an uneven geographical distribution with most from the Atlantic and Indian oceans (Fig. 1).

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/9539171>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/9539171>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)