

PRÉCÉDENTS RÉCHAUFFEMENTS

LA SERRE DU CRÉTACÉ

- **Rythme du réchauffement** : Lent ; 0,000 025 °C par siècle.
- **Durée** : Des millions d'années.
- **Réchauffement total** : 5 °C.
- **Principale cause sous-jacente** : Les éruptions volcaniques.
- **Modification environnementale** : Les océans ont lentement absorbé le dioxyde de carbone et ne se sont pas acidifiés.
- **Impact sur le vivant** : Presque tous les organismes vivants ont eu le temps de s'adapter ou de migrer.



65 millions d'années

56 millions d'années

LE MAXIMUM THERMIQUE DE LA LIMITE PALÉOCÈNE-ÉOCÈNE

- **Rythme du réchauffement** : Modéré ; 0,025 °C par siècle.
- **Durée** : Des milliers d'années.
- **Réchauffement total** : 5 °C.
- **Principale cause sous-jacente** : Les volcans ; le bouillonnement de méthane du fond de l'océan ; les feux de tourbe et de charbon ; le dégel du pergélisol.
- **Modification environnementale** : Acidification des profondeurs océaniques ; climat plus extrême.
- **Impact sur le vivant** : Certaines espèces du fond des océans et des continents ont disparu, mais la plupart des plantes terrestres et des animaux se sont adaptés ou ont migré.



34 millions d'années

LE RÉCHAUFFEMENT MODERNE

- **Rythme du réchauffement** : Rapide ; 1 à 4 °C de 2000 à 2100.
- **Durée** : Quelques dizaines à quelques centaines d'années.
- **Réchauffement total** : Au-delà de 100 ans, prévisions trop incertaines pour être chiffrées.
- **Principale cause sous-jacente** : La combustion des combustibles fossiles.
- **Modification environnementale** : Acidification des océans ; climat plus extrême ; fonte des glaciers ; élévation du niveau de la mer.
- **Impact sur le vivant** : Mouvement vers les pôles de nombre d'espèces ; disparition des habitats ; blanchiment des coraux ; extinction d'espèces.



CRÉTACÉ

PALÉOCÈNE

ÉOCÈNE

AUJOURD'HUI

différents isotopes de l'atome d'oxygène dans les restes squelettiques révèlent la température de l'eau au moment de leur sédimentation.

Où trouver une carotte bien conservée ?

Lorsqu'elles sont bien préservées, ces carottes offrent un excellent enregistrement de l'histoire climatique. Ce n'était cependant pas le cas de la plupart des carottes qui correspondaient au maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène. Des morceaux manquaient et le temps avait dégradé ceux qui restaient. Les sédiments du fond marin sont riches en carbonate de calcium, un composé chimique que l'on utilise aujourd'hui couramment comme anti-acide. Au cours du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène, l'acidification de l'océan a dissous ce carbonate de calcium en quantité, faisant disparaître une importante fraction des

sédiments dans les couches qui auraient dû porter les signatures les plus nettes du maximum thermique.

Pour pallier cette difficulté, nous avons pris rendez-vous au Spitzberg avec un groupe de chercheurs venus d'Angleterre, de Norvège et des Pays-Bas, sous les auspices du Réseau mondial des universités (*Worldwide Universities Network*). Les roches de cette partie de l'Arctique, composées presque entièrement de boues et d'argile, étaient susceptibles de fournir un enregistrement plus complet et accessible. Nous entendions extraire nos échantillons non pas du fond marin, mais d'un plateau érodé, sur l'île. Les sédiments que nous cherchions s'étaient déposés dans un ancien bassin océanique, et les forces tectoniques en jeu depuis le maximum thermique avaient fait remonter cette région au-dessus du niveau de la mer, où les glaciers l'avaient sculptée pour en faire la spectaculaire chaîne de montagnes escarpées et de larges vallées du Spitzberg.

Après une première expédition de repérage, nous avons fait une découverte qui nous a simplifié la tâche. Un géologue local nous a appris que la compagnie minière norvégienne qui l'employait avait prélevé, des années plus tôt, une carotte de sédiments couvrant l'intervalle du maximum thermique. Le géologue avait pris l'initiative de préserver cette carotte de plusieurs kilomètres, débitée en tronçons cylindriques d'un mètre et demi de long, dans un vaste hangar en périphérie du village de Longyearbyen. Le reste de l'expédition et notre seconde visite, en 2008, ont été consacrés au prélèvement d'échantillons sur des portions choisies de cette longue carotte.

De retour au laboratoire, pendant plusieurs années, nous avons extrait de ces échantillons les signatures chimiques spécifiques susceptibles de nous renseigner sur l'état de la Terre pendant et après le maximum thermique. Notamment, pour suivre l'évolution de la quantité de gaz à effet de serre dans l'air, nous avons étudié l'évolution du mélange d'isotopes du carbone issu de la matière organique préservée dans l'argile. En analysant plus de 200 couches de la carotte, nous avons reconstitué ces signatures chimiques au cours du temps. Comme nous le soupçonnions, la signature isotopique du carbone changeait considérablement dans les couches qui correspondaient au maximum thermique.

Un dégagement gazeux plus lent que prévu

Couvrant toute la durée du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène, nos carottes arctiques fournissaient un excellent enregistrement de la période où les gaz à effet de serre avaient été libérés dans l'atmosphère. Apporteraient-elles enfin des réponses concluantes sur la quantité, la source et la durée de ce dégagement gazeux ? Il fallait pour cela faire plus que de simples extrapolations sur la composition ou la concentration des matériaux dans les carottes. Nous avons demandé à Ying Cui, mon étudiant en thèse à l'Université d'État

de Pennsylvanie, de mettre au point un modèle informatique complexe simulant le réchauffement. Ce modèle est fondé, d'une part, sur les variations des signatures isotopiques du carbone relevées dans les carottes arctiques et, d'autre part, sur le degré de dissolution du carbonate des fonds océaniques fourni par les carottes des profondeurs océaniques, lequel constitue un bon indicateur de l'acidification des océans.

Y. Cui a testé différents scénarios, chacun nécessitant un mois de calculs informatiques. Certains supposaient une contribution plus importante des hydrates de méthane ; dans d'autres, les sources de dioxyde de carbone libéraient plus de gaz. Finalement, le scénario qui correspond le mieux aux données récoltées sur le terrain suppose que, durant le maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène, 3000 à 10000 gigatonnes de carbone se sont répandues dans l'atmosphère et l'océan, soit beaucoup plus que ce qu'ont pu fournir les volcans et les hydrates de méthane ; le pergélisol ou la tourbe et le charbon ont donc dû aussi jouer un rôle dans cette libération de carbone.



Et tout s'éclaire

france culture

La marche des sciences
14h/15h jeudi

avec Aurélie Luneau
en partenariat avec le magazine Pour la Science

franceculture.com

DREAM ON - Radio France / Christophe Abramowitz