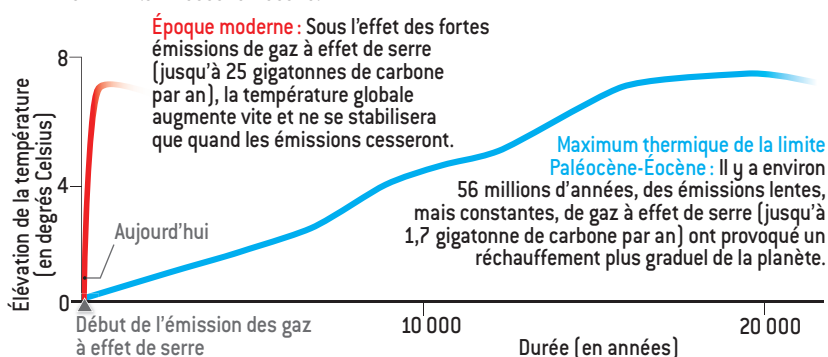


DEUX RÉCHAUFFEMENTS, DEUX SCÉNARIOS

La vitesse à laquelle la planète se réchauffe dépend de la vitesse d'accumulation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les modèles anticipent un réchauffement d'environ huit degrés Celsius d'ici 2400 si l'utilisation des combustibles fossiles et la séquestration du carbone restent inchangées. Le dégagement de carbone prédit, environ 5 000 gigatonnes, est comparable en volume à celui qui a conduit au maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène. En revanche, contrairement à ce que l'on pensait, son rythme est bien plus rapide que celui du maximum thermique.

La température globale augmente plus vite aujourd'hui que durant le maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène.



Jen Christiansen

Cette estimation de la quantité de carbone dans l'atmosphère et les océans est parmi les plus élevées. Mais l'évaluation de la durée du dégagement de gaz est encore plus surprenante : d'après notre modèle, il se serait étalé sur environ 20 000 ans, une durée entre 2 et 20 fois plus longue que toutes les estimations précédentes. Cet étalement signifie que le dégagement gazeux s'est produit à une vitesse inférieure à deux gigatonnes de carbone par an, soit bien plus faible que la vitesse de dégagement des gaz à effet de serre dans l'atmosphère observée aujourd'hui : les concentrations de dioxyde de carbone augmentent probablement dix fois plus vite actuellement.

Réchauffement plus rapide : danger

Les implications de cette découverte pour le futur sont importantes. Les données fossiles indiquent que la vitesse du changement climatique contrôle bien plus le sort des êtres vivants et des écosystèmes que l'étendue du changement : la vie répond plus favorablement aux changements lents qu'aux changements abrupts. Ce fut le cas il y a 120 millions d'années, durant le Crétacé, lors d'une lente transition vers un climat de serre (voir l'encadré page 43). L'amplitude du réchauffement climatique du Crétacé était comparable à celle du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène, mais le premier épisode s'est étalé sur des millions d'années, et non des milliers. Aucune extinction notable ne s'est produite alors ; la planète et ses habitants ont eu tout le temps nécessaire pour s'adapter.

Pendant des années, les scientifiques ont considéré le maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène comme l'extrême opposé : le changement climatique le plus rapide jamais connu, rivalisant avec les prévisions les plus sombres pour notre avenir. Les résultats que l'on obtenait sur cette période n'étaient alors pas trop alarmistes pour notre situation. À part les foraminifères au fond de l'océan et quelques groupes animaux archaïques, la plupart des animaux et des plantes semblaient avoir survécu à la vague de chaleur, même si cela s'était fait au prix de sérieuses adaptations. Certains organismes avaient rapetissé. En particulier, les mammifères du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène sont plus petits que leurs prédécesseurs et leurs descendants. Ils ont probablement évolué dans ce sens parce que les corps de petite taille dissipent mieux la chaleur que ceux de grande taille. Les insectes fousseurs et les vers, eux aussi, sont devenus plus petits.

Une grande migration vers les pôles a sauvé d'autres créatures. Certaines ont même prospéré dans leurs nouveaux territoires étendus. En mer, le dinoflagellé *Apectodinium*, un micro-organisme qui réside habituellement sous les tropiques, a investi l'océan Arctique. Sur terre, de nombreux animaux qui avaient été confinés aux tropiques se sont dirigés vers l'Amérique du Nord et l'Europe pour la première fois, y compris des tortues et des ongulés (mammifères à sabots). Chez les mammifères, cette expansion a ouvert une multitude d'occasions d'évoluer et de remplir de nouvelles niches, avec des implications profondes pour les êtres humains : de cette grande diversification est né le groupe des primates.

L'AUTEUR



Lee Kump est professeur de géosciences à l'Université d'État de Pennsylvanie, aux États-Unis.

✓ BIBLIOGRAPHIE

Y. Cui et al., Slow release of fossil carbon during the Palaeocene-Eocene thermal maximum, *Nature Geoscience*, vol. 4, pp. 481-485, 2011.

F. A. McInerney et S. L. Wing, The Paleocene-Eocene thermal maximum : a perturbation of carbon cycle, climate and biosphere with implications for the future, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 39, pp. 489-516, 2011.

L. Kump et M. Mann, *Understanding Global Warming*, DK Adult, 2008.

Ce que nous apprend l'étude géologique des continents

Dès sa découverte en 1990, on s'est aperçu que l'anomalie climatique du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène présentait de nombreuses similitudes avec le réchauffement climatique actuel : émission de gaz à effet de serre, réchauffement des eaux marines, extinctions ou modifications transitoires de certaines microfaunes marines, cycle du carbone concerné à l'échelle globale. Depuis, de nombreux chercheurs, surtout anglosaxons, l'étudient comme analogue au réchauffement actuel. Toutefois, les modélisations visant à reconstituer la vitesse de libération des gaz à effet de serre sont encore trop peu nombreuses, leurs résultats parfois contradictoires, et les sources possibles d'une libération massive du carbone sont multiples et encore débattues. Les travaux mentionnés ici sont loin de clore le sujet.

De fait, l'étude des carottes en milieux marins est insuffisante. Pour améliorer leurs outils et valider leurs modèles, les modélisateurs des changements climatiques réclament plus de données, si possible régionales, sur l'enregistrement du maximum thermique en milieu continental. L'étude en milieu continental devrait aussi aider à mieux connaître les effets d'une telle crise sur le milieu de vie des humains.

L'impact sur la faune est connu depuis longtemps : des groupes archaïques ont disparu et des groupes modernes sont apparus (périssodactyles, artiodactyles et primates chez les mammifères), se sont diversifiés et répandus très vite dans l'hémisphère Nord, empruntant des passages aux hautes latitudes (à l'époque havres subtropicaux) via le détroit de Béring et le Groenland, à la faveur de reliefs entourant l'Atlantique Nord

naissant. L'impact sur la végétation est en revanche mal cerné, les données étant contradictoires selon qu'on examine les macrofossiles ou les pollens et spores, et ils dépendent des milieux de dépôt. Quelques travaux ont montré des modifications des régimes hydriques et de l'évolution des sols, mais ils ne concernent que de rares sites isolés (Wyoming, Arctique, Colombie, Tanzanie, Nouvelle-Zélande, Angleterre).

Une équipe de chercheurs européens (majoritairement franco-belges) et russe coordonnée par le Bureau de recherche géologique minière (BRGM) étudie les effets du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène dans les milieux continentaux et littoraux du bassin de Paris et de ses bordures. Les premiers résultats indiquent une sédimentation dans des milieux très variables (rivière, lac, marécage, plage

et lagune), une alternance d'épisodes de crues drastiques et d'aridité marquée, et la formation de sols particuliers sur les secteurs émergés, bien différents de ce qui était supposé ou admis auparavant. Peu à peu, les paysages sont reconstitués. La matière organique, souvent abondante, est étudiée en détail, de même que les vestiges animaux et végétaux. Une telle étude intégrée devra être reproduite à d'autres latitudes, sur tous les continents, et à diverses paléoaltitudes (afin de vérifier par exemple la présence de pergélisol sur des hauts plateaux) pour affiner les simulations des paléoclimatologues, et mieux envisager ce qui nous attend si la crise actuelle se poursuit, d'autant plus si le rythme en est plus rapide.

Florence Quesnel

BRGM, Service Géologie, Unité Régolithe et Réservoirs, Orléans

Maintenant que l'on sait que le maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène s'est imposé plus lentement qu'on ne le pensait, il n'est plus question d'invoquer son innocuité pour justifier le maintien de l'utilisation des combustibles fossiles et des rejets liés. Le changement climatique actuel se produit à une vitesse folle. En quelques décennies, la déforestation, les automobiles et les centrales à charbon de la révolution industrielle ont augmenté de plus de 30 pour cent la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère : aujourd'hui, chaque année, nous injectons neuf gigatonnes de carbone dans l'atmosphère. Selon les projections, qui prennent en compte l'accroissement de la population et l'industrialisation des pays en développement, cette quantité pourrait atteindre 25 gigatonnes par an avant l'épuisement de toutes les réserves de combustibles fossiles.

Les scientifiques et les décideurs aux prises avec les effets potentiels du changement climatique se concentrent généralement sur les bilans finaux : quelle quantité de glace va fondre ? De combien le niveau de la mer va-t-il s'élever ? L'étude du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène montre que d'autres questions sont tout aussi cruciales : à quelle vitesse ces changements auront-ils lieu ? Les habitants de la Terre auront-ils le temps de

s'ajuster ? Si le changement se produit trop vite, ou si les barrières à la migration et à l'adaptation sont importantes, la vie est perdante : des espèces animales et végétales disparaîtront, et la face du monde sera changée pour des millénaires.

Les premiers signes du réchauffement actuel déjà visibles

Nous n'en sommes qu'aux premiers stades du réchauffement actuel, et il est difficile de prédire ce qui nous attend. Néanmoins, nous avons déjà quelques éléments de réponse. Comme l'ont résumé des rapports récents du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (le GIEC), les écosystèmes ont montré, par leur réaction, qu'ils sont sensibles au réchauffement. Des signes clairs indiquent que les eaux de surface s'acidifient, perturbant la vie marine. Les extinctions d'espèces sont en augmentation, et le déplacement des zones climatiques a déjà poussé des plantes et des animaux à migrer. Contrairement aux organismes vivants du maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène, les plantes et les animaux modernes sont bloqués dans leur migration vers des climats mieux adaptés : routes, voies ferrées, barrages, villes,

grandes et petites, sont autant d'obstacles qui mettent en danger leurs espèces. De nos jours, la plupart des grands animaux sont déjà *de facto* parqués dans de minuscules zones à cause de la disparition de leurs habitats ; dans de nombreux cas, leurs chances de rejoindre de nouvelles latitudes pour survivre seront nulles.

En outre, les glaciers et les banquises fondent et entraînent une élévation du niveau des mers ; les récifs coralliens sont de plus en plus victimes de maladies et de stress liés à la chaleur ; et les épisodes de sécheresse et d'inondations sont de plus en plus fréquents. Les changements des régimes de précipitations et le recul des côtes à mesure que la glace polaire fond pourraient entraîner des migrations humaines à des échelles sans précédent, dont certaines ont déjà commencé.

Le réchauffement climatique actuel est sur une trajectoire bien plus dangereuse que le maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène, mais il n'est peut-être pas trop tard pour éviter une catastrophe. Si toutes les nations prennent immédiatement des mesures pour réduire l'accumulation de dioxyde de carbone atmosphérique, le maximum thermique de la limite Paléocène-Éocène pourrait bien rester le dernier grand réchauffement global de l'histoire. ■