

ÉVOLUTION DU CLIMAT ET DE L'OCÉAN



Pr Édouard Bard

Panama et la circulation profonde de l'Atlantique

Étude parue dans la revue *Nature* datée du 22 février 2007.

L'effet de ralentissement que le réchauffement actuel pourrait induire sur la circulation de l'océan Atlantique fait l'objet d'un consensus, même si des incertitudes demeurent encore au sujet de l'amplitude et de la vitesse des changements futurs (voir encadré). En revanche, la réponse de la zone intertropicale à de telles variations rapides du couple océan-atmosphère et l'impact de cette réponse sur la circulation océanique sont encore largement méconnus.

L'approche paléoclimatique est la seule permettant de documenter ce type de variations environnementales, d'autant qu'il est maintenant reconnu que de tels événements étaient fréquents pendant la dernière glaciation. En particulier, les phases climatiques froides appelées événements de Heinrich qui se produisaient durant cette période se caractérisaient par un effondrement de la circulation atlantique profonde causée par une augmentation du flux d'eau douce à l'océan, suite à la déstabilisation des calottes glaciaires.

Les archives climatiques, comme les sédiments marins et lacustres, les glaces polaires et les stalagmites, montrent clairement la relation étroite existant entre ces variations climatiques de grande ampleur et les changements brutaux et concomitants de la circulation profonde de l'océan. Si les variations thermiques les plus grandes sont observées dans la région de l'Atlantique Nord, des recherches récentes ont montré que ces changements climatiques rapides pouvaient aussi avoir une influence à l'échelle planétaire, en affectant en particulier le cycle de l'eau : ils seraient notamment accompagnés par une migration en latitude (vers le sud lors d'événements froids et vers le nord lors d'événements chauds) de l'équateur clima-

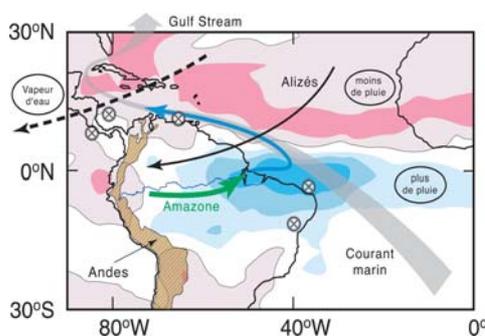
tique séparant les systèmes d'alizés des deux hémisphères (zone intertropicale de convergence).

Une région clé de ce système est l'Amérique Centrale, bande continentale étroite séparant l'océan Atlantique de l'océan Pacifique. Du côté de l'Atlantique, les eaux de surface sont marquées par une évaporation intense, ce qui augmente leur salinité. La vapeur d'eau est ensuite transférée par les alizés vers le Pacifique où elle retombe sous forme de pluie, diminuant ainsi la salinité des eaux de surface. Cet échange de vapeur d'eau entre les deux bassins équivaut à plusieurs centaines de milliers de mètres cube par seconde. Cet énorme transfert d'eau douce maintient de façon permanente un contraste de salinité entre les deux océans. Les eaux de surface de l'Atlantique tropical sont ensuite transportées, via le Gulf Stream, vers les hautes latitudes, où elles réchauffent l'atmosphère, avant de plonger vers les abysses dans des zones de convection situées dans les mers de Norvège, du Groenland et du Labrador. Les eaux profondes ainsi formées vont ensuite se propager dans l'océan mondial, purgeant l'Atlantique Nord d'une partie de son excès en sel.

À partir de nombreux indicateurs géochimiques mesurés dans les sédiments marins prélevés en 2002 à l'ouest de l'Isthme de Panama par le navire océanographique français Marion Dufresne, une équipe du CEREGE⁽¹⁾ d'Aix-en-Provence a pu reconstituer les variations de salinité des eaux de surface, précisément dans la zone de dépôt de la vapeur d'eau provenant de l'Atlantique. Cette étude originale montre que les périodes froides de Heinrich correspondent à des augmentations de salinité dans la zone Est Pacifique, synonyme d'une réduction du transfert de vapeur d'eau.

1. Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement (CNRS, Universités Aix-Marseille 3 et 1, IRD et Collège de France).

En comparant leurs résultats à d'autres études réalisées dans le secteur Atlantique et en Amérique du Sud, les chercheurs ont pu mettre en évidence une nouvelle rétroaction positive, c'est-à-dire un mécanisme qui amplifie la perturbation climatique. Lors de ces crises climatiques, les alizés chargés d'humidité migraient vers le sud ; ne pouvant pas franchir la Cordillère des Andes, une partie des pluies qui normalement adoucissaient le Pacifique Est se déposait sur le bassin versant de l'Amazone (voir figure). Cette rétroaction qui fait intervenir l'océan, la circulation atmosphérique, la topographie et le réseau fluvial a pour effet de réinjecter les eaux de pluie dans l'Atlantique, de diminuer ainsi la salinité des eaux de cet océan et finalement d'en ralentir la circulation.



Légende : Anomalie moyenne des pluies simulée par les modèles après un effondrement de la circulation océanique profonde (augmentation en bleu, diminution en rouge ; d'après Stouffer et al. 2006). La flèche en trait tireté représente le transport actuel de la vapeur d'eau. Les flèches pleines indiquent le transport multiple (alizés -> fleuves -> courants marins) durant l'anomalie climatique. Les croix localisent les sites d'études paléoclimatiques.

Cette nouvelle étude montre donc qu'il existe un lien étroit entre l'hydrologie tropicale et la circulation océanique de l'Atlantique Nord, qui module le climat au-dessus et autour de ce bassin (notamment en Europe). Cette nouvelle rétroaction climatique peut être étudiée à l'aide de modèles numériques couplant l'atmosphère et l'océan et les simulations disponibles suggèrent que ce phénomène existe effectivement. Des calculs complémentaires devront être réalisés pour quantifier cette rétroaction à l'aide de modèles ayant une résolution spatiale suffisante pour bien représenter la topographie des chaînes de montagne de la zone tropicale. ■

Pour en savoir plus :

LEDUC G., VIDAL L., TACHIKAWA K., ROSTEK F., SONZOGNI C., BEAUFORT L., BARD E., Moisture transport across Central America as a positive feedback on abrupt climatic changes. *Nature* vol. 445, 908-911.

Contacts chercheurs :

Guillaume LEDUC (doctorant au CEREGE) : leduc@cerge.fr

Édouard BARD (Professeur au Collège de France, Responsable de l'équipe Géo chimie et Paléocéanographie du CEREGE) :

bard@cerge.fr

<http://www.cerege.fr/tracorga/>

Quel devenir pour la circulation océanique profonde de l'Atlantique ?

Les simulations réalisées pour le prochain siècle à partir des différents scénarios de croissance des émissions de gaz à effet de serre répondent généralement par une diminution progressive de l'intensité de la circulation océanique profonde de l'Atlantique Nord. Pour certaines d'entre elles, cette circulation pourrait même à terme s'effondrer, c'est-à-dire dépasser un seuil au-delà duquel un retour à l'état antérieur deviendrait très difficile, pour atteindre un nouvel état stable où elle serait encore plus affaiblie. Parallèlement, les données océanographiques des 50 dernières années suggèrent que des changements hydrographiques (température et salinité) ainsi qu'une diminution du flux d'eau transporté par certains courants marins, en surface et en profondeur, se sont déjà produits en Atlantique Nord. Quant aux données des satellites, elles montrent une accélération récente de la fonte des glaces du Groenland. Même si les incertitudes restent nombreuses, il semble donc que le risque de ralentissement et/ou d'effondrement de la circulation océanique à l'échéance de la fin du siècle, ou du début du siècle prochain, doive être pris au sérieux et étudié activement.