



*Séance solennelle de l'Académie des sciences / 22 novembre 2011
Discours des nouveaux Membres sous la coupole de l'Institut de France*

Reconstituer la circulation océanique dans le passé

Jean-Claude Duplessy

Établir sur une base empirique la circulation passée de l'océan mondial pouvait passer pour une gageure jusqu'à ce que les fondements de la géochimie isotopique marine aient été établis. Les travaux de l'école de Harold Urey à Chicago ont montré que la composition isotopique de l'eau de mer, en particulier son rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, constituait un marqueur du cycle de l'eau et donc de la salinité. Cesare Emiliani, un des élèves de Urey a effectué les premières mesures prouvant que les minuscules coquilles carbonatées de foraminifères des sédiments marins enregistraient fidèlement dans leur composition isotopique les variations de la température et du rapport $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de l'eau de mer. La communauté scientifique disposait ainsi d'un paléothermomètre complexe, puisque le signal isotopique était la résultante de deux phénomènes partiellement indépendants, l'un purement thermique et l'autre géochimique. Au moment où, jeune étudiant, je commençais mes recherches, trouver les moyens de séparer ces deux phénomènes était un objectif que nous avons mis plus de trente ans à atteindre.

Dans un premier temps, la thermodynamique a simplifié le problème en se plaçant du point de vue du géologue intéressé aux grandes glaciations du dernier million d'années. En effet, que ce soit le développement de gigantesques calottes glaciaires sur les continents ou une baisse des températures comme on peut s'y attendre au cours d'une glaciation, le signal isotopique enregistré par les foraminifères est le même, avec un enrichissement en isotope lourd ^{18}O . Le paléothermomètre devenait d'abord un outil stratigraphique permettant de reconstituer la succession des glaciations et de démontrer qu'elle était gouvernée par les changements de l'orbite que décrit la Terre autour du soleil. C'est la théorie astronomique des paléoclimats.

Nous étions encore bien loin de la circulation de l'océan. Heureusement, les coquilles calcaires des foraminifères contiennent également un atome de carbone. Ma thèse sur la géochimie

des isotopes stables du carbone dans la mer m'a permis de montrer que le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ du gaz carbonique dissous dans l'eau de mer variait en liaison avec la circulation océanique. En effet, les eaux superficielles de l'océan sont relativement enrichies en isotope lourd du carbone ^{13}C , parce que l'activité photosynthétique du plancton fixe préférentiellement l'isotope léger ^{12}C dans la matière organique. Lorsque ces eaux plongent dans les zones les plus froides de l'Atlantique Nord, elles commencent leur trajet dans l'océan profond avec un rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ élevé. Celui-ci diminue tout au long des lignes de courant en raison de l'activité bactérienne qui oxyde les détritiques organiques tombant depuis la surface. Mesurer le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des coquilles de foraminifères dans les sédiments prélevés dans les divers bassins océaniques permet ainsi de reconstituer les grands traits de la circulation profonde de l'océan mondial. Le carbone-14, isotope radioactif, permet d'estimer sa vitesse.

La mesure simultanée des compositions isotopiques de l'oxygène et du carbone des foraminifères fossiles a été la source de découvertes totalement inattendues sur le comportement de l'océan. Acteur passif, sa circulation dépend des conditions climatiques, avec une réduction de la formation des eaux profondes dans l'Atlantique Nord mais une extension de la masse d'eau plongeant autour du continent Antarctique. Mais l'océan pouvait aussi devenir un acteur actif de changement climatique: une diminution de la salinité des eaux de l'Atlantique Nord provoquée par une débâcle d'icebergs relâchés par les calottes glaciaires est susceptible de ralentir les plongées d'eau profonde, de diminuer le transport d'eau chaude provenant de l'atlantique Sud vers les hautes latitudes de l'hémisphère nord et entraîner un refroidissement brutal qui sera suivi d'un réchauffement abrupt lorsque la circulation océanique reprendra. De tels changements climatiques ont eu une ampleur considérable, de l'ordre de la dizaine de degrés en des temps comparables à ceux d'une vie humaine.

Les études de paléocéanographie qui ont été initiées sur les sédiments enregistrant les grandes glaciations du Quaternaire ouvrent la voie à la compréhension du rôle de l'océan sur les climats des périodes beaucoup plus anciennes et notamment les 65 derniers millions d'années caractérisés par des événements plus chauds qu'aujourd'hui et une tendance au refroidissement ponctuée de variations rapides. Elles ont aussi contribué à découvrir des réorganisations internes du système climatique, dont on ne peut exclure qu'elles entrent en jeu à l'avenir en raison de la perturbation du climat et de l'environnement par les activités humaines... Autant de sujets de recherche qui sont à mener à bien dans les prochaines années.