

L'ÉVOLUTION DU CLIMAT À MOYEN ET LONG TERME

par Bruno VOITURIEZ, *Océanographe physicien, directeur du département "terre, océan, atmosphère", ORSTOM.*

L'océan joue un rôle essentiel dans la dynamique climatique. Il est le plus gros fournisseur d'énergie de l'atmosphère qui reçoit de l'océan à peu près 43 % de son énergie interne (sous forme de chaleur latente essentiellement), contre 35 % qui viennent du soleil directement et 22 % des échanges avec les continents. Il faut savoir aussi que les transports méridiens de chaleur des régions équatoriales vers les pôles se font à parts à peu près égales via l'atmosphère et via l'océan. Que la circulation océanique se modifie et c'est tout le régime des échanges entre l'océan et l'atmosphère qui est changé et donc aussi le climat.

Le temps de réponse du système climatique à une perturbation quelconque (modification du bilan radiatif consécutif à l'accroissement des gaz à effet de serre par exemple) est déterminé par la composante la plus lente du système : l'océan en l'occurrence pour les échelles de temps allant de la décennie aux siècles. L'océan joue le rôle d'une "pompe à chaleur" : il soustrait à l'atmosphère une partie de l'énergie supplémentaire que lui fait gagner l'accroissement de l'effet de serre. Il l'entraîne dans les couches profondes avant de la restituer finalement à l'atmosphère, quelques dizaines ou plusieurs centaines d'années plus tard. De la même manière et par les mêmes circuits, l'océan joue le rôle de "pompe à gaz carbonique" et induit, de ce fait, un retard dans la réponse de l'atmosphère à l'injection de gaz carbonique d'origine anthropique. Il en résulte que le système climatique n'est jamais à l'équilibre et que l'on ne peut faire de simulations sérieuses sur l'évolution du climat en fonction du temps qu'en prenant en compte la circulation générale océanique dans son ensemble. D'où le programme WOCE (World Ocean Circulation Experiment, 1990 - 1996/7) organisé dans le cadre du programme mondial de recherche sur le climat (PMRC) par le Conseil international des unions scientifiques et l'Organisation météorologique mondiale. Il vise le troisième objectif du PMRC : l'évolution du climat à moyen et long terme (de la décennie aux siècles). Comme son nom l'indique, le programme WOCE étudie la circulation

de l'océan mondial, c'est à dire la totalité de l'océan dans ses trois dimensions. Sa finalité ? Rassembler un jeu de données sur tout l'océan pour en donner une description aussi complète et précise que possible afin de servir de référence pour les modèles de circulation générale océanique. Ces modèles couplés aux modèles de circulation générale de l'atmosphère sont indispensables pour simuler l'évolution du climat de la terre aux échelles de temps considérées. Observer l'océan dans sa totalité et dans une période de temps limitée, était hors de portée des moyens traditionnels d'observation liés aux navires de recherche dont la vitesse et l'autonomie pèchent par défaut. Il a fallu l'avènement des moyens satellitaires pour que l'on puisse concevoir une expérience comme WOCE. Seuls les capteurs embarqués sur satellite donnent accès à des mesures océanographiques globales. Plus précisément, c'est la mesure altimétrique satellitaire avec le projet franco-américain TOPEX/POSEIDON qui est au cœur du programme WOCE. Les mesures du niveau de la mer par altimétrie donnent, en effet, la possibilité d'évaluer les courants marins et leur variabilité dans toutes les régions de l'océan. Outil indispensable du programme, le satellite TOPEX/POSEIDON lancé en août 1992, fonctionnera donc conformément aux prévisions, en plein milieu de la période WOCE qui s'étendra de 1990 à 1996 ou '97.

D'autres satellites, comme le satellite européen ERS-1 lancé en juillet 1991, apporteront d'autres paramètres essentiels et notamment le vent à la surface des océans, l'un des principaux moteurs des courants marins.

Les satellites, à eux seuls, ne permettent pas de résoudre la circulation océanique car ils ne donnent pas accès à la structure verticale des océans que seules les mesures in situ peuvent décrire. C'est aussi le développement de nouvelles techniques de mesures in situ qui permet la réalisation d'un programme comme WOCE. En particulier celui de systèmes automatiques et autonomes que l'on peut localiser et qui transmettent leurs données par satellite : bouées dérivant en surface, flotteurs dérivant dans les couches profondes de l'océan dont la trajectoire est déterminée par des moyens acoustiques, tomographie acoustique qui permet une analyse tridimensionnelle de la structure d'une portion de l'océan, courantométrie Doppler, etc...

L'expérience WOCE, en cinq ou six ans, va ainsi "décrire" la totalité de l'océan en combinant tous ces types de mesures dans un vaste réseau de stations hydrologiques tenues par des navires de recherche le long de grandes radiales transocéa-

niques qui quadrilleront la totalité de l'océan et le long desquelles seront mesurés, de la surface au fond, les paramètres physiques habituels et nombre de traceurs qui donneront une image quasi instantanée (à l'échelle des variations climatiques considérées) de l'océan. Ce réseau de stations hydrologiques constitue véritablement l'armature du programme WOCE.

Une telle moisson de données (satellitaires et in situ) n'a évidemment de sens que par rapport à la modélisation, avec une résolution suffisante de la circulation générale océanique, objectif final de WOCE, pour aboutir aux modèles couplant atmosphère et océan qui seuls permettront de faire des simulations réalistes de l'évolution du climat dans les prochaines décennies. C'est donc, parallèlement à celui des techniques de mesure, le développement de la puissance des calculateurs qui donne tout son sens à l'expérience WOCE dont on attend aussi qu'elle définisse, pour l'avenir, le système global d'observation de l'océan qu'il faudra mettre en place et maintenir pour surveiller l'évolution de l'océan et fournir les données nécessaires à la mise en œuvre des modèles.

Programme forcément international, WOCE fait appel à la participation de nombreux pays invités à coordonner leur action à travers un "Intergovernmental WOCE Panel" qui doit veiller à ce que le plan de mise en œuvre très précis élaboré par le "Scientific Steering Group" et son organe exécutif le "WOCE International Project Office" soit respecté.

Expérience sans précédent, le programme WOCE illustre l'évolution rapide de l'océanographie au cours des vingt dernières années et met en lumière les nouvelles méthodes d'organisation qui s'imposent du fait de la nécessité d'une coordination forte pour la réalisation de plans précis à élaborer dans une période de temps déterminée et mobilisant des moyens importants.

Le succès d'un tel programme ne peut s'accommoder d'une gestion au jour le jour (ou année par année) menée par chaque pays (voire même par chaque organisme) indépendamment des autres partenaires, comme c'était souvent le cas il n'y a pas si longtemps.

C'est pour prendre en compte cette nouvelle dimension de l'océanographie et répondre à la nécessité d'une gestion pluriannuelle des programmes, qu'a été institué en France à l'instigation de l'IFREMER, un Comité des directeurs d'organismes impliqués dans les programmes d'océanographie pour l'étude de l'évolution du climat et des changements globaux. ■