

Les interactions entre l'océan et l'atmosphère

Chaque jour, la météorologie occupe une place importante (voire le devant de la scène), lorsque surviennent tempêtes, vagues de chaleur ou de froid, ou inondations. Le "temps" est très variable, et l'apparition de perturbations météorologiques extrêmes fait donc partie du domaine des possibilités. Par opposition au caractère fluctuant de la météorologie, on associe plutôt une image de stabilité à la notion de climat. Tous ces phénomènes relèvent principalement de l'interaction entre les deux fluides de la planète : l'océan et l'atmosphère.

La diversité des climats

Caractériser le climat d'une région de la Terre revient à déterminer une moyenne météorologique des conditions principalement de température, de pluviosité et de vent, sur une durée variant de plusieurs mois à plusieurs dizaines voire plusieurs centaines d'années.

Les climats du passé

L'étude des climats anciens apporte le témoignage de changements climatiques exceptionnels. Vers le milieu du siècle dernier, les glaciations de l'ère quaternaire ont été reconnues grâce à la géologie : les glaciers ayant laissé les marques de la pression énorme qu'ils exerçaient sur le sol, s'écoulant lentement sous l'effet de son propre poids, ainsi que par l'étude des moraines, débris rocheux abandonnés par les glaciers après leur fonte. La dernière période glaciaire s'est terminée, il y a environ 20000 ans, et les hommes (préhistoriques) de cette époque nous ont laissé un témoignage direct, à travers leurs peintures rupestres (par exemple Lascaux) qui montrent que les animaux vivants maintenant dans les pays froids du nord de l'Europe étaient présents dans le sud de la France. La température moyenne était alors plus faible de 5 degrés par rapport à celle de maintenant. Il y a seulement quelques siècles, nos ancêtres ont connu le petit âge glaciaire, qui atteint son paroxysme au XVII^e siècle. En France, la baisse de la température moyenne était de 1 à 2 degrés, ce qui peut paraître infime, mais se traduisait pourtant par des conditions hivernales beaucoup plus rudes.

Climats de la Terre

L'inclinaison des rayons du Soleil détermine la grande diversité des climats de la Terre. Les régions tropicales sont chaudes tout au long de l'année, avec une alternance de saisons sèches très longues, et de saisons humides durant les quelques mois d'été. Seules les régions bénéficiant des pluies de mousson résistent à la sécheresse. Les régions au voisinage de l'équateur, quant à elles, sont marquées par l'abondance des précipitations et une forte chaleur qui convient parfaitement à l'épanouissement des denses forêts équatoriales. C'est au niveau des tropiques que l'on trouve les principaux déserts, qui détiennent des records de chaleur, mais les nuits y sont parfois très froides. Aux latitudes nordiques, on retrouve des climats plus tempérés (l'Europe occidentale et la côte ouest des Etats-Unis), mais plus on s'éloigne de l'océan, plus les contrastes de températures entre les saisons sont importants. Les pays du nord connaissent de longs hivers rigoureux. Quant aux pôles, seul subsiste l'univers blanc et glacé. Le climat n'est donc pas une chose figée, et peut fluctuer tant géographiquement qu'en fonction de l'époque.

Les interactions entre l'océan et l'atmosphère

L'océan joue un rôle prépondérant dans l'équilibre climatique de notre planète, et son interaction avec l'atmosphère est la clef de l'évolution du système climatique. Les mécanismes qui régissent les variations sont basés sur le cycle de l'eau et les échanges entre ces deux fluides car les circulations atmosphériques et océaniques contribuent pour des parts comparables au transport d'excédent d'énergie des régions tropicales vers les régions polaires.

Les océans constituent la plus impressionnante réserve d'eau liquide sur une surface de 360 millions de kilomètres carrés et possèdent une capacité de stockage d'énergie mille fois supérieure à celle de l'atmosphère.

L'atmosphère constitue autour de la Terre une enveloppe gazeuse très mince (si l'on ramène la Terre à la taille d'une pomme, l'atmosphère correspondrait à une pellicule de peau). La majeure partie de cette atmosphère est contenue dans une couche de 10 kilomètres d'épaisseur environ, mais elle s'étend bien au-delà même si sa densité diminue extrêmement vite. Cependant, seuls les 50 premiers kilomètres jouent un rôle important dans le climat de la planète. La circulation atmosphérique est très complexe avec différentes cellules de convection : celle-ci tend à former une boucle reliant l'équateur à des latitudes supérieures. L'air chaud, donc plus léger, s'élève au-dessus de l'équateur, puis se dirige vers les pôles. Ensuite, l'air refroidit donc alourdi, redescend vers la surface au niveau des tropiques.

L'océan et l'atmosphère fluctuent sur des échelles de temps bien différentes : l'océan est doté d'une certaine "mémoire", puisqu'il peut garder des traces durant

des dizaines, des centaines d'années, voire des milliers d'années suivant qu'il s'agisse de la circulation de surface ou de celle des abysses. À l'inverse, l'atmosphère n'en garde pas ou peu trace, après une période courte de quelques jours à quelques semaines. D'autre part, l'océan détient la plus grande capacité d'absorption puisque les 5 premiers mètres de l'océan peuvent contenir toute la chaleur de l'atmosphère

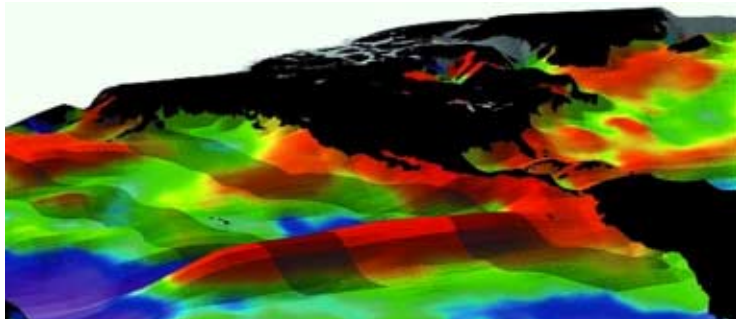
Les mécanismes d'échanges entre ces deux fluides sont les suivants : l'océan, par sa capacité à emmagasiner la chaleur pendant longtemps chauffe l'atmosphère en la lui restituant, et l'humidifie par le cycle de l'évaporation : l'atmosphère est donc chauffée et humidifiée par le bas.

L'atmosphère a une incidence sur l'océan par l'évaporation qui refroidit sa surface et le sale (puisque le sel reste dans la mer), mais elle peut également l'adoucir, avec l'apport des pluies (eau douce).

L'atmosphère met aussi l'océan en mouvement sous l'action des vents, produisant des courants et des vagues qui se propagent à sa surface.

El Niño : l'enfant turbulent

Certaines années, dans le Pacifique, au large du Pérou, un curieux phénomène climatique se produit, induisant des conditions météorologiques exceptionnelles lors desquelles l'océan et l'atmosphère ont une interaction complexe, illustrant parfaitement l'interdépendance entre ces deux éléments.



Relief dû à la masse d'eau chaude qui s'est déplacée vers l'Amérique du Sud pendant le phénomène El Niño (1997)

Sous le rayonnement intense du Soleil, l'océan Pacifique tropicale emmagasine plus d'énergie solaire que tout autre océan de la planète. D'ordinaire les alizés, soufflant vers l'Ouest, poussent les eaux superficielles et chaudes (cette zone est appelée la

"piscine d'eau chaude"), vers l'Australie et l'Indonésie où les pluies sont alors très abondantes. Le long des côtes du Pérou, l'eau froide, riche en éléments nutritifs, peut alors remonter, favorisant l'abondance de poissons. Mais tous les trois à sept ans, on observe un affaiblissement des alizés. Les eaux superficielles et chaudes du Pacifique central se déplacent alors vers la côte ouest du Pérou, entraînant la disparition des bancs d'anchois et de sardines, ce qui affecte gravement l'industrie de la pêche, principale ressource du pays. Ce réchauffement se produit au moment de Noël d'où le nom d'El Niño, qui signifie l'enfant Jésus en espagnol.

Les effets dévastateurs ne touchent pas seulement les pêcheurs péruviens, car le climat de toute la planète s'en trouve également affecté. L'immense masse d'eau chaude transmet chaleur et humidité perturbant la circulation atmosphérique et la répartition des pluies sur l'ensemble du globe. Ce phénomène provoque de graves sécheresses entraînant des incendies de forêts en Australie et en Indonésie, diminue les précipitations de la mousson d'été en Asie, et par contre, engendre des inondations le long de la côte Pacifique de l'Amérique du Sud. El Niño modifie également la fréquence et la violence des cyclones et favorise la propagation de nombreuses maladies mortelles.

La situation peut également s'inverser, et porte alors le nom de La Niña. Cette fois, les alizés soufflent si forts que la masse d'eau chaude dépasse l'Australie et emporte avec elle les précipitations. La surface d'eau froide, le long des côtes péruviennes augmente alors considérablement.

La prévision de cet événement majeur est maintenant possible plusieurs mois à l'avance, car il est aujourd'hui possible de comprendre son développement. De plus, les scientifiques disposent d'observations provenant de l'océan (mesures spécifiques in-situ) et de mesures altimétriques. Il est nécessaire de poursuivre de longues séries de mesures homogènes et continues, sur plusieurs décennies, pour réduire l'impact des variations climatiques en fournissant des informations primordiales sur les variations annuelles, inters annuelles et séculaires du niveau des mers.

L'effet de serre anthropique

L'effet de serre est un réchauffement de la température ambiante de l'atmosphère causée par l'augmentation relative du taux de plusieurs gaz, principalement le gaz carbonique, qui sont "emprisonnés" dans l'atmosphère. À l'origine, l'effet de serre qui existe naturellement a permis l'apparition de la vie sur la Terre. En capturant l'énergie solaire, il permet de conserver la chaleur, et d'équilibrer les différences de température entre le jour et la nuit. L'homme est à l'origine de l'altération globale de l'atmosphère : les bulles d'air piégées dans les glaces témoignent de la composition de l'air dans le passé, moins riche en gaz nocifs. On constate une augmentation marquante de la présence de gaz carbonique depuis 1800, début de l'ère industrielle, avec la combustion du charbon et du pétrole. Puis par son activité, l'homme n'a cessé d'accroître les rejets de gaz carbonique qui renforcent l'effet de serre. En effet, les gaz (gaz carbonique, méthane, CFC, etc) interceptent une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre. La chaleur ainsi piégée entraîne une augmentation de la température globale de la Terre. Le problème est accentué par la déforestation (notamment dans les régions tropicales) qui limite l'élimination de ce gaz par le phénomène de photosynthèse.

Bien qu'il demeure de nombreuses incertitudes sur l'implication de l'effet de serre sur un réchauffement climatique global, il convient d'être prudent et vigilant car il est indéniable que l'homme modifie la composition de l'atmosphère. L'océan a la capacité d'absorber une grande partie du gaz carbonique de l'atmosphère ainsi qu'une partie de la chaleur induite par l'effet de serre, mais également celle de stocker le carbone et de le mettre à l'abri durant plusieurs siècles : Le phytoplancton et l'écosystème qui se nourrit du gaz carbonique (par photosynthèse) produit des détritiques riches en carbone organique, lesquels s'enfoncent vers les abysses. Durant sa chute, ce carbone organique est oxydé en carbone inorganique. La circulation océanique, lente mais régulière, ramène ensuite les eaux profondes vers la surface, où le contact avec l'atmosphère s'opère de nouveau et le carbone est alors restitué. Cette caractéristique fait de l'océan un facteur décisif pour l'évolution du climat à long terme (si l'homme arrêta d'émettre du gaz carbonique dans l'atmosphère, l'océan aurait à terme la capacité de ramener sa concentration au niveau naturel, préalable à l'ère industrielle).

Étudier les échanges de chaleur entre l'océan et l'atmosphère est déterminant pour comprendre l'évolution de ce phénomène et ses conséquences. Ainsi, observer les variations du niveau des mers à l'échelle globale peut apporter des informations cruciales sur la température moyenne sur Terre : si cette température s'accroît, le niveau de la mer va également augmenter sous l'effet de l'expansion thermique, de la fonte des glaciers et des glaces de mer. Depuis septembre 1992, les mesures altimétriques de TOPEX/Poséidon, grâce à leur répétitivité et à leur répartition homogène sur tout le globe, permettent de surveiller le niveau moyen des mers, et de confirmer son élévation jusqu'alors observée uniquement par les marégraphes. Depuis le début du XX^e siècle, on a constaté que le niveau des mers s'est élevé de 1 à 2 millimètres par an en moyenne.

La NAO souffle le chaud et le froid



L'Europe, très éloignée du Pacifique tropical, est peu influencée directement par El Nino. En revanche, les hivers européens sont généralement de deux types : soit rigoureux, avec des épisodes de froid intense et en général assez secs, soit plutôt doux et marqués par l'intensité et la fréquence des pluies. En général, si le sud de l'Europe a des hivers particulièrement pluvieux, (comme ils l'ont souvent été au cours des 10 dernières années), les pays du Nord sont frappés par des épisodes de froids rigoureux, et inversement. Cette "basculée" des hivers, appelée "Oscillation Nord Atlantique" (NAO en anglais) peut être résumée en regardant les différences

de pression atmosphérique entre le sud (Portugal) et le nord (Islande) grâce aux enregistrements des services météorologiques depuis plus d'un siècle. L'étude de cette série climatique assez unique montre qu'en dehors des variations assez chaotiques d'une année sur l'autre, on observe des fluctuations caractéristiques de périodes de 5 à 10 ans. Leur origine n'est pas entièrement connue. De fortes présomptions portent à croire qu'elles sont créées par les changements lents de la température de l'océan de l'autre côté de l'Atlantique, là où se forment les dépressions d'hiver qui nous apportent en général le mauvais temps et la pluie, parfois même de violentes tempêtes (comme 1999, durant la période de Noël). Les interactions entre l'océan et l'atmosphère, même très distantes de nos côtes, semblent donc encore une fois dicter les fluctuations du climat.

Bibliographie

Climat d'hier à demain, de Sylvie Joussaume, CNRS EDITIONS, 1999.

Climat, histoire et avenir d'un milieu naturel, d'Alain Foucault, Fayard.

Gros temps sur la planète, de Jean-Claude Duplessy et Pierre Morel, Odile Jacob poche, 2000.

L'histoire des climats depuis l'an mil, d'Emmanuel Leroy-Ladurie, Flammarion.

L'incertitude des climats, de Robert Kandel, Hachette Pluriel Référence.

L'océanographie physique, de Maxence Revault d'Allonne, Editions PVF, Collection Que sais-je ? n° 438.

La machine océan, Jean-François Minster, Flammarion, Collection Champs n° 427.

La Terre, une planète pas comme les autres, de S. Ichtiague Rasool et Nicolas Skrotzky, Editions Denoël.

Le climat de la Terre, de Robert Sadourny, Flammarion, Collection Dominos n° 28.

Le point sur... Sciences de la Terre II, Atmosphère, climat, Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS, 2000.

Les eaux du ciel, de Robert Kandel, Hachette.