



Idées débats, tribunes

Annie Cazenave

GÉOPHYSICIENNE, MEMBRE
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Étudier depuis l'espace l'océan, ce grand régulateur du climat

« L'HD », dans le cadre d'un partenariat avec l'Académie des sciences, publie une nouvelle tribune écrite par un de ses membres sur de grandes thématiques scientifiques touchant à des enjeux de société.

La COP21 s'est ouverte à Paris le 30 novembre. Les buts fixés, pour « aboutir à un nouvel accord international sur le climat pour maintenir le réchauffement climatique en dessous de 2° C », sont-ils à la hauteur des enjeux ? Annie Cazenave explique en quoi l'océan joue un rôle majeur dans le changement climatique. Et pourquoi les études depuis l'espace sont décisives. Spécialiste de renommée internationale notamment en océanographie spatiale, Annie Cazenave, membre de l'Académie des sciences, est chercheur au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (LEGOS, à Toulouse), fait partie de l'International Space Science Institute (Berne, Suisse) et a été membre du GIEC (2004-2013).

L'océan est une composante majeure de notre planète, aux multiples enjeux : économiques, environnementaux, scientifiques, militaires... Il recouvre 71 % de la surface du globe, contient 97 % de toute l'eau disponible sur la Terre ainsi qu'une grande partie de la biodiversité terrestre ; il est source de nourriture pour une large fraction de la population mondiale. L'océan est animé de mouvements complexes, agissant sur des échelles de temps et d'espace extraordinairement variées. En raison de sa grande inertie thermique (il y a autant de chaleur stockée dans les premiers mètres de l'océan que dans toute l'atmosphère) et de sa capacité à transporter la chaleur sur de grandes distances et sur des échelles de temps longues, l'océan est le grand régulateur du climat planétaire.

Conséquence de l'accumulation de gaz à effet de serre dans l'atmosphère par les activités humaines (majoritairement du dioxyde de carbone - CO₂ -, suite à la combustion des énergies fossiles et la déforestation), la Terre est aujourd'hui dans un état de déséquilibre énergétique : elle renvoie moins d'énergie vers l'espace qu'elle n'en reçoit du Soleil. On estime que 93 % de cet excès de chaleur accumulé dans le système climatique depuis 40 ans sont stockés dans l'océan. Les 7 %

restants servent à réchauffer la basse atmosphère et les surfaces continentales ainsi qu'à faire fondre les glaces. En plus d'être un grand réservoir de chaleur, l'océan joue un autre rôle majeur dans l'évolution du climat : il absorbe environ 26 % du CO₂ émis chaque année par les activités humaines (« seulement » 44 % du CO₂ anthropique émis annuellement s'accumule dans l'atmosphère car en plus du puits océanique, la végétation en absorbe 30 %). Mais il y a un prix à payer : l'océan devient de plus en plus acide, avec des conséquences néfastes sur certains organismes marins.

LES MESURES PAR SATELLITE MONTRENT QUE LE NIVEAU MARIN S'ÉLÈVE DEUX FOIS PLUS QU'AVANT PAR AN, ET NON UNIFORMÉMENT.

Conséquence directe du réchauffement de l'océan et de la fonte des glaces continentales, la mer monte. Après environ 3000 ans de relative stabilité, le niveau de la mer a commencé à s'élever depuis la fin du

XIX^e siècle. Grâce aux mesures des marégraphes (des instruments installés de longue date le long des côtes continentales et sur les îles), on estime que la mer s'est élevée de 17 cm en moyenne au cours du XX^e siècle. Depuis le début des années 1990, on mesure la hausse du niveau de la mer au moyen de satellites dit « altimétriques » (parmi eux, Topex-Poseidon, Jason-1 et 2 développés conjointement par la France et les États-Unis, ainsi que les satellites de l'Agence spatiale européenne). Leurs mesures précises et globales indiquent qu'aujourd'hui, la mer s'élève en moyenne de 3,3 mm par an, soit près de deux fois plus que durant les décennies précédentes. Les satellites ont aussi révélé que la mer ne monte pas de façon uniforme : par exemple, dans le Pacifique tropical Ouest, la mer est montée 3 fois plus vite que la moyenne. Ainsi aux Philippines, on observe une élévation de la mer de 25 cm depuis 20 ans.

TECHNIQUES SPATIALES

Différents systèmes d'observation sont aujourd'hui disponibles pour quantifier la contribution du réchauffement de l'océan et de la fonte des glaces continentales à la hausse actuelle de la mer. Par imagerie spatiale, on mesure par exemple le recul des glaciers et leur amincissement. On mesure aussi les variations de



ACADÉMIE DES SCIENCES

masse du Groenland et de l'Antarctique à l'aide d'autres techniques spatiales: l'altimétrie, qui mesure les variations d'altitude de la calotte, l'interférométrie radar, une technique qui mesure la vitesse d'écoulement des glaciers côtiers vers la mer par comparaison d'images radar prises lors de survols successifs du satellite, et la gravimétrie spatiale GRACE, qui permet de cartographier les variations temporelles des masses à la surface terrestre, en particulier celles des calottes polaires. L'ensemble de ces observations révèle que depuis deux décennies les calottes polaires ont perdu beaucoup de glace en raison d'un écoulement accéléré des glaciers périphériques vers la mer et que le phénomène s'est accéléré ces dernières années. Au total, l'ensemble des glaces continentales – glaciers et calottes polaires – a contribué pour près de 60 % à la hausse observée du niveau de la mer des 10 dernières années. L'expansion thermique des océans explique quant à elle environ 30 % de la hausse de la mer (les satellites ne peuvent pas « voir » à l'intérieur de l'océan mais grâce à des mesures de température de la mer à différentes profondeurs réalisées à partir de bateaux ou depuis 10 ans par les flotteurs automatiques

LA HAUSSE DU NIVEAU DE LA MER MENACE 600 MILLIONS DE PERSONNES AUJOURD'HUI, PLUS D'UN MILLIARD VERS 2060.

du projet international Argo, on peut estimer le réchauffement de l'océan et donc l'expansion thermique de l'eau de mer). C'est aussi l'expansion thermique non uniforme de l'océan (dans certaines régions, il y a plus de chaleur stockée dans l'océan, donc plus de dilatation) qui explique les importantes disparités régionales observées dans la hausse de la mer. Quelle que soit la trajectoire future des émissions de gaz à effet de serre, la mer continuera à monter au cours des prochaines décennies et même des prochains siècles; mais bien sûr d'autant moins que nous réduirons nos émissions. Les simulations climatiques les plus récentes suggèrent

qu'à l'horizon 2100, la mer devrait être plus haute qu'aujourd'hui, dans une fourchette de 40 à 75 cm en moyenne globale, selon les différents scénarios de réchauffement envisagés par le GIEC. Même dans le cas d'un réchauffement global de la planète limité à 2 °C par rapport à 1850 – l'objectif de la conférence des Nations unies sur le climat, COP21, de décembre 2015 –, la mer s'élèvera de 40 cm en moyenne par rapport au début des années 2000. De plus, comme aujourd'hui, la hausse de la mer ne sera pas uniforme. Cette variabilité régionale qui se superpose à la hausse moyenne pourra dans certaines régions (par exemple les tropiques) amplifier le phénomène de 30 à 40 %. L'enfoncement du sol observé dans de nombreuses régions côtières – souvent dû au pompage de l'eau dans les nappes souterraines, en amplifiant l'élévation de la mer due au climat – est par ailleurs un facteur aggravant.

DÉFI DE LA PRÉVISION LOCALE

La conjugaison de tous ces phénomènes constitue une menace pour de nombreuses régions côtières basses de la planète. Aujourd'hui, environ 600 millions de personnes vivent le long des côtes à moins de 10 m au-dessus du niveau de la mer. Ce chiffre devrait largement dépasser le milliard vers 2060. Prévoir de façon précise la hausse future de la mer à l'échelle très locale est un véritable défi. C'est une information essentielle pour évaluer l'impact de la hausse du niveau marin tenant compte de la complexité des systèmes littoraux. C'est aussi une demande de plus en plus pressante émanant des organismes en charge de l'aménagement des territoires. Une étape incontournable consiste à améliorer les modèles simulant les évolutions futures du climat et à les valider avec des observations toujours plus performantes. Il est donc aussi impératif d'assurer la continuité des observations spatiales et in situ pour établir des séries longues et précises d'évolution des paramètres climatiques, et, parmi eux, le contenu thermique de l'océan et la hausse du niveau marin, les deux meilleurs indicateurs du changement climatique. ★

POUR EN SAVOIR PLUS

SITE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES:
WWW.ACADEMIE-SCIENCES.FR

« **L'Océan observé depuis l'espace** », conférence d'Anny Cazenave devant des élèves de lycées professionnels et technologiques, le 13 octobre 2015, vidéo en ligne: www.academie-sciences.fr/fr/Seances-publiques/l-occean-observe-depuis-l-espace.html

« **OBSERVATION DU NIVEAU DE LA MER ET DE SES COMPOSANTES** », intervention d'Anny Cazenave dans la conférence-débat « Observation du système climatique en permanente évolution. Mécanismes physiques et chimiques en jeu », le 16 décembre 2014, vidéo en ligne sur www.academie-sciences.fr

« **LE CLIMAT À DÉCOUVERT** », C. JEANDEL ET R. MOSSERI (DIR.), CNRS ÉDITIONS, 2011.

« **LE DÉVELOPPEMENT DURABLE À DÉCOUVERT** », A. EUZEN, L. EYMARD ET F. GAILL (DIR.), CNRS ÉDITIONS, 2013.

« **LA TERRE VUE DE L'ESPACE** », D'A. CAZENAVE ET D. MASSONNET. ÉDITIONS BELIN, COLL. « POUR LA SCIENCE », 2004.

« **ÉVOLUTION DU CLIMAT ET DE L'Océan** », D'É. BARD, COLL. « LEÇONS INAUGURALES », COLLÈGE DE FRANCE-FAYARD, 2003.

« **LA TERRE ET L'ENVIRONNEMENT OBSERVÉ DEPUIS L'ESPACE** », D'A. CAZENAVE, COLL. « LEÇONS INAUGURALES », COLLÈGE DE FRANCE-FAYARD, 2013.

« **LA BIODIVERSITÉ, DE L'Océan À LA Cité** », DE G. BÉUF, COLL. « LEÇONS INAUGURALES », COLLÈGE DE FRANCE-FAYARD, 2014.