

Comment se manifeste le changement climatique actuel ?



© IRD/V. Ballu

Plantation de cocotiers inondée sur l'île de Loh au Vanuatu.

La montée des eaux est due à la fois au réchauffement global et à l'enfoncement des îles.

L'augmentation de la température à la surface de la Terre, inédite par son ampleur et sa rapidité, est le premier indicateur du changement climatique. Mais il y en a d'autres, comme le recul des glaces, les changements dans le cycle global de l'eau et la modification de certains extrêmes climatiques, le réchauffement de l'océan et l'élévation du niveau moyen des mers.

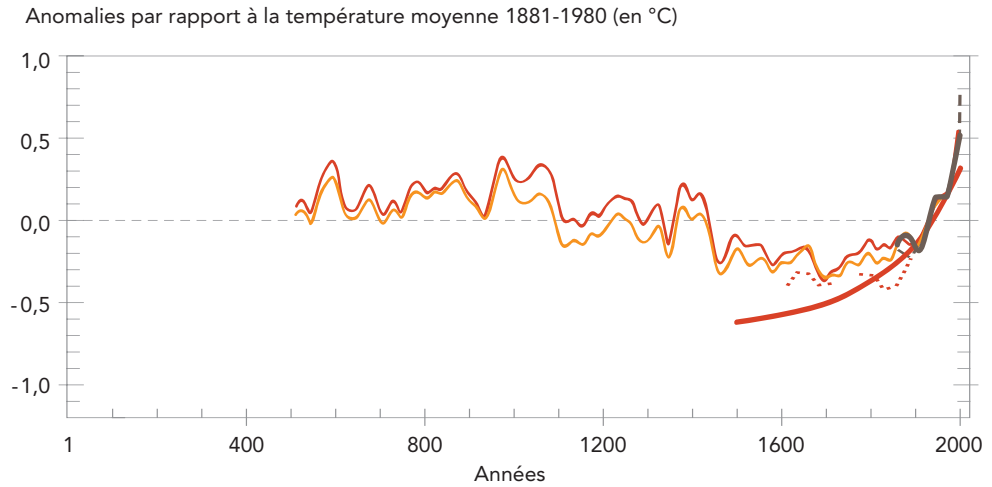
Le réchauffement de la surface de la Terre

Les reconstitutions du climat des deux mille dernières années montrent des périodes de plusieurs décennies où les températures, localement, étaient aussi chaudes qu'aujourd'hui. Cependant, ces épisodes chauds ne se sont pas produits de manière synchrone dans les différentes régions de la planète, ce qui les différencie du réchauffement « global » récent. Le réchauffement actuel est également inédit par sa rapidité (fig. 2).

Selon le rapport du Giec de 2013, la température moyenne à la surface du globe – mesurée à 2 m au-dessus de la surface – a augmenté de 0,85 °C depuis 1880. Cette moyenne globale masque des variations importantes selon les régions (fig. 3) et selon

les périodes de l'année. Dans la région chaude du Sahel par exemple, la température a augmenté de 1,5 °C depuis les années 1950.

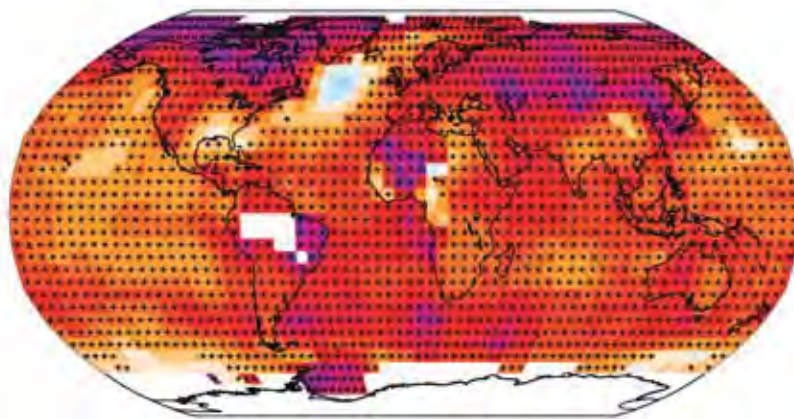
Figure 2.
Reconstructions à l'aide de plusieurs bases de données des températures annuelles terrestres et océaniques au cours des deux mille dernières années. Depuis 1950, la température augmente au-delà de sa variabilité naturelle.
Source : Giec, 2013.



En orange : températures terrestres et océaniques ;
en rouge : températures terrestres uniquement ;
en noir : températures instrumentales relevées depuis 1860.

Les anomalies sont données par rapport à la moyenne (ligne 0,0) et lissées pour réduire les fluctuations inférieures à 50 ans.

1901-2012



Variations de température (°C)

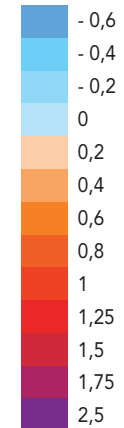


Figure 3.
Évolution de la température en surface observée entre 1901 et 2012. Les variations de température sont inégalement réparties à l'échelle du globe. Les plus fortes augmentations sont observées sur les continents.
Source : Giec, 2013.

Les zones en blanc correspondent à des données incomplètes.
Source des données :
Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature Analysis (Gistemp)

Le recul des glaciers tropicaux

La fonte des glaces est un autre marqueur important du changement climatique de la planète. Au cours des dernières décennies, les glaciers de presque toutes les régions du globe ont reculé. Ceux des régions tropicales, situés à 99 % dans les Andes, figurent parmi les plus touchés. En effet, le réchauffement global est particulièrement marqué à ces altitudes. Plusieurs équipes de l'IRD ont mis en évidence le recul spectaculaire depuis 30 ans des glaciers andins, qui ont vu leur surface se réduire de 30 à 50 %. Ces travaux confirment l'accélération du changement climatique à la fin du XX^e siècle dans cette région du monde. Si les températures continuent d'augmenter, associées à des modifications négatives du régime des pluies, la plupart d'entre eux pourraient disparaître d'ici la fin du siècle.

Glacier Zongo (6 090 m)
sur la montagne Huayna
Potosi en Bolivie.
Le Zongo a reculé
de 800 m depuis 1940.

© IRD/B. Francou



Le recul spectaculaire des glaciers andins depuis 30 ans

Depuis leur maximum, atteint entre la moitié du XVII^e et celle du XVIII^e siècle, au cours du Petit Âge glaciaire, les glaciers des Andes tropicales ont progressivement reculé. Mais depuis 30 ans, leur déclin a pris une ampleur spectaculaire.

Grâce à l'étude des moraines glaciaires, les scientifiques de l'IRD et leurs partenaires internationaux ont cartographié et daté les positions passées des glaciers, tout au long de leur retrait commencé à partir des années 1730.

Les photographies aériennes et les images satellitaires ont par ailleurs été utilisées pour retracer l'évolution des surfaces glaciaires après 1950.

En parallèle, les chercheurs ont modélisé la réponse des glaciers aux variations actuelles de température et de précipitations, pour établir la relation entre conditions climatiques et recul des glaces.

Ils ont ainsi reconstitué les fluctuations du climat qui ont pu provoquer les variations des glaciers observés. Leurs résultats montrent clairement la singularité de ces dernières décennies, avec une rapidité de fonte jamais observée en 300 ans : les glaciers de Colombie, d'Équateur, du Pérou et de Bolivie ont vu leur surface réduite de 30 à 50 % depuis la fin des années 1970, et jusqu'à 80 à 100 % dans les cas les plus extrêmes.

Une seule et même cause

L'ensemble des glaciers andins répond à des mécanismes communs de variabilité climatique.

Tandis que les précipitations ont peu évolué, la température atmosphérique dans les Andes tropicales a augmenté de 0,7 °C, en lien avec le réchauffement du Pacifique tropical depuis les années 1970.

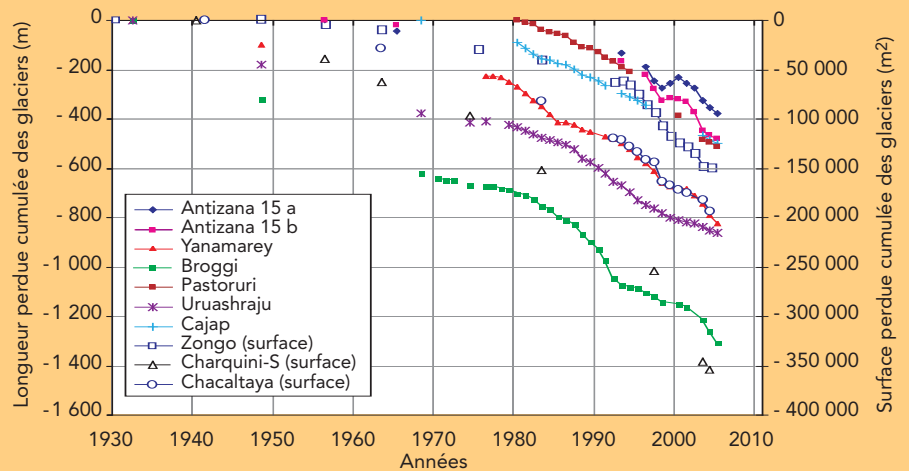
À pareille altitude, la température n'est pas directement responsable de la fonte. Celle-ci est surtout due au bilan entre rayonnement absorbé et rayonnement réfléchi à la surface du glacier.

Mais la température agit sur la nature des précipitations, solides ou liquides, et donc sur les conditions de maintien ou non du manteau neigeux, qui contribue à réfléchir la plus grande partie de l'énergie solaire.

L'absence de celui-ci augmente la fonte du glacier de façon considérable.

Cette situation où les glaciers sont dénudés – en été sous les tropiques ou aux équinoxes à l'équateur – a eu tendance à devenir plus fréquente ces dernières décennies.

Figure 4. Diminution spectaculaire de dix glaciers des Andes tropicales au cours des quatre-vingt dernières années. Source : FRANCOU et VINCENT, 2007.



Précipitations et événements climatiques extrêmes

Le régime des pluies en zones tropicales s'est également modifié au cours des dernières décennies. Néanmoins, il est très difficile de dégager des tendances globales. Les recherches au Sahel illustrent bien cette complexité. À la période pluvieuse des années 1950-1960 a succédé une période très sèche pendant les trois décennies suivantes. Depuis 15 ans, on assiste à la reprise partielle de la pluviométrie. Ce retour des pluies n'est cependant pas un retour à la période de référence des années 1960. D'abord, parce qu'elle ne concerne qu'une partie du Sahel continental, alors que l'ouest du continent est toujours caractérisé par une baisse des précipitations. Ensuite, parce que l'augmentation de la pluviosité ces dernières décennies est surtout liée à l'augmentation de l'intensité des orages. En effet, si les orages sont redevenus plus fréquents, ils sont toujours moins nombreux qu'avant la sécheresse (cf. p. 116).

En Amérique du Sud, les observations directes indiquent que la fréquence des inondations et des sécheresses sévères varie d'une décennie à l'autre, sans que des tendances claires se dégagent à l'échelle régionale. La région du Paraná Plata dans les plaines de l'Argentine a, par exemple, subi une augmentation du régime des précipitations depuis le milieu des années 1970. Ces changements ont conduit à la formation d'un lac de plusieurs centaines de kilomètres carrés, engloutissant au passage villages et cultures.

Les « crues records » de l'Amazone

Les grands fleuves sont également de bons témoins du changement climatique. Les scientifiques ont par exemple reconstruit les niveaux du fleuve Amazone sur un siècle (observatoire scientifique Hybam), mettant en évidence l'augmentation des phénomènes extrêmes depuis une trentaine d'années, avec une augmentation de la fréquence des crues et des étiages historiques et une diminution progressive des débits en saison sèche. Sur ces dernières années, deux crues exceptionnelles en 2009 puis 2012 du fleuve Amazone ont successivement augmenté le niveau de la « crue record ».

Le fleuve Amazone
en crue en 2008.
Brésil.



© IRD/F. Sontag

Toutefois, les séries d'observations instrumentales fiables ne sont disponibles que depuis 1950, ce qui est trop court pour permettre d'identifier avec précision d'éventuelles tendances et d'en déduire les causes. Cette incertitude est d'autant plus forte pour les événements extrêmes, exceptionnels par définition. Il n'y a ainsi pas de consensus scientifique sur une fréquence plus grande des cyclones par exemple. Les observations indirectes, comme l'étude des sédiments lacustres pour caractériser les crues, l'analyse de spéléothèmes, etc., constituent donc des sources d'informations précieuses qui permettent d'élargir la fenêtre temporelle des observations nécessaires à la compréhension des changements climatiques récents.

Le réchauffement des océans

Les eaux chaudes du Pacifique tropical ouest génèrent d'intenses interactions entre l'océan et l'atmosphère. Cet immense réservoir d'eaux chaudes est à l'origine des phénomènes El Niño et La Niña.

Le réchauffement des océans est un autre marqueur du changement climatique. Selon le 5^e rapport du Giec (2013), la température à la surface des océans augmente de 0,11 °C par décennie depuis 1970, soit + 0,44 °C en moins de 40 ans. Cette augmentation est inégalement répartie. Des recherches récentes montrent par exemple que l'Atlantique tropical s'est réchauffé de plus de 1 °C depuis 1975 dans sa partie est. La température des eaux de surface du Pacifique tropical s'est, elle, réchauffée de 0,3 °C au cours des cinquante dernières années.

Les océans emmagasinent la plus grande partie du réchauffement de la planète : l'augmentation de la température océanique constitue 90 % de l'énergie supplémentaire stockée par le système climatique depuis 40 ans. Mais les modifications de ce gigantesque réservoir d'énergie vont affecter en retour le climat. En effet, la circulation des océans et sa contribution à l'équilibre énergétique de la planète en font l'un des principaux acteurs de la machine climatique. La dynamique des océans interagit également avec la dynamique de l'atmosphère, un couplage responsable de la variabilité naturelle du climat.



© IRD/C. Maes

Encadré 4

Le Pacifique tropical ouest se réchauffe

Des chercheurs de l'unité Legos et leurs partenaires ont montré que les eaux de surface du Pacifique tropical se sont réchauffées de 0,3 °C en un demi-siècle. C'est une des premières estimations à partir de données *in situ* dans cette zone du Pacifique.

L'immense masse d'eau chaude à l'ouest du Pacifique tropical, appelée *Warm Pool*, couvre une surface de 15 millions de kilomètres carrés, soit 27 fois la surface de la France. Des chercheurs de l'unité Legos et leurs partenaires ont étudié l'évolution de cette *Warm Pool* au cours des cinquante dernières années. La température de l'eau y a augmenté de 0,3 °C. La surface occupée par des eaux supérieures à 29 °C a doublé en un demi-siècle et les zones de plus de 30 °C, rares il y a 50 ans, sont aujourd'hui très répandues.

De plus, la profondeur moyenne de la *Warm Pool* a augmenté d'environ 10 m, pour atteindre aujourd'hui une centaine de mètres.

Ces travaux montrent donc que le volume de chaleur stocké dans l'océan est beaucoup plus important. En 50 ans, la *Warm Pool* s'est également déplacée d'environ 2 000 km vers l'est.

Ces travaux sont l'une des premières estimations, à partir de données *in situ*, de l'augmentation de la température de l'océan Pacifique tropical ouest. Pour obtenir ces résultats, l'équipe de recherche a rassemblé des données et des observations collectées au cours des cinq dernières décennies par des navires marchands, des campagnes océanographiques, des mouillages grands fonds et des mesures satellites.



© IRD/P. Laboute

Vue aérienne de l'îlot Rédika, lagon sud de la Nouvelle-Calédonie. Le phénomène de dilatation thermique des océans dû au réchauffement des eaux océaniques contribue à la montée du niveau marin, menaçant certaines îles basses du Pacifique.

Les océans ont également un pouvoir régulateur vis-à-vis du carbone, en stockant le dioxyde de carbone (CO₂) présent dans l'atmosphère. Environ 30 % des émissions anthropiques de CO₂ sont ainsi absorbées par les océans. Or, la dissolution du CO₂ dans l'eau de mer entraîne son acidification (cf. p. 93).

La montée des océans

La hausse du niveau des mers est un phénomène bien établi. Depuis un siècle, l'élévation moyenne est de l'ordre de 1,7 mm/an. Les résultats couplés des données satellitaires et des mesures *in situ* indiquent que cette hausse moyenne s'accélère, puisqu'elle s'élève de 3,2 mm/an entre 1993 et 2010. Cette hausse est un phénomène attendu, du fait de la dilatation thermique de l'océan et de la fonte des glaces continentales. Mais d'autres facteurs interviennent régionalement, comme les vents, la pression de l'air, les courants océaniques, etc. La montée des océans est ainsi très inégale en différents points du globe (fig. 5). Par exemple, le Pacifique tropical ouest enregistre une élévation du niveau de la mer d'environ 10 mm/an, une hausse donc bien supérieure à la moyenne globale. Dans le Pacifique tropical oriental, la hausse est en revanche inférieure à 3 mm/an.

Montées des eaux dans l'archipel des Tuamotu en Polynésie française. Face à l'élévation du niveau des océans, les atolls qui culminent souvent à 1 ou 2 m au-dessus de la surface pourraient être un jour rayés de la carte.



© IRD/B. Marty

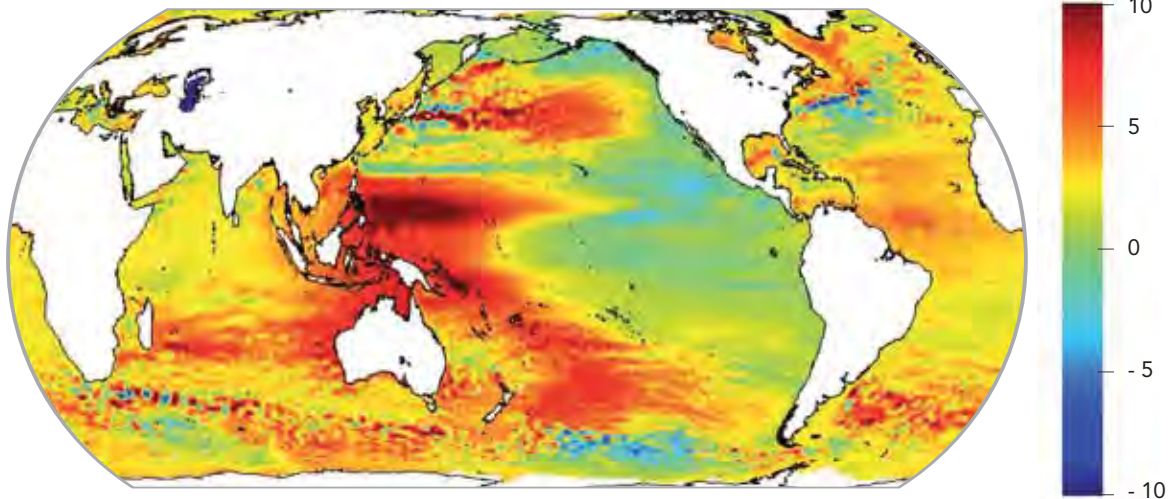


Figure 5.
Évolution du niveau
moyen régional de la mer
entre 1993 et 2014.
L'élévation du niveau
de l'océan Pacifique ouest
est bien supérieure
à la hausse globale.
Sources : Cnes/Legos/CLS.

L'élévation du niveau de la mer est aussi variable dans le temps. Les chercheurs de l'IRD et leurs partenaires ont reconstitué les variations du niveau de la mer dans le Pacifique tropical ouest depuis 1950. Leurs travaux ont montré qu'El Niño a un effet important sur la variabilité interannuelle du niveau marin dans le Pacifique tropical ouest, entraînant des variations de l'ordre de 20 à 30 cm par rapport à la moyenne.

À l'instar du reste de la planète, les tendances climatiques actuelles dans la zone intertropicale confirment donc la réalité du changement climatique. L'ampleur et l'accélération du réchauffement de l'atmosphère et des océans, de l'élévation du niveau de la mer et du recul des glaciers sont autant de preuves d'une rupture. D'autres indicateurs climatiques sont en revanche moins faciles à inscrire dans des grandes tendances. L'évolution du régime des pluies ou des événements extrêmes, type cyclones, est particulièrement difficile à caractériser, conséquence de la complexité du cycle de l'eau et des phénomènes convectifs sous les tropiques.

Aucan Jérôme, Menkès Christophe, Martinez Jean-Michel.
(2015).

Comment se manifeste le changement climatique actuel ?.

In : Reinert M., Janicot Serge (ed.), Aubertin Catherine (ed.),
Bernoux Martial (ed.), Dounias Edmond (ed.), Guégan Jean-
François (ed.), Lebel Thierry (ed.), Mazurek Hubert (ed.),
Sultan Benjamin (ed.), Sokona Y. (pref.), Moatti Jean-Paul
(pref.).

Changement climatique : quels défis pour le Sud ?.

Marseille : IRD, 33-41. ISBN 978-2-7099-2168-8