

Le climat du futur

Cours

Sommaire

I Les modèles climatiques

- A Les principes de modélisation
- B La validité des modèles
- C Les modèles, des outils de prévisions

II Les scénarios d'évolution du climat

- A Les conséquences des activités humaines
- B Les conséquences du réchauffement climatique

RÉSUMÉ

Depuis le développement des outils informatiques, des modèles climatiques de plus en plus performants peuvent être établis. Ils permettent de faire des prévisions sur le climat du futur. La communauté scientifique met en évidence le lien de causalité entre les activités humaines émettant des gaz à effet de serre et le réchauffement climatique. Les simulations d'évolution du climat prévoient des conséquences multiples affectant l'ensemble du globe terrestre.

I Les modèles climatiques

Les modèles climatiques reposent sur des calculs complexes. Les principes de modélisation consistent à décrire le fonctionnement des différents sous-systèmes (océan, atmosphère, etc.) composant la planète Terre. La validité des modèles est testée par comparaison avec des données connues. Les modèles climatiques sont des outils de prévision d'évolution du climat futur.

A Les principes de modélisation

La température moyenne globale sur Terre est déterminée par les grands mécanismes de fonctionnement du système Terre. Les principes de modélisation consistent à mettre en équation ces mécanismes de fonctionnement. Les équations complexes sont résolues par les outils informatiques. Pour faciliter ce travail, la Terre est découpée en plusieurs zones d'étude.

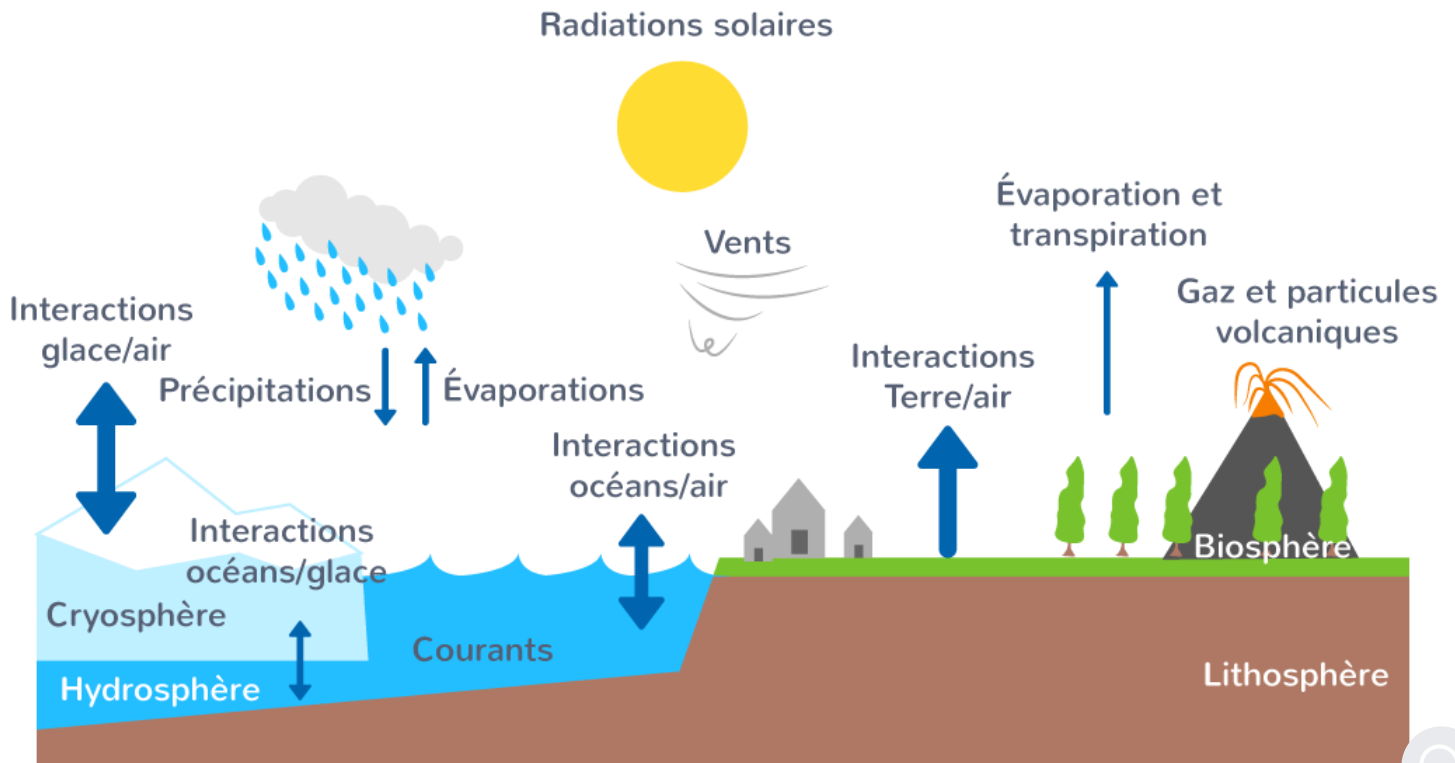
Les modèles climatiques doivent prendre en compte les nombreuses interactions et mécanismes de fonctionnement des sous-systèmes qui composent le système Terre.

Les mécanismes de fonctionnement des sous-systèmes (océans, biosphère, cryosphère, atmosphère, lithosphère) sont nombreux. Ils peuvent se répartir en trois catégories :

- les mécanismes physiques : circulation des courants océaniques, des vents, les échanges d'énergie, l'effet de serre, l'albédo ;

- les mécanismes biologiques : évapotranspiration, respiration, photosynthèse ;
 - les mécanismes chimiques : chimie de l'atmosphère (formation de l'ozone, destruction du méthane).
- Les sous-systèmes interagissent également par différents mécanismes qu'il faut également prendre en compte dans les modèles climatiques. Ils échangent de l'énergie, de l'eau et de la matière (échanges biogéochimiques).

Mécanismes du système climatique pris en compte dans les modèles



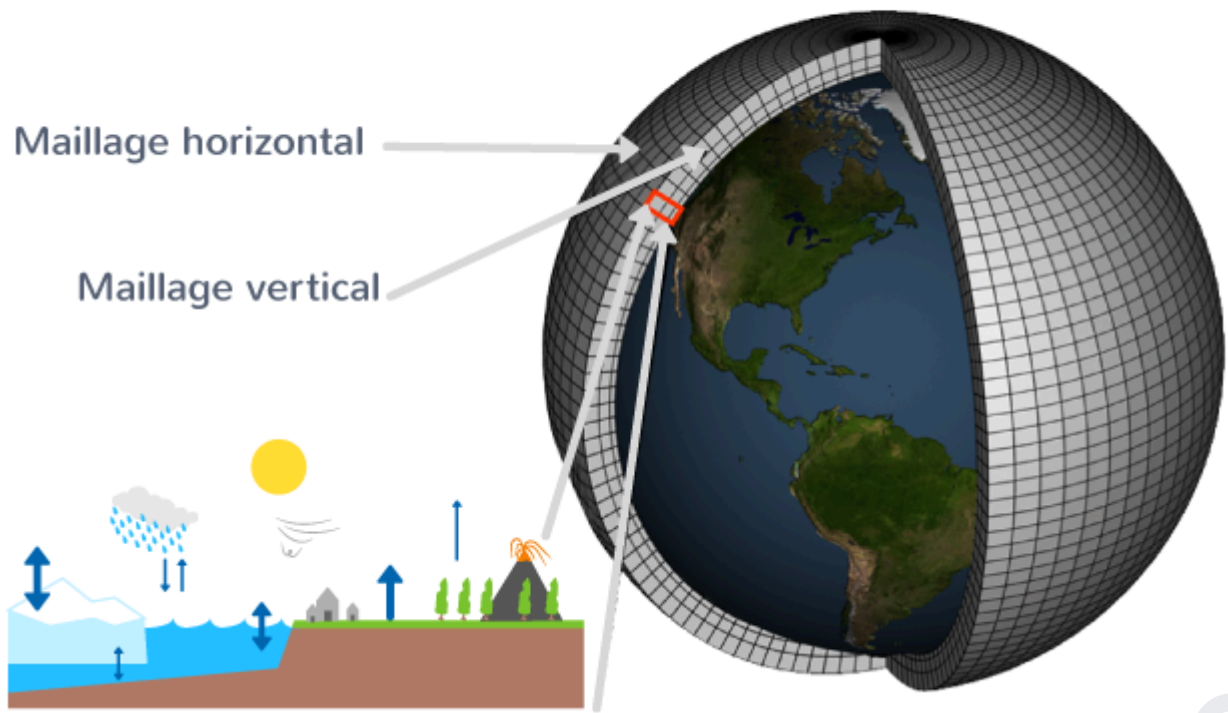
Ces mécanismes sont mis sous forme d'équations mathématiques par les scientifiques. Ces équations sont ensuite codées pour que des ordinateurs puissent les résoudre.

EXEMPLE

La circulation océanique obéit aux lois de la mécanique des fluides.

Les mécanismes régissant le climat se produisant sur tout le globe, en altitude comme en profondeur, la Terre a été découpée en cubes, appelés des mailles, afin que les ordinateurs des supercalculateurs puissent résoudre les équations.

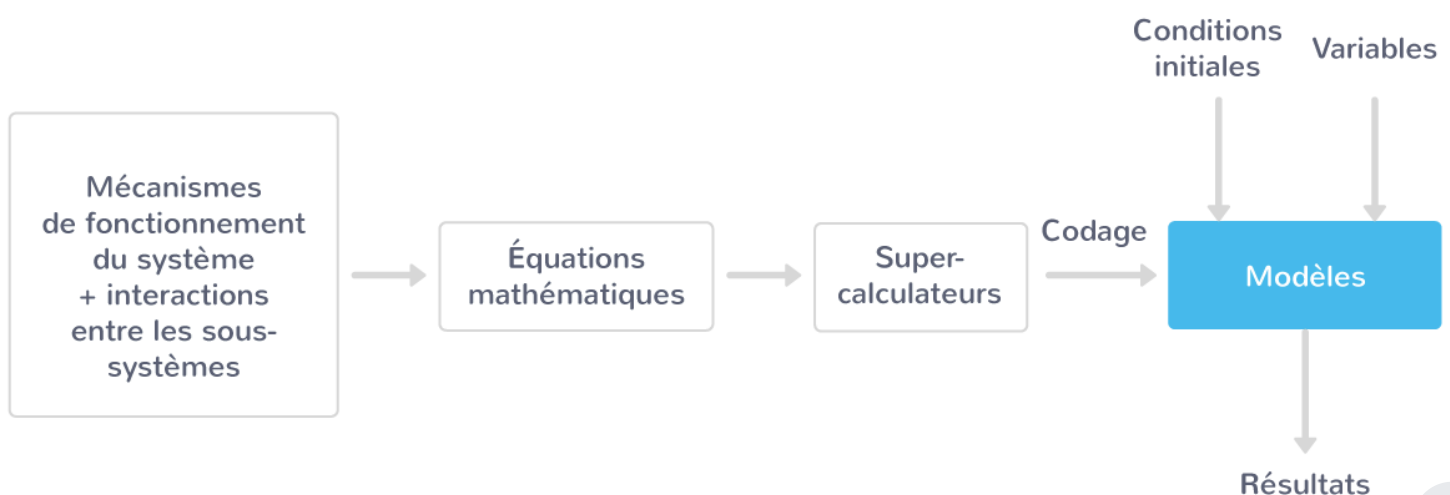
Maillage de la Terre



© Wikimedia Commons

Les scientifiques introduisent des variables, telles que l'intensité du rayonnement solaire, les émissions de CO_2 , afin de faire fonctionner le modèle.

Les principes de la modélisation climatique



© Wikimedia Commons

B La validité des modèles

Afin de déterminer la validité des modèles, les scientifiques les évaluent en les comparant aux observations actuelles et en les testant sur des paléoclimats.

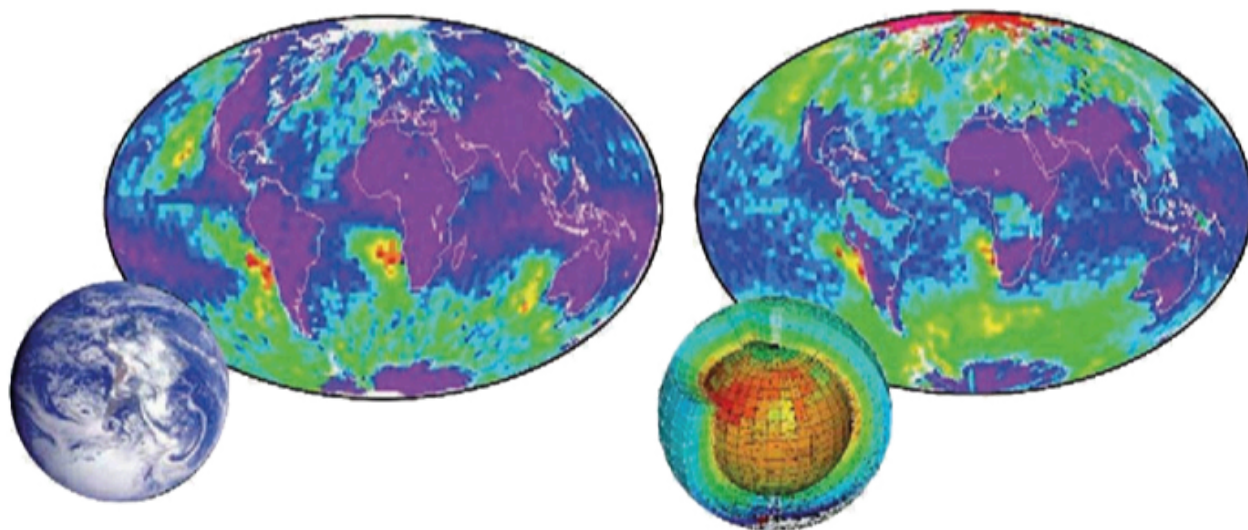
Les modèles sont testés pour vérifier que les calculs donnent des prévisions correctes et que les modèles sont donc réalistes.

Pour cela, ils sont testés de deux façons :

- sur les climats connus des années antérieures. On vérifie que les résultats obtenus correspondent à la réalité des mesures et observations effectuées par le passé ;
- sur des paléoclimats. On vérifie que les calculs donnent des résultats proches du climat reconstitué à partir des différents indices (pollens, composition des glaces, fossiles, roches).

EXEMPLE

Modélisation de la couverture nuageuse



Observations par satellites

Modélisation

À gauche, les observations par satellites montrent qu'il y a moins de nuages, surtout dans l'hémisphère nord, que ce que propose la modélisation. Le modèle est donc à perfectionner.

© Wikimedia Commons

C Les modèles, des outils de prévisions

Les modèles climatiques sont nombreux et souvent spécifiques d'un sous-système. Ils sont associés pour devenir des outils de prévision des variations climatiques globales ou locales sur les décennies ou les siècles à venir.

Le modèle climatique global est une combinaison des données des modèles de chaque sous-système. Il existe par exemple un modèle pour l'atmosphère, un autre qui combine atmosphère et océan pour prendre en compte leurs interactions. Plus on associe de modèles, meilleures sont les prévisions.

Actuellement, il existe une vingtaine de centres climatiques dans le monde disposant d'une quarantaine de modèles.

Ces modèles permettent des projections climatiques à l'échelle du globe. Dans ce cas, les mailles sont d'environ 200 km. Les modèles sont aussi utilisés à des échelles plus petites, comme un pays. Dans ce cas, le maillage est plus petit et les prévisions plus fines.

EXEMPLE

Les modèles climatiques utilisés par le GIEC ont un maillage de 200 à 300 km. « Arpège-climat » de Météo-France établit plus précisément le climat en France avec un maillage de 50 km.

DÉFINITION

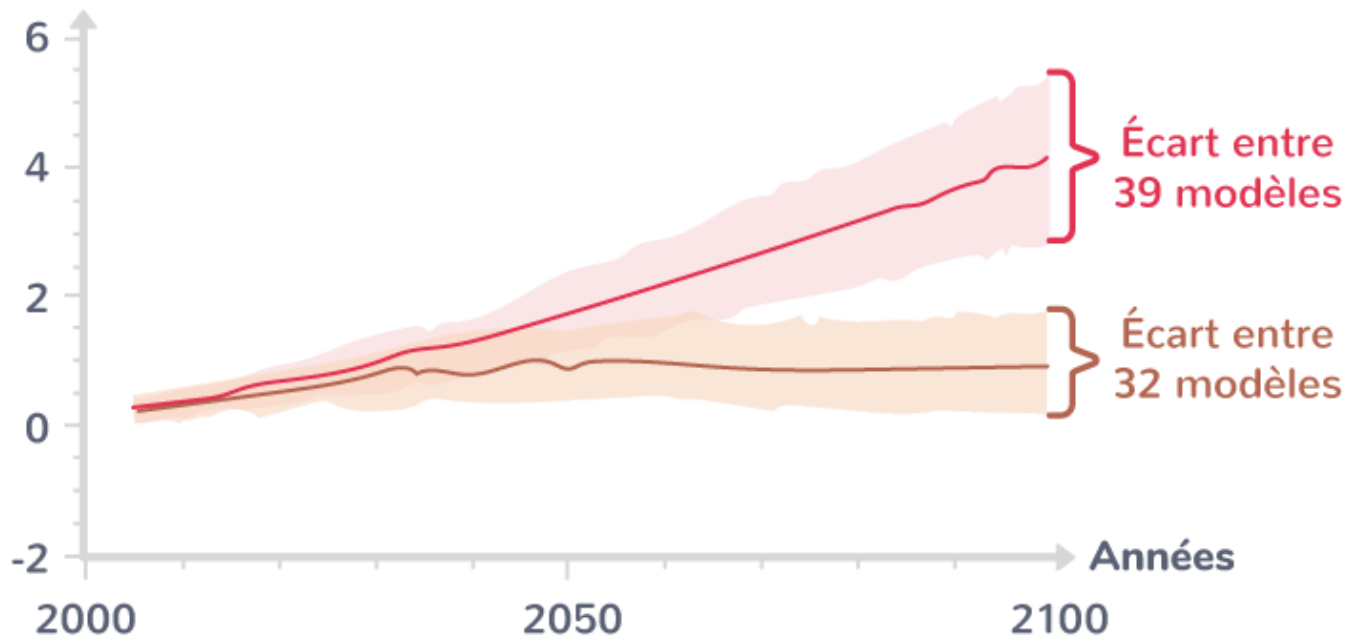
Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)

Le **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)** est un organisme qui étudie les impacts de l'activité humaine sur les changements climatiques.

Les experts utilisent les modèles pour faire des simulations sur l'évolution du climat en fonction des émissions de GES d'origine anthropique. Ils proposent également des stratégies pour atténuer les changements climatiques.

Simulation de l'augmentation de la température d'ici 2100 pour deux scénarios

Anomalie de température (°C)



- Scénario d'une augmentation importante des émissions de GES
- Scénario d'un arrêt des émissions de GES





REMARQUE

L'anomalie de température est l'écart entre la température mesurée et la température moyenne normale (calculée sur une période d'au moins 30 ans) dans un lieu donné, sur une période donnée.

II Les scénarios d'évolution du climat

Les scénarios d'évolution du climat dépendent des hypothèses portant sur la quantité émise de gaz à effet de serre. Les observations associées aux modélisations montrent l'impact majeur des activités humaines libérant des gaz à effet de serre sur le réchauffement climatique. Les modèles prévoient les conséquences du réchauffement climatique sur l'ensemble des sous-systèmes composant la planète.

A Les conséquences des activités humaines

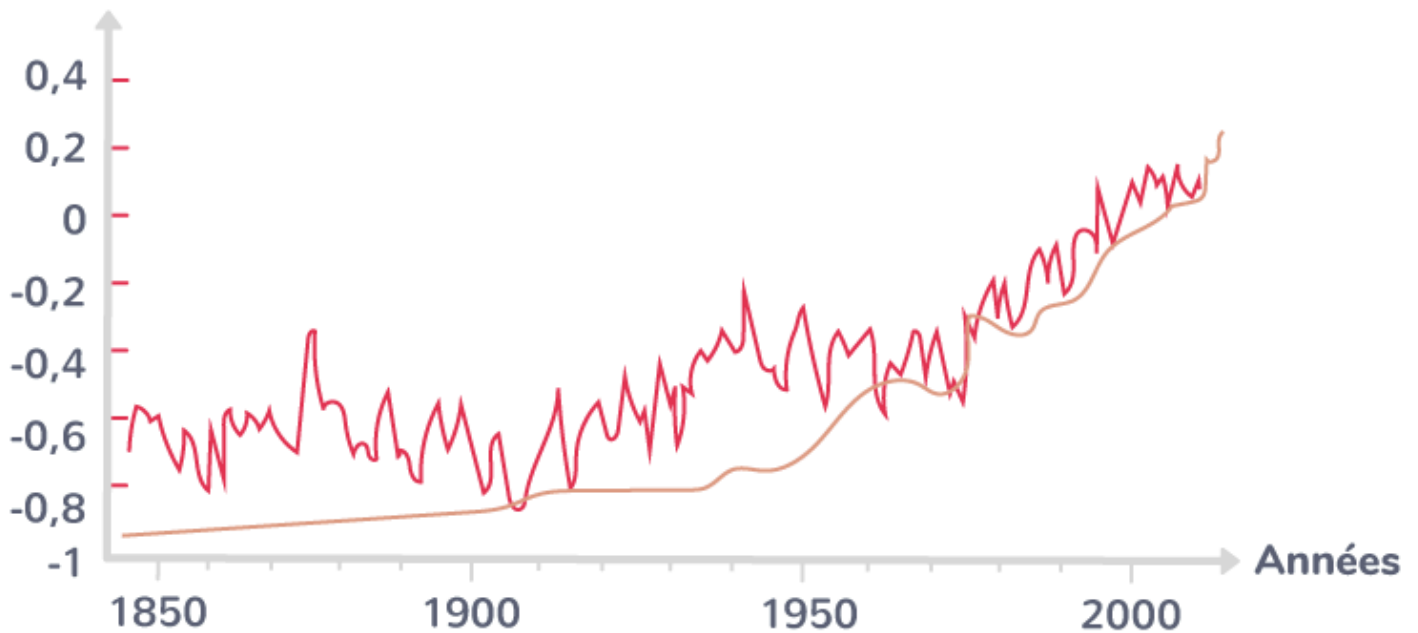
Les conséquences des activités humaines sont prépondérantes dans le phénomène de réchauffement climatique. Elles sont essentiellement corrélées à l'émission de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone ou le méthane.

Les émissions de CO_2 liées à l'homme (émissions anthropiques) ont augmenté depuis la révolution industrielle du début du XX^e siècle avec l'utilisation du charbon comme source d'énergie pour faire fonctionner les machines (industries, locomotives, etc.). Après la Seconde Guerre mondiale, on observe une explosion des émissions de CO_2 liée aux combustions d'hydrocarbures utilisés notamment pour les transports, l'industrie, le chauffage. La production de ciment ou encore la déforestation participent également à l'émission de CO_2 dans l'atmosphère.

On constate que la température suit la même progression. Ainsi, l'augmentation rapide de la température depuis un siècle est attribuée en partie aux émissions anthropiques de CO_2 .

Émissions anthropiques mondiales de CO₂ et évolution de la température depuis 1850

Anomalie de température (°C)



© Wikimedia Commons

D'autres GES d'origine anthropique participent au réchauffement climatique, notamment le méthane, libéré par certaines activités agricoles (élevage de ruminants), les fuites de gaz naturel ou encore la fermentation dans les décharges.

B Les conséquences du réchauffement climatique

Les conséquences du réchauffement climatique sont quantifiables en termes de température globale de la planète, de niveau des océans, de phénomènes météorologiques et d'acidification des océans. Les modèles prévoient également des répercussions importantes sur les écosystèmes terrestres et marins.

Les modèles du futur climat sont établis pour différents scénarios, allant de l'arrêt des émissions de GES à une production accrue de ces gaz. Toutefois, tous les modèles s'accordent sur les conséquences communes du réchauffement climatique, qu'il soit faible ou élevé. Seule l'intensité des conséquences varie.

Une modification du régime des pluies et l'amplification de phénomènes climatiques extrêmes sont d'autres conséquences du réchauffement climatique. L'augmentation de la température accroît l'évaporation au niveau des océans et l'évapotranspiration des végétaux, le cycle de l'eau est donc modifié.

EXEMPLE

Une tornade, phénomène climatique d'une violence extrême



© Wikimedia Commons



L'augmentation de température du réchauffement climatique entraîne une fonte des glaciers et la dilatation des molécules d'eau. Le volume des océans s'accroît et l'élévation de leur niveau moyen peut atteindre 1 mètre dans le pire des scénarios.

**Simulation d'une élévation du niveau de la mer
de 1 mètre : conséquences sur la Camargue**

La Camargue en 2020

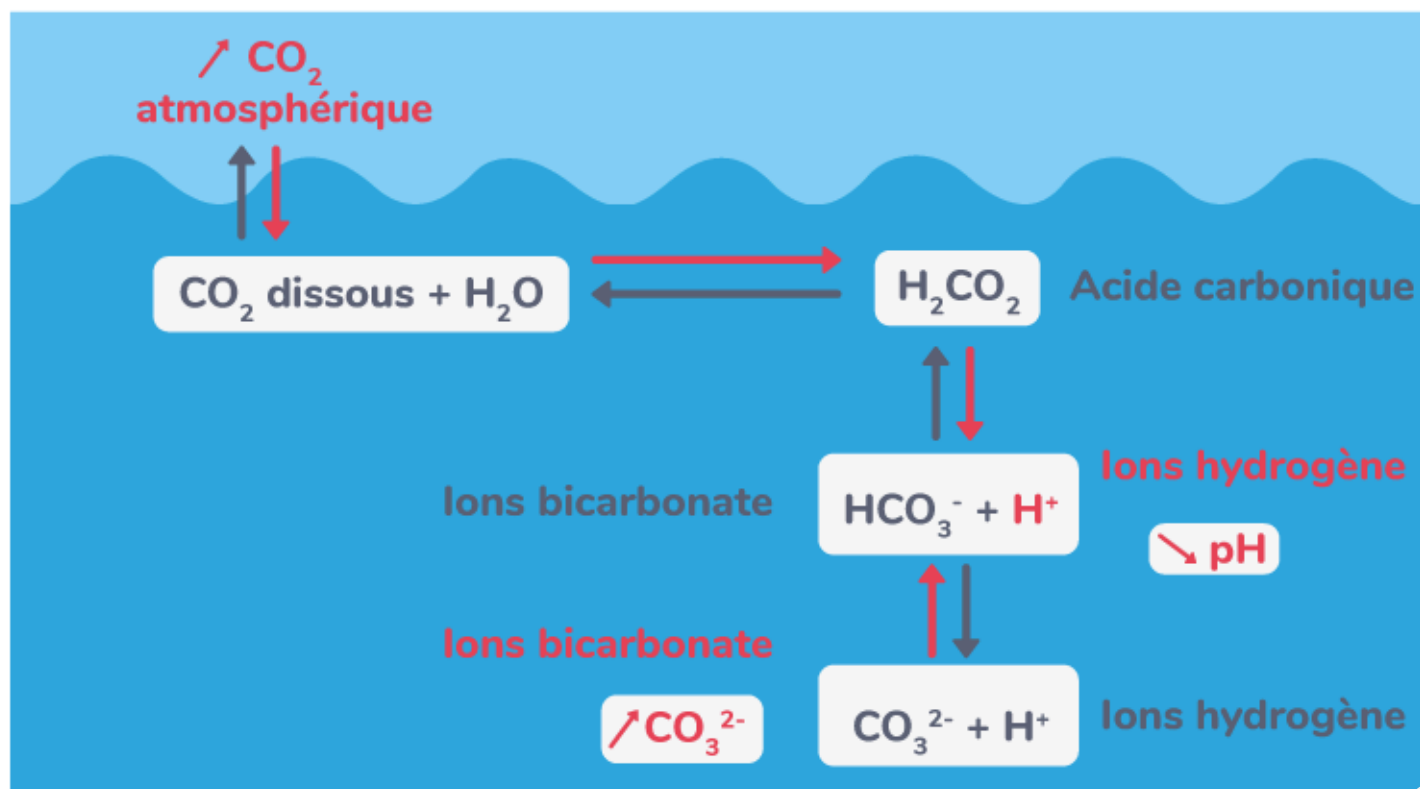


La Camargue disparaît sous les eaux



Le réchauffement climatique entraîne une acidification des océans.

Processus de l'acidification des océans



L'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère accroît la quantité de CO_2 absorbé par les océans. Le CO_2 dissous s'associe à une molécule d'eau pour former de l'acide carbonique. Cette molécule instable se dissocie immédiatement en ions bicarbonates et hydrogène. L'augmentation d'ions H^+ dans l'eau diminue le pH. Les ions bicarbonates peuvent se dissocier en ions carbonates et H^+ , mais ce sont surtout les ions H^+ nouvellement formés qui sont réutilisés pour former des ions bicarbonates par association avec les ions carbonates.

L'acidification des océans diminue ainsi la quantité d'ions carbonates qui servent à la construction des structures calcaires (coquilles) des organismes marins. Cette baisse de calcification rend les organismes plus vulnérables vis-à-vis de leurs prédateurs. De plus, l'augmentation de CO_2 dissous favorise la photosynthèse et le développement d'algues. C'est donc l'ensemble des réseaux trophiques qui est perturbé et modifie la biodiversité.

Le réchauffement climatique a aussi un impact majeur sur les écosystèmes terrestres et marins. L'augmentation de la température modifie le biotope et par conséquent les peuplements des milieux.

EXEMPLE

L'augmentation de température fait fondre la banquise, les ours blancs voient leur habitat disparaître. Ils sont ainsi menacés d'extinction d'ici la fin du siècle.

Fonte de la banquise, habitat des ours blancs



© Wikimedia Commons

