

## Gaz à effet de serre: nous quittons le domaine d'oscillation des derniers 420'000 ans

### Des archives naturelles dévoilent d'autres données climatiques du passé

**Au cours des derniers mois, de nombreux travaux scientifiques traitant de l'évolution du climat dans le passé ont été publiés. Des carottes de glaces provenant de l'Antarctique montrent par exemple que divers paramètres climatiques (température globale, gaz à effet de serre) ont fortement varié au cours 420'000 dernières années, mais qu'ils n'ont pas dépassé certaines limites. Quand bien même tout n'est pas encore clair à propos du climat dans le passé, il semble que certains faits soient avérés entre temps: jamais pendant tout ce temps la concentration des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> et méthane) n'a été aussi élevée qu'à l'heure actuelle. De même, ils n'ont jamais crû aussi rapidement que dans les cent dernières années.**

L'achèvement des carottages de glace à la station Vostok en Antarctique autorise l'extension de la série climatique aux quatre derniers cycles de périodes glaciaires et périodes chaudes, c'est à dire env. aux derniers 420'000 ans. L'oscillation des températures en Antarctique et la concentration des gaz à effet de serre atmosphériques (CO<sub>2</sub> et méthane) sont semblables pour chaque cycle et bougent à l'intérieur de limites stables (oscillation jusqu'à 12°C des températures moyennes en Antarctique). Une grande partie des changements se déroule parallèlement aux oscillations des paramètres de l'orbite terrestre (par ex. forme de l'orbite terrestre autour du soleil, inclinaison et axe terrestre par rapport à l'écliptique). La périodicité la plus marquée est d'env. 100'000 ans. Le climat terrestre ne réagit pas toujours de la même manière à ces changements. Avant tout, le climat change souvent bien plus rapidement que ces paramètres. D'autres facteurs déterminants sont donc également en jeu. Ce qui frappe, c'est la bonne corrélation entre les tem-

pératures antarctiques et la concentration en CO<sub>2</sub>, bien que cette dernière souvent semble suivre avec retard et renforcerait après coup les changements de température (rétroaction positive).

Tout aussi exceptionnel est le fait, comme pour ce siècle, que la concentration en CO<sub>2</sub> augmente avant ou parallèlement à la température. La succession de périodes glaciaires et chaudes se déroule à peu près toujours de la même manière. Il semble qu'on s'écarte aujourd'hui de ce modèle régulier: la concentration en méthane et CO<sub>2</sub> n'a jamais été aussi élevée qu'à l'heure actuelle, l'augmentation n'a jamais été aussi rapide (durant les derniers cent ans environ autant que pour un millénaire auparavant). Ce qui importe pour le développement de l'homme, mais qui n'est pas influencé par lui, c'est le fait que la période chaude actuelle est de loin la plus longue dans la durée d'étude avec jusqu'à présent 11'000 ans.

### Signification et incertitudes relatives à la reconstitution climatique

La connaissance des changements climatiques et des divers facteurs influents dans le passé est très importante pour l'appréciation de l'évolution future du climat. Diverses données et indications d'époques anciennes aident à comprendre les oscillations naturelles. Par ailleurs, elles indiquent quels facteurs se modifient parallèlement au climat. On peut ainsi tirer des conclusions sur de possibles corrélations.

La reconstitution des conditions climatiques d'époques anciennes présente cependant diverses difficultés. Depuis le milieu du siècle dernier, il existe en continu des informations scientifiques chiffrées de paramètres climatiques (pression, température, précipitations etc.). Cependant ne peuvent ainsi être pris en

compte que des changements portant sur cette période. Des oscillations climatiques se déroulent cependant en partie sur plusieurs centaines, voire 100'000 années. On doit alors travailler avec des données indirectes, comme par ex. avec les anneaux de croissance des arbres, des carottes de glace, des sédiments marins ou encore des données historiques.

La reconstitution de séquences climatiques de périodes sans mesures aboutit chaque fois grâce à des corrélations connues entre la température et des paramètres anciens conservés (les „Proxies“, par ex. anneaux de croissance). Ces corrélations ne sont pas toujours tout à fait connues précisément et peuvent se modifier au cours du temps. On a par exemple récemment constaté qu'aux limites septentrionales de la forêt en Amérique du Nord et en Eurasie la largeur et la densité des anneaux de croissance annuels diminuent continuellement depuis 1960 et ne suivent plus étroitement les températures estivales, comme c'était le cas dans les 80 dernières années. Les raisons en sont peu claires. On parle comme possibles raisons de la charge en SO<sub>2</sub> et de la période de croissance plus brève. Il est à peine étonnant de trouver des résultats divergeant partiellement entre eux selon les données de base et les méthodes d'évaluation utilisées. On ne modifie ainsi avec de nouvelles évaluations que des détails du tableau du climat passé (paléoclimat). Malgré tout, le tableau général

est toujours plus distinct. Des méthodes établies depuis longtemps comme celle des analyses des anneaux de croissance ont entre temps maîtrisé les difficultés. La plupart des évaluations montrent ainsi une concordance relativement bonne.

Les concentrations des gaz à effet de serre contenus dans les bulles d'air des carottes de glace peuvent être mesurées directement. Il est certes possible dans certains cas qu'elles aient été modifiées au cours du temps par des processus chimiques.

On développe toujours de nouvelles méthodes pour la reconstitution du climat passé. On a publié récemment par exemple une étude dans laquelle les concentrations en CO<sub>2</sub> ont été déterminées indirectement grâce aux restes de plantes remontant jusqu'à env. 10'000 ans. Cette méthode a donné des valeurs plus élevées que celles indiquées par les carottes de glace. Comme il n'y a jusqu'à présent que peu d'évaluations, le domaine d'incertitude est très grand. Les résultats sont contestés et sont actuellement activement commentés parmi les cercles de spécialistes. De nombreuses autres évaluations et discussions montreront alors seulement l'exactitude des résultats de cette méthode.

Un second travail publié récemment s'est intéressé quant à lui spécialement aux domaines d'incertitude des diverses reconstitutions de températures des derniers 1000 ans. C'est ainsi qu'on a montré que 1998 a été l'an-

#### **Personnes de contact:**

##### *Anneaux de croissance des arbres:*

Prof. Fritz H. Schweingruber, Landschaftsdynamik und –management, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, Tel: 01-739 22 81, Fax : 01-739 22 15, e-mail: schweingruber@wsl.ch

##### *Carottes de glace:*

Prof. Thomas Stocker, Klima- und Umweltp Physik, Universität Bern, Sidlerstr. 5, 3012 Bern, Tel: 031-631 44 62, Fax: 031-631 44 05, e-mail: stocker@climate.unibe.ch

Prof. Bernhard Stauffer, Klima- und Umweltp Physik, Universität Bern, Sidlerstr. 5, 3012 Bern, Tel: 031-631 44 67, Fax: 031-631 44 05, e-mail: stauffer@climate.unibe.ch

##### *Données historiques:*

Prof. Christian Pfister, Abt. für Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte, Historisches Institut, Universität Bern, Unitobler, 3000 Bern 9, Tel: 031-631 83 84, Fax: 031-631 48 66/44 10, e-mail: pfister@hist.unibe.ch

##### *Sédiments lacustres:*

Prof. André Strasser, Institut de Géologie, Université de Fribourg, Pérolles, 1700 Fribourg, Tel: 026-300 89 78, Fax: 026-300 97 42, e-mail: andreas.strasser@unifr.ch

Dr. André Lotter, Systematisch-Geobotanisches Institut, Universität Bern, Altenbergrain 21, 3013 Bern, Tel: 031-631 49 32, Fax: 031-332 20 59, e-mail: lotter@sgi.unibe.ch

##### *PAGES:*

Keith Alverson, International Project Office, PAGES, Bärenplatz 2, 3011 Bern, Tel: 031-312 31 33, Fax: 031-312 31 68, e-mail: alverson@pages.unibe.ch

née la plus chaude de ce siècle, dans tous les cas de figure, même si on considère toutes les possibilités connues d'erreurs quant aux données anciennes et aux différences de résultats.

### **Méthodes pour une reconstitution du climat**

Un problème principal des archives du climat est toujours celui de leur arrangement dans le temps. Ceci est souvent résolu au moyen de séries de références, c'est à dire qu'on compare les séries temporelles trouvées avec des séries déjà connues en se basant sur des points marquants (par ex. des valeurs extrêmes ou des écarts significatifs) pour „ajuster“ une série de données.

Pour interpréter de telles données, on doit toujours tenir compte du fait qu'il s'agit „d'empreintes digitales“ du climat local. La concentration en méthane fait exception, car il est très homogène sur le plan global et peut ainsi servir d'échelle temporelle relative.

On peut dater précisément des événements climatiques avec les anneaux de croissance annuels. Le choix de la localisation des arbres analysés est important, car de nombreux facteurs influencent la croissance des arbres (température, précipitations, gel, parasites): pour la reconstitution de séries de températures estivales, on a par exemple recours à des stations extrêmes en limites froides, car la croissance est ici principalement dépendante de la température. Pour l'hémisphère nord, on possède des séries analysables de stations à la limite de la forêt couvrant l'ensemble de la superficie pour les derniers 400 ans et pour quelques régions (Scandinavie et Oural du nord) même 6000 ans. En Europe centrale, on a des séries pour le chêne remontant à presque 10'000 ans. Habituellement, on attribue à des phénomènes volcaniques les écarts significatifs à la norme de 400 ans dans la corrélation température -anneaux de croissance. Avec les anneaux de croissance du réseau qui couvre toute la superficie, on peut ainsi reconstituer l'influence des grandes éruptions volcaniques.

Des carottes de glace sont le plus souvent prélevées dans les glaciers arctiques ou alpins. La difficulté réside parfois dans la datation de la glace d'une part et également dans l'écart entre l'âge de la glace et celui des bulles d'air captives. Enfin, les couches de glace ont sur de longues périodes des interactions avec l'atmosphère (échanges gazeux!), et ne sont isolées du monde extérieur qu'après un certain temps. D'une part la durée jusqu'à l'emprisonnement (hermétique) peut varier, d'autre part les valeurs sont quelque peu „contaminées“ par ces échanges gazeux. Les chercheurs

peuvent tenir compte de ce problème lors de l'interprétation des données et les corriger partiellement.

Des données de bases importantes sont également acquises grâce aux stratifications des sédiments marins. Leur dépôt est variable selon la période de l'année. C'est ainsi qu'apparaît à certains endroits, comme pour les anneaux de croissance des arbres, une décomposition en saisons. Une étude publiée récemment avec de telles données formule l'hypothèse que le petit âge glaciaire aux 16ème /17ème siècle n'a pas été un cas isolé, mais que le phénomène a pu se répéter avec une certaine régularité (temps de retour présumé d'env. 1500 ans). Ces indications sont encore controversées au sein des milieux spécialisés.

Des données atmosphériques dans des documents historiques existent pour les 900 dernières années. Jusqu'en l'an 1500, seules sont décrits de grands écarts de la température et des précipitations ainsi que les catastrophes naturelles, depuis env. 1500 également les conditions atmosphériques quotidiennes. De nombreux chroniqueurs fondèrent leurs observations sur des indicateurs de température quasi objectives. Dans les mois d'hiver, c'était la durée de la couverture neigeuse et le gel des cours d'eau, en été des indications quant à l'état du développement des plantes (phénologie). De telles indications peuvent être converties en valeurs estimatives. Les difficultés à ce niveau proviennent du manque de données ou plus souvent encore en raison du manque d'attention lors de l'exploitation des données. Avant le 20ème siècle, les indications historiques permettant une reconstitution des catastrophes naturelles sont incontournables. Plus un événement est extrême, plus il existe de données et plus détaillées elles sont. Des inondations sont en plus souvent indiquées par des marques de niveau de hautes eaux.

### **Coordination internationale**

D'autres évaluations des paléo-données sont d'une grande importance pour améliorer les connaissances acquises jusqu'ici et pour tirer des conclusions plus précises quant au jeu complexe des divers facteurs impliqués. Le programme international PAGES (Past Global Changes) coordonne au niveau mondial les activités de recherches dans ce domaine. La Suisse a une longue tradition dans la recherche en matière de paléoclimat. C'est pour cette raison que le bureau international du projet PAGES se trouve en Suisse, à Berne. La coordination entre la recherche suisse et les programmes internationaux en matière de climat est assurée par ProClim.

---

# Pages Internet

---

**<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/globalwarming/home.html>**

Vue d'ensemble exhaustive et très bien documentée de l'utilisation et de la provenance de paléo-données. Avec graphiques de diverses séries de données.  
*Source:* U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

**[http://www.sprl.umich.edu/GCL/Notes-1998-Fall/climate\\_rec.html](http://www.sprl.umich.edu/GCL/Notes-1998-Fall/climate_rec.html)**

Bases pour des paléo-données. Description des plus importantes sources de données avec graphiques synoptiques.  
*Source:* Space Physics Research Laboratory, University of Michigan

**<http://www.pkdb.uni-hohenheim.de/quart.html>**

Indication de très nombreux liens pour des pages Internet traitant de thèmes spécifiques.  
*Source:* Institut für Botanik, Universität Hohenheim