

ça  
m'intéresse

TGV : c'est la revanche du chemin de fer  
SPORTS : quel est le plus ancien de tous ?  
HASARD : on peut souvent le maîtriser  
JEÛNE : qui le pratique encore en 1981 ?  
INCAS : l'assassinat d'une civilisation

## Les climats bouleversés

une nouvelle ère glaciaire  
nous menace-t-elle ?

## Elections

l'invasion du  
marketing politique

## Les animaux

moins égoïstes  
que les hommes

Paris dans la banquise :  
l'histoire des climats  
enseigne que cette image  
deviendra un jour réalité.

c. boutin.

La colonisation  
de l'espace

# SOMMES-NOUS A L'AUBE D'UNE NOUVELLE ÈRE GLACIAIRE ?

*Verrons-nous jamais les ours polaires rôder non loin des tours de Notre-Dame, dans un Paris saisi par le froid, menacé par l'avance des glaciers ?*

Dix mille ans après la fin de la dernière grande glaciation, la Terre va-t-elle à nouveau se refroidir ? Oui, répondent les climatologues. Car notre planète connaît alternativement des périodes chaudes et froides. Pour certains, son refroidissement a déjà commencé.

**P**aris grelotte sous la neige. Les glaciers poursuivent leur avance. Ils couvrent déjà la Scandinavie, la Hollande et la Grande-Bretagne, ainsi que le Canada et la moitié des États-Unis. La banquise occupe la mer de Norvège, et les eaux polaires descendent jusqu'en Espagne. L'Europe est désormais une immense steppe que n'interrompt même plus la Manche : celle-ci a disparu avec la baisse du niveau de la mer jusqu'à 120 mètres au-dessous de celui de 1981. On peut se rendre à pied — ou plutôt à ski — de Paris à Londres ! Sous les tropiques, c'est la sécheresse : les déserts se sont considérablement étendus. En Asie, les moussons ont presque disparu et il ne pleut plus une goutte sur le sous-continent indien. En Afrique, la plupart des grands lacs sont à sec. Quant aux très grands fleuves du continent, le Niger et le Congo, ils ne sont plus dé-

# UN AMBITIEUX PROGRAMME

sormais que de bien maigres ruisseaux.

Ce scénario apocalyptique, c'est celui de la prochaine glaciation. Tel, du moins, qu'on peut l'imaginer en prenant pour modèle la physionomie qu'offrait la Terre il y a dix-huit mille ans, au plus fort de la dernière ère glaciaire. La science des climats, ou climatologie, nous apprend en effet que les conditions climatiques que nous connaissons sont provisoires. Depuis un million d'années environ, la planète connaît alternativement des périodes chaudes et froides : il est donc inévitable que la période interglaciaire dans laquelle nous vivons depuis plus de cent siècles prenne fin tôt ou tard et que le froid revienne pour quelques millénaires.

Les relevés météorologiques indiquent en effet depuis trente ans une baisse de la température moyenne de l'air de 1,5 °C dans l'hémisphère Nord. Un refroidissement qui est confirmé en ce qui concerne les eaux océaniques par les mesures en

rayonnement infrarouge effectuées par satellite depuis dix ans. Autres indices de cette évolution du climat : les glaciers alpins ne reculent plus, le régime des moussons se détraque en Asie et la sécheresse s'installe au Sahel.

## L'AGRICULTURE MENACÉE

On est encore loin, il est vrai (et tant mieux), des conditions de l'ère glaciaire. Pour y parvenir, la température moyenne devrait baisser d'environ 10 °C dans les eaux des latitudes moyennes — les nôtre — et de 2 °C sur les étendues maritimes équatoriales. Il faudrait donc encore plusieurs décennies, voire plusieurs siècles, avant que le scénario d'une nouvelle grande glaciation puisse pleinement se réaliser. A condition, bien sûr, que la tendance au refroidissement se confirme et se prolonge jusque-là. Car rien n'exclut un retournement de ten-

dance : la baisse actuelle de la température peut tout aussi bien n'être qu'un mouvement secondaire qui sera compensé au cours des décennies suivantes par un réchauffement progressif.

L'avenir du climat n'est pas seulement une énigme passionnante pour les chercheurs ; c'est aussi un problème grave et angoissant pour l'humanité tout entière. Bien avant que le refroidissement n'ait provoqué une avancée sensible des calottes polaires, il aura entraîné un effondrement désastreux de nos ressources alimentaires. Dans certains cas, une baisse moyenne de 1 ou 2 °C peut en effet, ruiner les récoltes. Ce qui est dramatique à une époque où des centaines de millions d'êtres humains souffrent de la faim et où les réserves alimentaires sont extrêmement réduites. Or ce sont les pays en voie de développement, dont la croissance démographique exige une augmentation constante des ressources en nourriture, qui sont les

## L'EUROPE SOUS LA GLACE

Il y a dix-huit mille ans, au plus fort de la dernière glaciation, le volume des glaces continentales atteignait 80 millions de kilomètres cubes (50 de plus qu'aujourd'hui) et presque toute l'Europe du Nord était alors couverte par la calotte glaciaire. Le niveau des mers avait baissé de 120 mètres environ, modifiant le dessin des côtes, comme on peut le constater sur la carte ci-contre. L'envahissement de l'Atlantique Nord par les eaux polaires et le déplacement du Gulf Stream vers le sud avaient entraîné un refroidissement général des eaux océaniques, plus marqué dans les hautes latitudes (- 10 °C) que dans les basses (- 2 °C). On sait d'autre part qu'il ne pleut pratiquement pas sur les continents pendant les ères glaciaires. Ce qui se traduit en zone tropicale par l'avancée du désert. En Afrique, les arbres avaient presque totalement disparu ; seules subsistaient des herbes dans ce climat froid et sec.



# DE CLIMATOLOGIE MONDIALE

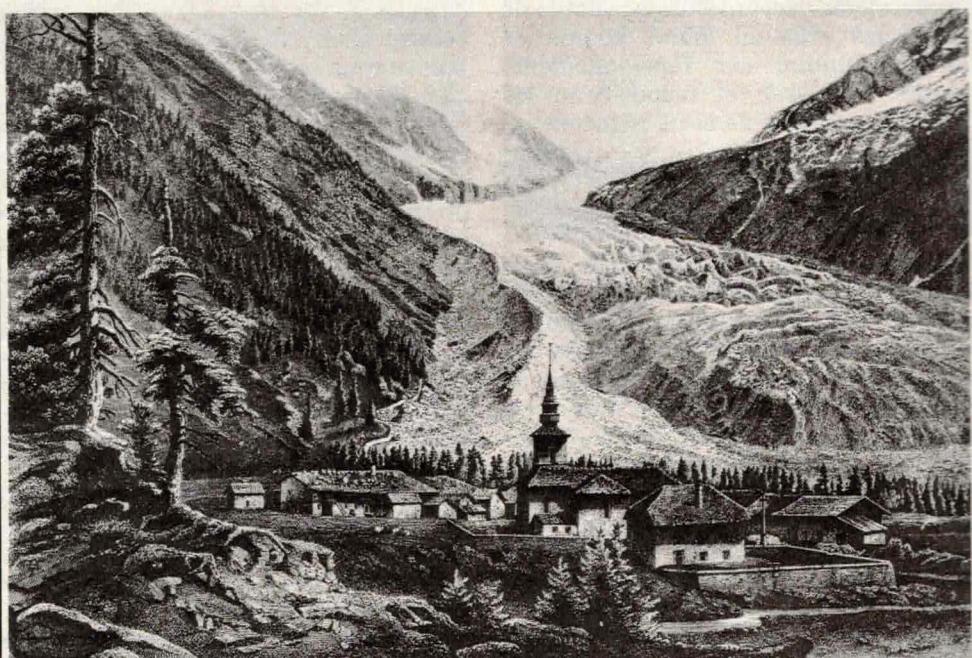
premiers touchés en cas de mauvaises récoltes. Manquant de céréales, ils doivent importer des grains en quantités chaque année plus importantes en aggravant progressivement leur dépendance à l'égard des grands pays producteurs de céréales, tels les États-Unis.

Il est significatif de ce point de vue que la prise de conscience du problème climatique actuel ait été largement provoquée par la publication d'un rapport de la CIA en 1974. Dressant un tableau de la situation jugé aujourd'hui excessif, les services de renseignements américains montraient comment les États-Unis pourraient tirer parti de cette crise alimentaire pour accroître leur pouvoir sur l'ensemble de la planète.

En fait, il s'agissait de considérations à courte vue. Car les grands pays de climat tempéré feraient également les frais d'un refroidissement prolongé de la planète. Dans les grandes plaines d'Amérique du Nord, les variations de rendements agricoles sont en rapport direct avec les fluctuations de température, d'une part, et l'importance des précipitations pendant les mois d'été, d'autre part. En Europe, et notamment en France, même vulnérabilité face aux variations climatiques. Si la sélection génétique a permis de réaliser des progrès spectaculaires depuis la Seconde Guerre mondiale — on peut désormais cultiver du maïs au nord de Paris alors qu'il ne poussait jadis que dans la chaleur des régions méridionales —, l'agriculture reste très fragile face au froid hivernal et surtout aux régimes de pluie anormaux. On a pu s'en rendre compte en 1976, lorsque la sécheresse a fait chuter la production de céréales de printemps de plus de 50%.

Il n'est pas étonnant, dans ces conditions, de voir les recherches se multiplier sur l'évolution du climat et sur les méthodes de prévision. Un ambitieux "programme climatologique mondial" est actuellement lancé par l'OMM (Organisation météorologique mondiale, l'une des agences spécialisées des Nations unies) pour coordonner les travaux entrepris dans les différents pays. Un programme qui nécessite la mesure d'un nombre croissant de paramètres et la constitution de séries suffisamment longues pour contruire et affiner des modèles mathématiques.

## LES GLACIERS ALPINS : UN RÉCHAUFFEMENT PROVISOIRE



*L'Europe a connu un "petit âge glaciaire" entre la fin du XVI<sup>e</sup> siècle et le milieu du XIX<sup>e</sup>. Les glaciers sont alors descendus dans les vallées. En témoigne le glacier d'Argentière, dans la vallée de Chamonix, comme le montre la gravure ci-dessus datant de 1850. En cent ans, un réchauffement de un degré suffit à le faire reculer de plusieurs centaines de mètres (ci-dessous).*



# COMMENT RECONSTITUER

La météorologie étant une science jeune — on ne prend en Europe de mesures précises sur les paramètres les plus simples (température, pression, précipitations) que depuis trois siècles environ —, il a fallu développer au cours des dernières décennies un ensemble de techniques plus ou moins complexes pour accumuler des renseignements relatifs au passé et reconstruire les cycles climatiques de notre planète.

## VARIATIONS CLIMATIQUES

Pour savoir si une glaciation nous menace vraiment, la meilleure solution consiste bien évidemment à découvrir les phénomènes qui ont pu annoncer les glaciations précédentes. Comment reconstituer les climats anciens ? La paléoclimatologie joue sur plusieurs registres. Pour les périodes les plus récentes, on commence par utiliser les méthodes de l'histoire, c'est-à-dire l'étude des archives, des récits et des correspondances. En recoupant une multitude d'informations (observations directes, dates des gels et des récoltes, etc.), on peut reconstituer des séries assez précises de cycles saisonniers.

L'historien français Le Roy Ladurie a retracé l'histoire du climat depuis l'an mil dans un ouvrage devenu classique.

Autre méthode utile, la dendrochronologie, qui consiste à étudier les anneaux de croissance des troncs d'arbres. Cette croissance est en effet assurée par la pousse sous l'écorce d'une couche de bois nouveau enveloppant le fût plus ancien. La section transversale du tronc fait clairement apparaître ces cercles successifs dont chacun correspond à une saison de croissance végétale. Dans la mesure où l'épaisseur des anneaux varie selon le climat correspondant à cette saison (plus ou moins chaude, plus ou moins humide), leur examen permet de reconstituer l'histoire des variations climatiques qu'a connues l'arbre tout au long de sa vie. La méthode étant applicable aux bois morts et bois fossiles, on peut obtenir des indices sur les fluctuations climatiques de plusieurs millénaires.

Plus on remonte dans le temps, plus les techniques sont complexes. L'étude des pollens fossiles, très abondants dans les tourbières et dans les sédiments lacustres, permet par exemple de constater des changements de végétation — et donc de climat — dans une région donnée. Mais il faut pour cela identifier

les espèces et surtout dater avec précision chaque grain de pollen en mesurant la radioactivité naturelle du carbone 14 ou encore du thorium 230 qu'il contient. Même système d'identification et de datation pour les fossiles animaux et végétaux que l'on trouve en prélevant des "carottes" de sédiments océaniques.

Une autre technique particulièrement efficace, l'analyse isotopique, aide à mesurer des variations de température locale ou celles du volume des glaces continentales. Partant du fait que l'eau contient deux isotopes d'oxygène différents dont l'un (l'oxygène 18) a un noyau plus lourd et s'évapore moins facilement que l'autre (l'oxygène 16), la méthode consiste à mesurer la proportion relative des deux éléments dans les couches successives qui se sont accumulées au fil des siècles, dans les glaciers du continent antarctique et du Groenland notamment. Que ce soit dans une carotte de glace ou dans des coquilles calcaires d'animaux marins trouvés dans les sédiments, une forte proportion d'oxygène 18 indique une période froide pendant laquelle l'évaporation a été faible.

On peut enfin tirer des renseignements sur la température des océans en étudiant des micro-organismes fossiles, les

## LE PASSÉ DE LA TERRE



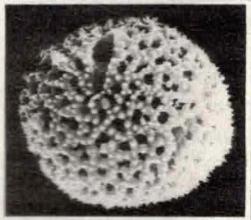
### Carottages dans l'Antarctique

Le laboratoire de glaciologie du CNRS étudie en terre Adélie la composition chimique des couches de neige de l'Antarctique. Le prélèvement de carottes de glace, effectué au moyen de forages jusqu'à 900 mètres de profondeur, permet de reconstituer, couche après couche, l'histoire du climat depuis cent mille ans.



### Les pollens fossiles

Les pollens fossiles se trouvent en abondance dans les tourbières et les sédiments lacustres. Leur datation (par le carbone 14 et le thorium 230) et leur analyse apportent des informations précises sur les changements de végétation, donc de climat, d'une époque donnée.



### Grâce aux arbres

La dendrochronologie permet la datation absolue des climats par l'étude des variations d'épaisseur des anneaux de croissance des arbres. Ici, des climatologues américains étudient, en Californie, les pins alpha, qui sont les arbres les plus vieux du continent. Le décompte des anneaux donne leur âge, chacun d'eux reflétant avec précision l'histoire des conditions météorologiques qui ont présidé à sa croissance.

# LES ANCIENNES GLACIATIONS

foraminifères, que l'on trouve dans les sédiments marins. Il a en effet été prouvé qu'à des températures différentes correspondent des espèces différentes. Combinée avec la datation par radioactivité, cette méthode a notamment été utilisée dans le cadre du programme international CLIMAP (Climate : Long-range Investigation, Mapping and Prediction) pour déterminer les différences de température sur les côtes des différentes régions du globe lors du dernier maximum glaciaire, il y a dix-huit mille ans.

## DES CYCLES RÉGULIERS

Juxtaposés, confrontés les uns aux autres, les résultats acquis par ces différents procédés font apparaître, depuis un million d'années, plusieurs grandes oscillations de la température dont la période varie entre quatre-vingt mille et cent cinquante mille ans. Alors que l'étude des zones continentales ne met en évidence que quatre grands cycles, l'examen de fossiles océaniques révèle l'existence d'une dizaine d'ères glaciaires particulièrement rigoureuses séparées par des périodes plus chaudes mais aussi plus courtes, puisque leur durée a

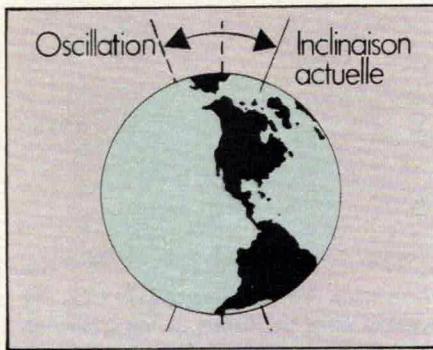
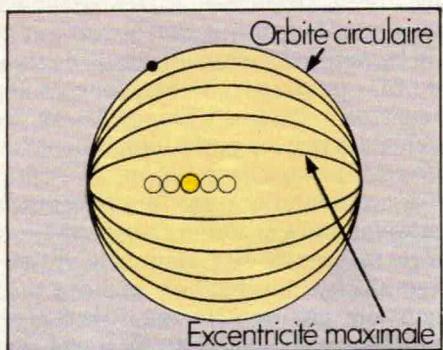


*Les éruptions volcaniques — ici celle du mont St-Helens (E.-U.) en 1980 — rejettent des dizaines de millions de tonnes de poussières qui, plusieurs années durant, font obstacle au rayonnement solaire.*

## LA THÉORIE DE MILANKOVITCH

En 1940, l'astronome yougoslave Milutin Milankovitch émit l'hypothèse selon laquelle les principaux changements climatiques — telles les glaciations — seraient dus aux variations de certains paramètres de l'orbite terrestre; s'ils varient, c'est que le mouvement de la Terre autour du Soleil est perturbé par d'autres planètes. L'excentricité de l'ellipse de la Terre (c'est-à-dire son plus ou moins grand aplatissement par rapport au cercle par-

fait) se modifie cycliquement selon une période de cent mille ans (à gauche). L'inclinaison de son axe de rotation — responsable des saisons — oscille selon un cycle de quarante-deux mille ans (à droite). Enfin, la précession des équinoxes, qui entraîne une variation de l'énergie solaire reçue par la Terre à chaque saison, se modifie tous les vingt-trois mille ans. Les variations de climat expriment l'enchevêtrement de ces cycles...



varié de dix mille ans à vingt mille ans.

Des travaux récents, basés notamment sur l'analyse isotopique des planctons fossiles, suggèrent en outre l'existence de cycles thermiques dont les périodes seraient de vingt mille à quarante mille ans. Des rythmes qui correspondent précisément à ceux qu'annonce la théorie présentée dès 1940 par l'astronome yougoslave Milutin Milankovitch.

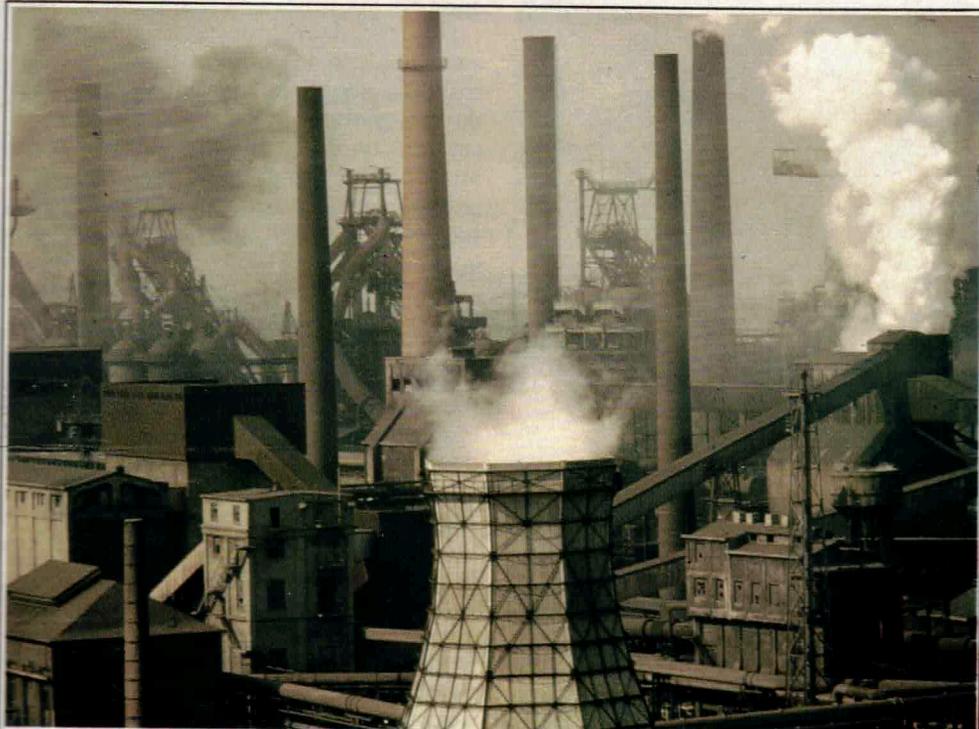
Selon ce dernier, les ères glaciaires seraient liées aux variations de l'orbite terrestre. Celle-ci passe du cercle à l'ellipse tous les cent mille ans et l'axe de rotation de la Terre est affecté par deux mouvements différents qui oscillent avec des périodes respectives de l'ordre de vingt mille et quarante mille ans. La variation de la distance entre le Soleil et la surface terrestre faisant varier la quantité d'énergie transmise par rayonnement, le début de chaque ère glaciaire correspondrait à une période pendant laquelle les parties du globe proches des pôles ont une durée d'insolation particulièrement faible pendant l'été.

L'énergie reçue étant insuffisante pour faire fondre le surplus de neige accumulé en hiver, la calotte polaire (c'est surtout vrai dans l'hémisphère Nord, où les glaciations sont toujours plus marquées) et les glaciers s'étendraient peu à peu jusqu'à provoquer des modifications durables : baisse du niveau des eaux, refroidissement des zones tempérées, désertification des régions tropicales.

Appliquée à l'avenir, la théorie de Milankovitch implique une répétition des cycles réguliers constitués dans le passé. Et elle permet — ce qui est rassurant — de repousser loin de nous le risque d'une glaciation majeure : les conditions astronomiques favorables au renouvellement du phénomène se présenteront dans cinq ou dix mille ans...

En ce qui concerne les fluctuations secondaires, dont les effets sont d'un intérêt plus immédiat, la paléoclimatologie permet également d'aboutir à des conclusions utiles. Certains travaux, s'appuyant sur l'analyse isotopique de l'oxygène présent dans la calotte glaciaire du Groenland, mettent en évidence des périodicités beaucoup plus courtes variant entre quatre-vingts et cent quatre-vingts ans. Des chercheurs ont ainsi établi un modèle de variation de température qui se révèle assez voisin de la réalité telle qu'on peut la reconstruire.

# A NOUVEAU, UN «PETIT AGE GLACIAIRE»?



*Les modifications de la climatologie ne sont pas toujours des fatalités qui nous dépassent. Les pollutions provoquées par les activités humaines (usines, automobiles, etc.) affectent bel et bien notre équilibre climatique.*



*Principal accusé, le rejet industriel de gaz carbonique. Naturellement, le CO<sub>2</sub> est absorbé par les océans et les forêts; hélas les mers sont polluées et les grandes forêts diminuent chaque année, victimes du défrichage, comme ici en Amazonie.*

C'est particulièrement net en ce qui concerne ce que l'on a appelé le "petit âge glaciaire". On sait en effet que le climat européen était assez doux au xv<sup>e</sup> siècle et au début du xvi<sup>e</sup>. C'est l'époque de la Renaissance, où il était relativement facile de traverser les Alpes en toutes saisons pour se rendre en Italie. Mais vient alors un refroidissement général qui s'annonce durant la seconde moitié du xvi<sup>e</sup> siècle et va persister jusqu'au début du xix<sup>e</sup>. Bien que les écarts de températures moyennes n'aient sans doute été que de 1 ou 2 °C entre périodes "chaude" et "froide", les glaciers alpins progressent nettement jusqu'au milieu du xix<sup>e</sup> siècle.

## LE FROID OU LE CHAUD?

On distingue ensuite, à partir de 1860 environ, un nouveau cycle qui débute par une centaine d'années de réchauffement au cours desquelles la mer de glace recule de 1 200 mètres ! Quant à la seconde phase de ce cycle secondaire, elle aurait commencé vers 1945 et se poursuivrait actuellement. S'agit-il du début d'un second "petit âge glaciaire" ?

La plupart des spécialistes refusent de se prononcer catégoriquement. Et cela pour plusieurs raisons. D'abord, parce que les variations de température que l'on peut constater actuellement ne dépassent guère les marges d'erreurs des instruments de mesure ! Ensuite parce que certains signes objectifs de refroidissement — tels que l'avancée des glaciers d'Islande ou du Groenland — n'ont pas encore pu être constatés. Enfin et surtout parce que les conditions nouvelles créées par l'industrialisation et l'urbanisation pourraient jouer, au contraire, dans le sens d'un réchauffement.

Le rejet dans l'atmosphère d'importantes quantités de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et de poussières microscopiques, lors de la combustion du charbon ou du pétrole, aboutit à un effet de serre. Laissant passer le rayonnement du Soleil, le CO<sub>2</sub> piège la chaleur réémise par le sol sous forme de rayons infrarouges. Jusqu'ici les forêts tropicales et les océans ont joué un rôle épurateur en absorbant plus de la moitié des cinq milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> produits annuellement. Malheureusement, les forêts disparaissent peu à peu alors que les pollutions industrielles ne cessent de s'accroître...

L'augmentation de la concentration moyenne de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, qui a été de plus de 10 % depuis le milieu du xix<sup>e</sup> siècle, aurait dû se traduire théoriquement par une élévation de température moyenne de 0,25 °C. Or il n'en a rien été. Ce qui signifie que ce réchauffement

artificiel a été jusqu'ici compensé — et au-delà — par le refroidissement naturel. Mais demain ? Là aussi, l'incertitude demeure.

Refroidissement ou réchauffement ? Il est difficile, on le voit, de donner pour l'avenir une réponse claire et catégorique. Pour la plupart des météorologues, il serait déraisonnable de faire des prédictions sur l'avenir proche. A l'échelle du temps humain, disent-ils, l'évolution du climat est trop désordonnée pour que l'on puisse discerner avec sûreté les variations d'ensemble. Un certain nombre de spécialistes se démarquent pourtant en prenant position.

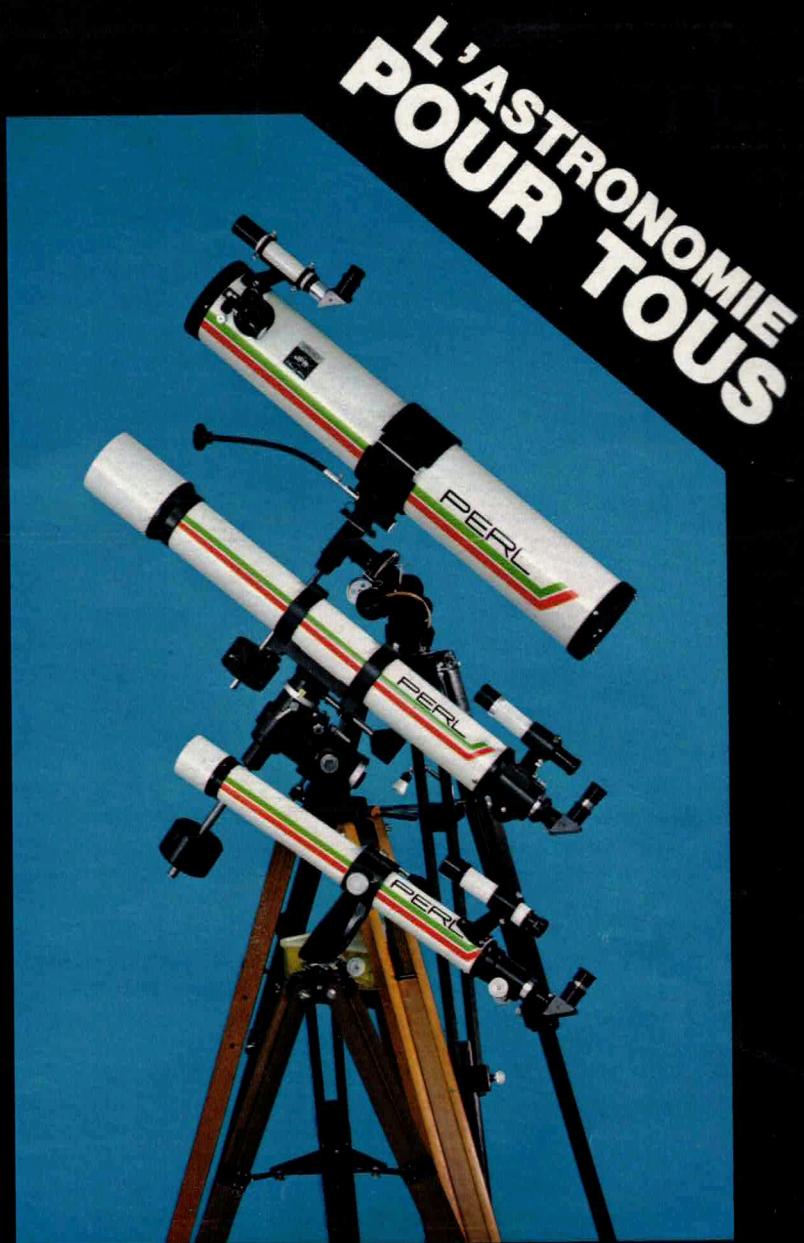
Lors d'une réunion organisée à Canton, en décembre 1980, sous l'égide de l'OMM, les partisans des deux tendances se sont affrontés. Alors que les uns insistaient sur le rôle des émissions de CO<sub>2</sub> pour prédire une fonte des glaces polaires au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, les autres ont relevé certaines corrélations avec des phénomènes naturels appuyant la thèse d'un refroidissement en cours.

On sait, par exemple, que le volcanisme peut avoir une influence sur le climat. Les fines poussières projetées dans l'atmosphère lors d'une éruption limiteraient le passage des rayons du Soleil et entraîneraient un refroidissement pendant une période assez longue. Les éruptions spectaculaires du Krakatau en 1883, du Kalinai en 1912 et du mont Ajung en 1963 ont effectivement été suivies de plusieurs hivers froids. Certains chercheurs ont, d'autre part, établi que l'apparition de taches sur le Soleil (signes d'une baisse d'activité et d'une diminution de l'énergie émise) correspondent à des périodes froides sur la Terre. Le fait a notamment été établi en ce qui concerne le "petit âge glaciaire" des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles.

Pour tous les climatologues qui soutiennent la thèse du refroidissement, le fait que la période actuelle soit précisément caractérisée par une forte activité volcanique et par la présence de taches solaires — phénomènes généralement durables — donne à penser que la tendance au refroidissement restera inchangée pour quelques décennies au moins.

Si le déclenchement d'une véritable glaciation semble improbable pour les tout prochains siècles, le retour au froid reste donc une menace bien réelle. Nous ne verrons sans doute jamais de notre vivant Paris pris dans les glaces. Mais il ne serait guère étonnant d'apprendre, d'ici à quelques années, que les glaciers groenlandais, et peut-être ceux des Alpes, sont en train d'avancer de quelques mètres pour commencer...

Marie-Jeanne Husset



Performante, la lunette PERL JPM 62,5 / 700 vous permet d'observer, entre autres, la tache rouge de Jupiter

Avec la lunette PERL 80/910, découvrez en plus la division de Cassini dans les anneaux de Saturne.

Photographiez, en 24 x 36, ce que vous voyez, avec le télescope PERL JPM 115/900 (grossissement : 45 à 450 fois)

**A PARTIR DE 800 f :** lunette PERL Etudiant  
(non reproduite dans ce document)

**MEDAS s.a.**

57, av du Président-Doumer, B.P. 181, 03206 VICHY CEDEX. Tél. (70) 98.28.50  
EN VENTE OPTICIENS ET MAISONS SPÉCIALISÉES DOCUMENTATION CM1 CONTRE 5F EN TIMBRE

Nom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_ Code : \_\_\_\_\_