Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: - (2004)
Heft: 61

Artikel: Point fort : sur les traces du climat
Autor: Dessibourg, Olivier
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-551458

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Depuis plus de 15 ans, des géographes suisses jouent les pionniers de la climatologie en Amérique du Sud. Grâce à des modèles de reconstitution, le climat livre petit à petit ses secrets. Reportage au Chili.

Sur les traces du climat

Textes et photos: Olivier Dessibourg

Au loin, les montagnes sombres flottent sur un horizon visqueux et se reflètent sur le sable. Un soleil vigoureux assomme quelques volatiles courageux; comme éberlué, un renard zigzague entre cailloux et herbes sèches. En ce début mars, voilà deux heures que deux camionnettes brassent la poussière dans cette partie reculée du Chili considérée comme la plus aride du monde: le désert d'Atacama.

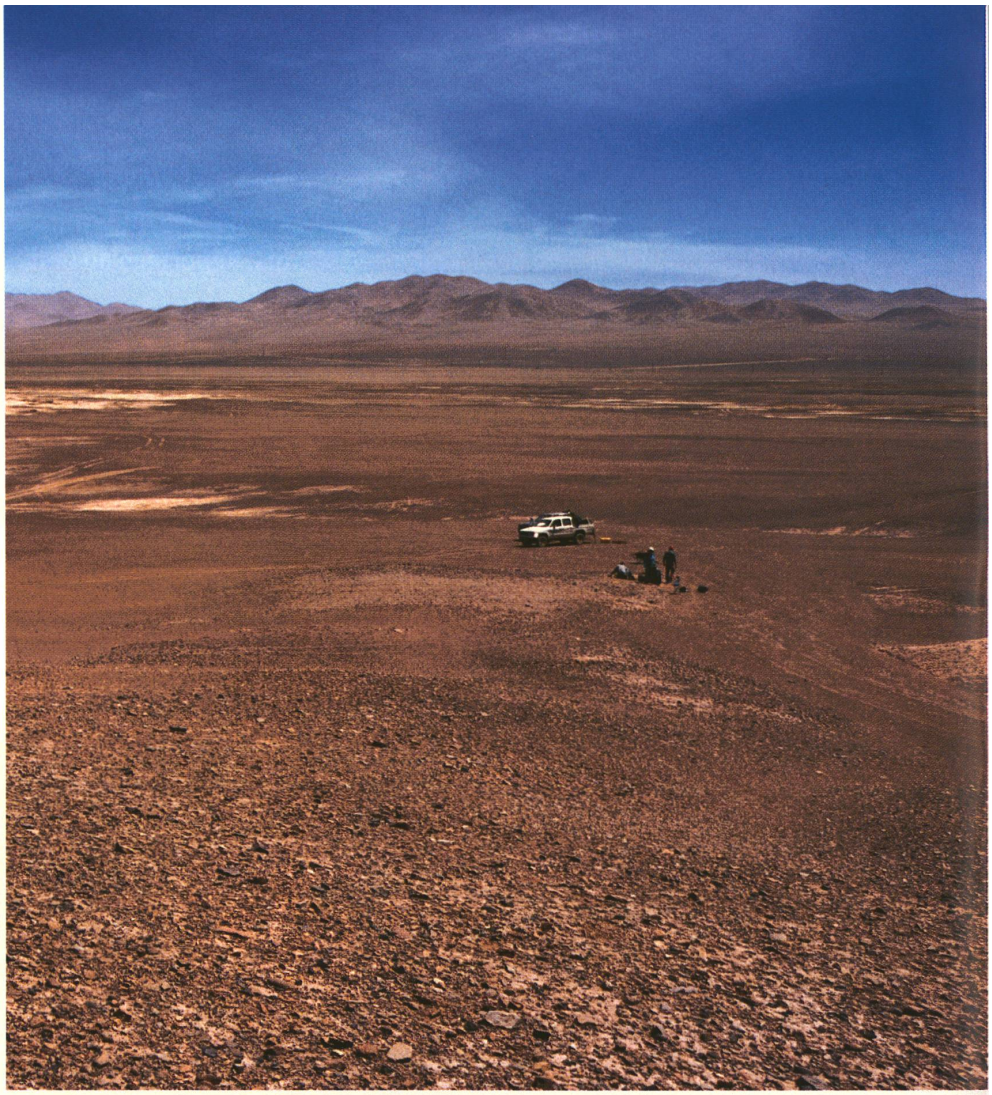
Soudain, un coup de volant. Le véhicule sort de la piste en hoquetant sur quelques mètres, puis s'arrête. Son chauffeur, Martin Grosjean, chef de projet au Pôle de recherche national «Climat» à Berne, a repéré l'endroit: «Nous sommes sur les rives d'un lac asséché», explique-t-il, alors que rien ne le laisse supposer. Tout au plus devine-t-on, à une distance inestimable, la blancheur d'un lac salé asséché. Le géoclimatologue d'avancer alors, en pointant une petite zone de sable plus foncée: «Ici, il y a environ 10000 ans, des hommes ont probablement rôti et mangé des camélidés andins, comme les lamas.»

SOURIRES DE SATISFACTION

Son compagnon de recherche, Lautaro Nuñez, qui dirige le Musée archéologique de San Pedro, ville bordière du désert, prépare déjà truelles, tamis et autres instruments de fouille. Et cinq minutes suffisent pour que s'affichent des sourires de satisfaction: sous une pellicule de terre durcie se trouvent des perles de charbon de bois, ainsi que des dizaines de fragments d'os, vite étiquetés dans des sacs pour être datés en Suisse par la méthode du «carbone 14». Tout autour, des silex taillés témoignent de cette présence humaine.

Là, au milieu de cette étendue désertique vaste de 75 milliards de mètres carrés, le chercheur bernois accroupi en a choisi un, un seul. Et ce mètre carré vient de livrer ses richesses: «Vu la sécheresse du lieu, nous sommes en présence de très vieilles archives à ciel ouvert!»

Le géographe et l'archéologue n'en sont pas à leur coup d'essai. Récemment, ils publiaient dans la revue *Science* un article retentissant (lire ci-contre). De leurs recherches effectuées sur 39 sites similaires, ils avancent des conclusions



Le climat pour remonter à l'origine des peuples

PRN «Climat»

Le désert d'Atacama était occupé par des hominidés depuis 14000 ans, sauf entre 9000 et 4500 «avant le présent» (abrégé B.P. en anglais, pour «before present», le présent étant fixé à 1950). Les spécialistes parlent de «silence archéologique» car très peu d'indices datant de cette période ont pu être trouvés. Pour la première fois, dans une étude publiée dans *Science* en octobre 2002, le géographe Martin Grosjean et son équipe ont pu prouver, grâce à divers objets mis au jour (pointes de flèches, os, etc..), que cette absence humaine était due au climat aride régnant dans cette région, alors qu'avant 9000 et après 4500 B.P., ce désert était une zone humide où s'étalaient lacs et végétation. Les modèles climatiques trouvaient là une étonnante vérification.

Aujourd'hui, les chercheurs donnent suite à cette étude: «Sur certains des sites choisis à l'aide de ces mêmes modèles, nous avons trouvé quatre sortes de pointes de flèche, appartenant à autant de peuples différents (photo). Alors qu'on croyait que ceux-ci vivaient en autarcie sur le continent, cela signifierait que, au contraire, ils se seraient côtoyés.» Cette découverte remettrait en cause l'origine des populations d'Amérique du Sud, les premières peuplades se cantonnant dans des régions fixes. En renforçant l'idée d'une tradition de mobilité, «cela signifierait que ce peuplement est beaucoup plus ancien qu'estimé jusqu'ici», avance le chercheur. Une preuve de plus que les histoires du climat et de l'humanité, aujourd'hui comme il y a 10000 ans, sont intimement liées?

sur le mode de vie des populations primitives locales. Pourtant, débusquer de tels sites dans le désert n'équivaut-il pas à trouver une aiguille dans une botte de foin ?

C'est que les chercheurs ont de précieux indices : « Depuis 15 ans, nous avons contribué à reconstruire le climat dans cette zone : exactement ici, il y a plus de 10 000 ans, l'atmosphère était beaucoup plus humide ; des plantes graminées poussaient sur les collines sur lesquelles nous nous trouvons, qui constituaient les rives d'un lac. Cela a encouragé les populations à y camper », explique Martin Grosjean au détour de deux gorgées d'eau.

MODÈLES VALIDÉS

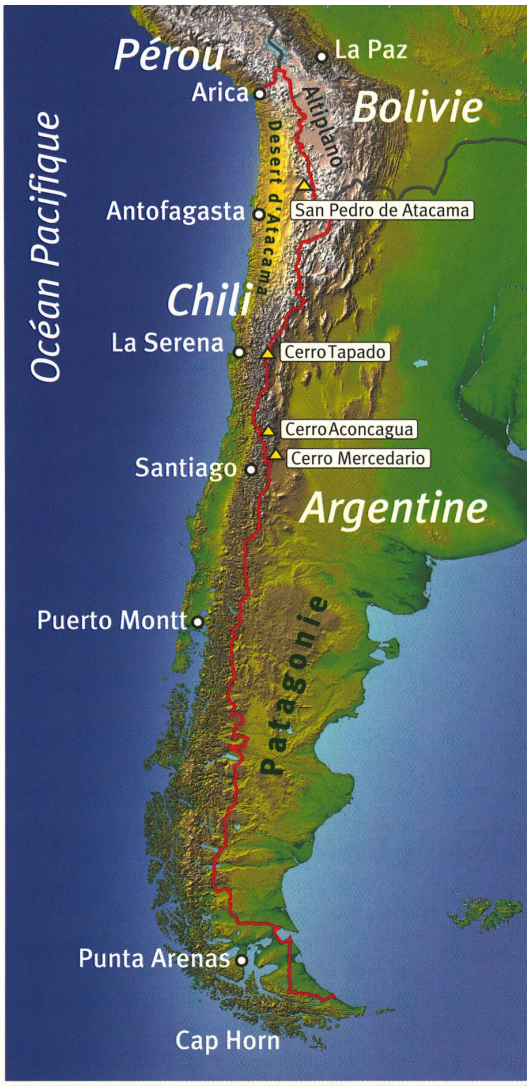
Outre leur valeur intrinsèque, ces découvertes archéologiques rendent un fier service aux géographes : « Elles permettent de valider les modèles climatiques, ainsi que leurs conséquences. Il s'agit donc d'une ‹application› de la climatologie. Mais aussi d'un processus itératif qui nous permet d'avancer dans les recherches dans cette branche. »

Pour reconstruire le climat dans l'hémisphère sud et élaborer ces modèles, les scientifiques se basent sur diverses méthodes, dont la datation des roches recouvertes jadis par des glaciers. C'est justement ce à quoi s'attèle une autre équipe de l'Université de Berne.

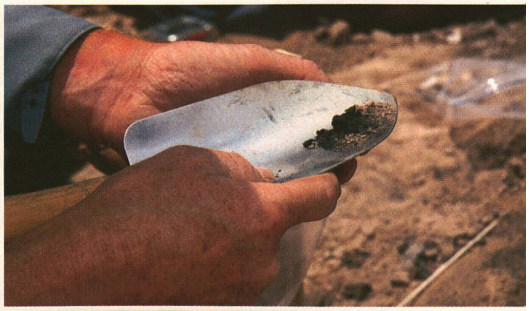
UNE PREMIÈRE POUR LE CLIMAT

La Serena, 800 km plus au sud, au bord de l'océan, cinq jours plus tôt. Pas question pourtant de baignade pour le professeur de géographie Heinz Veit et ses deux collègues ! Cette ville est le départ d'une expédition qui les fera traverser le Chili en largeur. Ainsi, à 250 km à l'est, après avoir remonté une vallée verdoyante de vignobles : la Cordillère des Andes, aride et nue, presque sans neige à 4 000 mètres. Un arc-en-ciel semble être tombé sur les montagnes tant celles-ci se parent de teintes variées selon les roches qui les composent. Ici, si les nuits sont glaciales, les panoramas purs et envoûtants constituent une récompense pour un si long périple. Le glacier du Cerro (*trad.* mont) Tapado veille sur le campement ; les scientifiques s'y rendront le lendemain.

Sac à dos vides, l'équipée s'ébranle à travers la rocaille rouille alors que les premiers rayons enflamment le relief. La cadence se fait lente, s'adaptant à la respi-



Au milieu de l'immensité du désert d'Atacama, les scientifiques se basent sur les données déduites des modèles climatiques pour localiser des campements situés au bord d'anciens lacs asséchés. Puis, sous une mince croûte de terre, ils mettent au jour des perles de charbon de bois et des débris d'os, tels deux vertèbres de camélidés andins.



ration rendue pénible par l'altitude. Les moraines, devenues chauves de leur duvet glacé, ressemblent à de grosses vagues. Il n'est que dix heures, mais le four solaire qu'est ce cirque de cimes fonctionne à plein régime.

Après deux heures de marche, premier prélèvement. A coups de masse sur un burin, le doctorant Roland Zech fait voler un rocher en éclats, puis récolte précieusement ceux-ci dans des sachets; son collègue Christophe Kull, du programme PAGES, répertorie géographiquement l'endroit à l'aide d'un GPS. « Ces fragments permettront de dater la moraine par la méthode des radionucléides cosmogéniques (lire l'encadré), explique Heinz Veit. Si cela aboutit, ce sera une première et une pierre angulaire pour les modèles du climat dans cette région ! » Une des particularités du lieu est en effet que le Tapado et ses 5600 m est la seule montagne loin à la ronde – mais pas la plus haute ! – qui accueille un glacier.

Cinq heures et onze prélèvements plus tard, 15 kg de pierre sur le dos, les scientifiques rentrent au campement, fatigués, le visage rosé. « Et encore, là, ce n'était qu'une balade. Parfois il faut des jours de marche d'approche pour faire la même chose », lâche le professeur. Qui raconte comment, trois jours plus tôt, sur un autre site, l'équipe a dû faire 10 heures à dos de mule pour cause de route barrée…

En trois endroits différents du Chili, ce sont quelque 70 kg de roche qui ont été récoltées. Une moisson qui satisfait les chercheurs. « Mais maintenant, nous avons bien mérité une journée de détente, avant de rentrer en Europe », conclut, heureux, le jeune doctorant. ■

Le doctorant Roland Zech (à gauche) et son collègue Christoph Kull récoltent des fragments de roches de moraines. Une fois datés, ceux-ci détermineront l'époque à laquelle le glacier s'est retiré.

Des roches datées avec l'aide de l'espace

Utiliser la datation par « carbone 14 »* n'est possible qu'avec des objets contenant de la matière organique. Lorsqu'il n'y a que roches et cailloux, les scientifiques se tournent vers la méthode des « radionucléides cosmogéniques produits in-situ ».

La Terre est bombardée en permanence par un rayonnement de particules de haute énergie provenant de l'espace. En frappant et pénétrant la surface terrestre, celles-ci entrent en collision avec les atomes des éléments qui la composent. Avec pour conséquence de créer de nouveaux éléments absents auparavant, appelés radionucléides cosmogéniques, dont le pourcentage peut être déterminé. Ainsi, plus l'exposition est longue, plus ce pourcentage sera grand. De plus, cette exposition dépend fortement de l'altitude et faiblement de la latitude. C'est pourquoi cette méthode est souvent utilisée sur des prélèvements faits en montagne.

Dans ce cas précis, au Chili, les pierres des moraines ont été soumises à ce bombardement cosmique dès qu'elles ne furent plus recouvertes par le glacier. Dater ces moraines revient donc à déterminer l'époque à laquelle celui-ci s'est retiré, ce qui indiquerait un changement climatique.

*La méthode du «carbone 14» permet de dater des matériaux organiques. L'air contient en effet une quantité définie de la variante de radiocarbone ^{14}C. Tant qu'un organisme vit, il engrange du ^{14}C. Lorsqu'il meurt, la concentration de radiocarbone diminue dans l'organisme au cours du temps. Ce qui permet de déterminer l'âge d'un échantillon.

Un immense puzzle de projets

Il y a 15 ans, les chercheurs suisses furent parmi les pionniers de la climatologie en Amérique du Sud.

La nuit tombe sur les Andes. Au campement, à 4000 mètres, une tasse de vin chilien aide à oublier le *soroche* (mal de tête dû à l'altitude). Pas un bruit alentour, si ce n'est, sous un bon repas, le crépitement de racines séchées en feu. L'occasion idéale pour se demander pourquoi venir là, dans ce coin retiré du monde – parfois avec une tonne de matériel –, pour faire des recherches en climatologie ? « Parce que c'est passionnant : dans l'hémisphère nord, le climat est bien décrit. Mais au sud, presque aucune donnée n'existait. Et l'Amérique du Sud, qui restait comme *terra incognita*, est une région très appropriée pour de telles recherches », explique Heinz Veit, professeur de géographie à l'Université de Berne.

En effet, au Chili par exemple, tous les aspects climatiques liés à la géographie, entre 0 et 6900 mètres, peuvent être étudiés. De plus, la portion supérieure du pays, qui englobe le désert d'Atacama, se trouve sur la jonction entre deux régimes climatiques (lire l'encadré en page suivante). Elle est donc riche en enseignements. Enfin, de nombreux autres projets sont menés de la Patagonie au Pérou, en passant par les dunes de terre en Bolivie (cf. *Horizons* n°60).

Voilà donc 15 ans que des scientifiques suisses, soutenus par le FNS, jouent les pionniers de la climatologie en Amérique du Sud. Pour reconstruire le climat, ils disposent d'archives naturelles comme les sédiments accumulés au fond des lacs de montagnes ou les glaciers qui gardent des traces des changements climatiques, ainsi que les moraines des glaciers ou les anciennes nappes phréatiques, qui peuvent être datées.

« A long terme, l'objectif est de regrouper toutes ces données pour obtenir une vue d'ensemble de ce qui se passe sur le continent, puis la planète », explique Christoph Kull, de PAGES (pour Past Global Changes, projet international créé dans ce but, co-financé par le FNS). « Pourtant, on ne peut pas appliquer au Sud ce qui se déroule au Nord. En comparant les deux systèmes climatiques, on tente de trouver un ‹moteur global› », ajoute Martin Grosjean, du PRN « Climat », rencontré sur une autre expédition.

Mais, dans cet immense puzzle de projets, est-il toujours facile de trouver la motivation pour s'occuper de « sa » propre petite pièce ? « Ce qui me tient en haleine, ce sont avant tout les implications que la question générale peut avoir, notamment au niveau politique. Avec mon travail, j'y contribue », répond David Bolius, doctorant en chimie

La géographie du Chili, ses lagunes d'altitude et son relief passant rapidement de 0 à quelque 7000 mètres d'altitude offrent de vastes possibilités d'étudier les changements climatiques.

au Paul Scherrer Institut, qui rentre d'expédition. Car l'utilité ultime est aussi de pouvoir mieux prédire les changements climatiques: «Pour ce faire, il faut se baser sur le passé», explique Heinz Veit. Si toutefois faire des pronostics précis reste illusoire, la sensibilité du système climatique est de mieux en mieux connue: «Une augmentation de température de 0,5 °C peut induire jusqu'à 20% de précipitations en plus, ce qui est énorme. On peut alors faire des scénarii pour 2 °C de plus... Enfin, en remontant dans le passé, on peut estimer la part de responsabilité de l'homme dans ces changements.»

Et même si les recherches semblent parfois avancer à pas de fourmi, «on ne progresse pas dans le brouillard, car on connaît les facteurs qui sont déterminants», assure Christoph Kull. «C'est en effet grâce aux 15 ans de recherches écoulés et au savoir accumulé que nous pouvons maintenant rentabiliser au mieux chaque expédition», conclut Heinz Veit. ■

Un modèle et une énigme

«Aujourd'hui, vers 23° de latitude, sud ou nord, on trouve presque partout des déserts. Sahara, Autralie, etc.», explique le paléoclimatologue Martin Grosjean.

En Amérique du Sud, les Andes compliquent l'affaire. Si bien que la zone sèche, qui englobe le désert d'Atacama, se courbe vers le sud selon ce que les spécialistes appellent la «diagonale aride». Selon le professeur Heinz Veit, «l'objectif principal est de déterminer si et comment, par le passé, cette ceinture s'est déplacée, et donc d'où provenaient les précipitations au nord du Chili».

Car il est aujourd'hui admis que cette région n'a pas toujours été aussi désertique. «On a pu dénombrer plusieurs phases humides depuis la dernière glaciation, soit entre 20000 et 14000 «avant le présent» (B.P.), explique Heinz Veit. Selon l'hypothèse qui prévaut, lors de cette glaciation, lorsque les glaciers atteignaient leur maximum en Europe, ils étaient restreints au nord du Chili. A l'inverse, dès 14000 B.P., alors qu'ils fondaient sur le Vieux Continent, ils croissaient à l'opposé, grâce à davantage de précipitations. «Pour expliquer cette phase humide, il y aurait deux possibilités, explique Martin Grosjean. Soit le climat tropical amazonien, situé au-dessus de cette ceinture, glisse vers le sud, soit la zone sud se trouvant sous les vents d'ouest venant du Pacifique croît vers le nord.» Puis, dès 9000 B.P., nouvelle période de sécheresse: une sorte de savane se trouvait à la place de l'Amazonie, réduisant d'autant les précipitations dans la région d'Atacama. Enfin, dès 3500 B.P., le climat moderne s'est établi.

Pourtant, si le climat sur l'Atacama est maintenant bien reconstitué, il reste une énigme: ces déplacements de zones climatiques ont-ils eu lieu simultanément, comme un ressort qui se compresse et se détend, auquel cas les régimes climatiques des zones nord et sud seraient liés? Ou alors successivement, ce qui démontrerait une indépendance entre eux? «Ces questions sont fondamentales pour relier les climats des deux hémisphères! Elles pourraient aussi nous donner des indications sur la vague de chaleur qui a touché l'Europe l'été passé, qui serait due à un déplacement vers le nord du régime climatique du sud», estime Martin Grosjean.

Heinz Veit espère maintenant y apporter un élément de réponse crucial, grâce à l'expédition effectuée au Cerro Tapado (pp. 10-12), situé à 800 km plus au sud: «En datant des moraines, nous pensons montrer que dans cette région, les glaciers ont fondu seulement à partir de 13000 B.P.». Autrement dit, les glaciers de l'Atacama et ceux du sud n'auraient pas atteint leur maximum à la même époque. Ce qui favoriserait la thèse des déplacements successifs des systèmes climatiques.

Un livre de glace et de sable

Mieux connaître les influences du phénomène El Niño dans le Pacifique Sud, tel est le but d'un projet double de carottage dans les glaciers et lacs des Andes.

C'est pour boucher un trou que les équipes de Margit Schwikowski, du Paul Scherrer Institut de Villigen, et de Martin Grosjean, du PRN «Climat», sont parties au Chili en mars. «Le phénomène climatique El Niño est connu», explique la chercheuse. Dans l'est de l'océan Pacifique, l'eau chauffée temporairement par des courants marins engendre des précipitations supplémentaires sur la côte ouest du continent. «Toutefois, nous souhaitons aussi en connaître l'importance passée.»

Pour y parvenir, les scientifiques se tournent vers les glaciers et les sédiments des lacs de montagnes, car ceux-ci «enregistrent» années après années les modifications des précipitations ou de la composition de l'air. Et grâce à des carottages, ils n'ont en principe «plus qu'à lire» ces «archives naturelles du climat» à l'aide d'analyses chimiques.

Moult études ont déjà été menées en Antarctique, ainsi qu'au nord du continent sud-américain. «Mais il reste un ‹trou de données› s'étendant du désert de l'Atacama à la Terre de Feu», poursuit M. Schwikowski. De plus, c'est la première fois qu'un tel projet pourra corréler les données recueillies dans des lacs et glaciers

PSI (2)

Les conditions météorologiques et les quantités de neige tombées en peu de temps ont empêché les mules d'aller plus haut que 5700 mètres. Les scientifiques ont alors bien tenté de rallier le lieu du forage à pied (à 6100 mètres), avec tout le matériel. Mais en vain, la faute toujours à une météo exécrable...

d'une même région, permettant ainsi des conclusions avec une marge de 2 à 4 ans!

Il fallut d'abord trouver le glacier idéal, assez froid pour que sa composition interne ne soit pas influencée par l'eau de ruissellement provenant de la fonte, ce qui endommagerait les signatures chimiques qu'il abrite. En 1999, un premier glacier sur le Cerro Tapado (cf pp.10-12), semblait parfait. «Mais il n'était pas assez épais; on ne pouvait alors remonter que jusqu'en 1920, et non sur des centaines d'années comme souhaité. L'an passé, nous sommes donc partis en reconnaissance pour faire des sondages-test», explique le doctorant en chimie David Bolius. Finalement, c'est un glacier du massif du Mercedario, épais de 120 mètres et permettant ainsi un vaste retour dans le passé, qui est choisi.

FOUTUE MÉTÉO...

Depuis la Suisse, pendant des mois, tout est minutieusement planifié. Car transporter à 6100 mètres, au milieu des Andes, près d'une tonne de matériel n'est pas une mince affaire. Le périple se fait en plusieurs étapes, pour s'acclimater à l'altitude. «Mais tout a déjà mal commencé: la route était détruite par les pluies, ce qui nous a contraints à recourir aux mules plus tôt que prévu», raconte M. Schwikowski. Puis, dès le troisième campement, à 5100 mètres, des tempêtes de neiges successives ont empêché ces baudets d'aller plus haut que 5700 mètres: «C'était vraiment des conditions inhabituelles sur une longue période!» Les scientifiques, frustrés, tentent alors même sans mules de transporter le matériel jusqu'au lieu de forage. Mais toujours la même météo... Enfin, après plusieurs jours, décision est prise de rebrousser chemin. Aucune «carotte» de glace dans les bagages, donc pas d'analyse possible.

Seul paramètre non prévisible, le temps avait pesé de tout son poids dans l'aventure. Mais, si possible, celle-ci devrait renaître. D'autant plus que Martin Grosjean de son côté, aussi à dos de mules mais sur l'autre versant des Andes, n'a eu aucun souci à faire ses prélèvements de sédiments dans huit lagunes de montagne judicieusement choisies (ci-dessous). ■

Prêts à repartir

Margit Schwikowski, comment vit-on un tel échec après une si longue préparation?
Nous sommes déçus, car nous avions eu du succès durant nos précédents projets. Et celui-là est très prometteur. Toutefois, l'ambiance n'était pas mauvaise, car nous avons tout essayé pour enfin réaliser, presque «avec nos corps», que continuer n'était pas possible.

Qu'apprend-on d'une telle expédition?
Tout ce qui devait être planifié l'avait été, sauf la météo! Ce sont les aléas d'un tel projet si complexe à mettre sur pied. Or nous ne pouvions pas rester très longtemps, pour des raisons d'agenda et de moyens financiers. Il faudra donc prévoir beaucoup plus de flexibilité lors des futures expéditions.

Cela remet-il en cause vos recherches?
Pour le doctorant David Bolius, oui: il doit malheureusement changer de sujet de thèse. Quant à nous, nous espérons retourner là-bas l'an prochain. Ne pas le faire serait dommage, vu les riches savoir et expérience acquis à ce jour concernant ce glacier.

Les carottages effectués par Martin Grosjean (à droite) et son équipe dans le fond de lacs d'altitude permettront, en étudiant les strates sédimentaires (visibles notamment en noir sur la photo de droite), d'obtenir des informations sur les changements climatiques, et plus particulièrement sur les effets liés au phénomène El Niño dans l'hémisphère sud. (Photos: PRN «Climat»)