

Petit âge de glace, lichens et archives religieuses

Alain GIODA, Vincent JOMELLI et Antoine RABATEL

Pendant au moins 300 ans, un épisode de refroidissement général fut entrecoupé par des épisodes caniculaires. Les archives climatiques, ici étudiées plus spécialement dans les Andes, sont les lichens et les écrits des jésuites et des franciscains.

L'historien Emmanuel Le Roy Ladurie propose dans son *Histoire du climat depuis l'an mil*, de limiter le petit âge de glace en Europe à la période entre 1550 et 1850. Le terme « petit âge de glace » a été inventé en 1939 par le Nord-américain François-Émile Matthes pour décrire « une époque de glaciation modérée qui suivit la période la plus douce de l'Holocène (la période la plus récente de l'ère quaternaire) ». Il décela ce radoucissement en étudiant les moraines des glaciers de la Sierra Nevada, en Californie : peu érodées, les moraines frontales de ces glaciers étaient donc récentes et témoignaient d'une avancée suivie d'un recul des glaciers. Comme de telles formations existent aussi dans les Andes (voir la figure 1), devait-on en déduire l'existence d'un autre petit âge de glace ? Les petits âges étaient-ils concomitants ? L'étude de cette alternance de climats avec ses pics de températures pourrait apporter des enseignements aux fluctuations actuelles du climat.

Ces moraines, et donc l'âge des événements climatiques, appartiennent à une époque antérieure à l'invention des instruments de mesures. De plus, les moraines sont au-dessus de la limite des arbres, et la dendrochronologie (voir l'ar-

ticle de David Houbrechts dans ce numéro) n'est pas applicable. Par ailleurs, au début du petit âge de glace, au XVI^e siècle, la météorologie scientifique n'était pas encore en place. Nous nous sommes donc tournés vers les textes religieux et les lichens.

Les archives religieuses

Les archives de la Chambre des comptes de la Savoie avaient déjà permis de retracer une histoire de la Mer de glace. Dans les Andes, dans le sillage des conquistadors venus pour trouver or, argent et pierres précieuses, de nombreuses villes minières ont été fondées, parfois à plus de 4 000 mètres d'altitude : par exemple, Cerro de Pasco, au Pérou, et Potosi, en Bolivie.

Dans ces cités rapidement devenues richissimes (les nobles Espagnols possesseurs d'une prébende y faisaient fortune en quelques semaines), l'empire très catholique des Habsbourg encouragea l'action des ordres religieux. Les jésuites, derniers arrivés en 1568, jouirent d'une large autonomie surtout au Paraguay et en Chine. Ils furent aidés par leur solide formation universitaire et le développement de la science moderne à partir de l'astronomie. Grâce à cette excellence, ils purent étudier avec précision l'été caniculaire, à Pékin,

en 1743 (voir l'encadré de la page 102). Cette anomalie climatique eut lieu pendant le petit âge de glace dont les trois périodes de températures minimales se situent, dans la région méridionale chinoise, entre 1470 et 1520, puis entre 1620 et 1740 et enfin, entre 1840 et 1890.

Jusqu'au règne de Charles III (1716 ; 1788), qui débuta en 1759, les historiens et les scientifiques étaient presque exclusivement des religieux dont le plus grand fut l'astronome Buenaventura Suarez au Paraguay. Avec les *Lumières* introduites par ce roi espagnol, des laïques et des étrangers, dont l'Allemand Alexander von Humboldt (1769 ; 1859), remplacèrent ces religieux, notamment après l'expulsion des jésuites d'Amérique, en 1767, sur ordre de la couronne.

Avec les nouveaux États nés du démembrement des empires espagnol et portugais, à partir de 1814, les jésuites revinrent dans le jeu scientifique. Un réseau d'observatoires astronomiques, météorologiques et géophysiques jésuites revit le jour au XIX^e siècle quand le petit âge de glace s'effaçait dans l'histoire. On trouvait ces observatoires à Cuba, au Mexique, en Colombie, en Bolivie, mais aussi aux Philippines, en Chine, en Inde dans l'actuel Bangladesh, à Madagascar, en Rhodésie devenue le Zimbabwe...



1. LE GLACIER MÉRIDIONAL DU CHARQUINI, près de La Paz, en Bolivie, culmine à une altitude de 5 398 mètres. Les moraines frontales (les bourrelets rocheux) correspondent à des avancées du glacier pendant le petit âge de glace. Le retrait de la moraine la plus externe (à

gauche) serait daté de 1630-1670 par lichénométrie. Ensuite (*de gauche à droite*), les datations proposées des différentes moraines vont de 1730, 1775, 1790... jusqu'à 1930, marquant le recul du glacier qui a probablement connu des pulsations intermédiaires.

Si le phénomène fut d'abord identifié dans l'hémisphère Nord, les études se multiplièrent pour retrouver toutes ses traces dans le paysage et dans les archives. L'idée que le petit âge de glace était un phénomène mondial a été soutenue, depuis les années 1950, par le géographe Jean Grove, à partir d'indices trouvés en Norvège, au Groenland, dans les Alpes et en Chine.

Un phénomène mondial : le petit âge de glace

L'hypothèse a été reprise en 2001 par Diane Dalziel, de l'Université d'Arizona. Elle a été confirmée par notre expérience

Sud-américaine qui a pour cadre les Andes, la plus grande chaîne de montagnes de direction méridienne de la Terre avec ses 8 500 kilomètres de long.

Grâce au dépouillement des journaux de bord des navigateurs, l'historienne argentine Rosario Prieto a montré que le détroit de Magellan, qui coupe l'extrémité méridionale des Andes, était encombré par les icebergs entre 1520 et 1670. Ensuite, les archives de Potosi décrivent deux périodes de froid extrême : entre 1560 et 1641, puis entre 1780 et 1820. Cette dernière période correspond à celle identifiée par des mesures de carottage isotopiques dans les glaces du volcan

Quelccaya, du Sud du Pérou, par l'équipe du Nord-américain Lonnie Thompson.

Les textes franciscains constituent également un fonds documentaire utile à l'étude des froidures en Bolivie (*voir la figure 2*). Ainsi, Diego de Mendoza mentionne dans sa *Cronica de la Provincia de Charcas* qu'un grand bloc de glace s'est détaché du glacier de l'Illimani, qui culmine à 6 450 mètres d'altitude, le 13 mai 1647. Cette chute au cœur du petit âge de glace résulte d'un tremblement de terre récemment daté par Angel Vega, de l'Observatoire jésuite de sismologie de La Paz. Son épïcêtre était au Chili, où

Santiago a subi de graves dommages. Toutefois, la description du franciscain (*surligné en rouge dans la figure 2*) est sans ambiguïté, ce fut bien un sérac, qui s'effondra en se détachant du flanc oriental de l'Ilhimani : « *En 1647, [...] en un endroit du nom d'Ilhimani, se détacha un gros morceau de neige du bord de la falaise vers l'Est. Endurcis comme une pierre par tous les siècles où elle a été congelée, ces « fruits » des vapeurs de la Terre se brisèrent, en tombant, en plusieurs morceaux « bleus ». Parcourant [deux kilomètres], ils atteignirent un village où 20 personnes furent ensevelies dans leurs habitations, et ce sans le moindre recours, car la chute eut lieu vers minuit. Ils eurent beau crier, personne ne les entendit. Seuls deux jeunes Indiens survécurent, debout sur les épaules de leurs pères. Ce*

n'est qu'au matin qu'ils furent entendus puis sauvés par les habitants de villages voisins. »

Le radoucissement du climat à la fin du petit âge de glace confirme indirectement la poussée glaciaire antérieure : le frère Angelico Martarelli du couvent de Potosi a constaté, dans les années 1880, que des légumes étaient cultivés, chose nouvelle, dans « les jardins du curé » situés à 4 000 mètres d'altitude.

La lichénométrie

Outre les archives religieuses, l'étude des lichens (des végétaux qui associent un champignon et une algue) offre aussi un moyen de dater la dynamique des glaciers.

Par cette méthode relative, on situe dans le temps la mise à nu des surfa-

ces rocheuses. Élaborée dans les années 1950 par le botaniste suisse Beschel pour dater les ultimes avancées glaciaires alpines, cette méthode est fondée sur la mesure du diamètre de certaines espèces de lichens colonisant les roches, le *Rhizocarpon* (voir la figure 3) étant le plus fréquemment utilisé. Cet organisme croît dans les conditions climatiques les plus adverses, peut vivre plusieurs milliers d'années et se développe en disques de diamètre croissant. Sa couleur caractéristique permet de l'identifier aisément. Le diamètre des plus gros individus, sur une surface donnée, est proportionnel au temps depuis lequel cette dernière est exposée à la colonisation. Connaissant la relation entre le diamètre des lichens et leur âge, on date la mise à nu de la surface où ils se développent. Cette

LA CANICULE DE 1743 À PÉKIN

Le petit âge de glace a été entrecoupé d'épisodes particulièrement chauds qui ont été mesurés avec précision dans certaines localités dès le XVII^e siècle. À Pékin, les premières mesures météorologiques de bonne qualité datent de 1741, l'année où les pères jésuites français, présents en Chine dès les années 1550, introduisent au Bureau astronomique impérial le thermomètre à alcool de Réaumur inventé en 1730. On dispose de plusieurs séries de températures, chacune durant environ cinq ans, pendant le XVIII^e siècle.

La Mission française des jésuites à Pékin est composée des cinq pères mathématiciens partis de Brest en 1685, munis de la recommandation de Louis XIV, pour travailler au Bureau astronomique impérial. Le plus célèbre est Jean-François Gerbillon, professeur de l'empereur mandchou et éminent diplomate dont les succès, notamment auprès des Russes à

l'occasion du traité de Nerchinsk, en 1689, permirent de poursuivre le

travail scientifique des jésuites

au Bureau astronomique impérial. Le père Antoine

Gaubil, leur continuateur, est l'auteur des observations (voir

ci-dessus une comparaison des indications de deux thermomètres)

du torride été 1743 qui fit plusieurs milliers de morts dans la ville impériale, selon les sources manuscrites chinoises.

Le thermomètre atteignit en juillet 1743 pendant plusieurs jours consécutifs des



pues, fuce diò lo mesmo, hudièdo
 le todo el pueblo, y habitadores.

El año de mil y seiscientos y
 quarentay siete, se desgajó del cer
 ro gráde de la cordillera, catorze
 leguas de Chuquiabo, llamado
 Illimani, un grã pedaço de nie
 ue, desde la cãbre del cerro àzia el
 Oriente (toda empedernida de
 los muchos siglos q̄ aia estãna
 congelada, y de los vapores de la
 mesma tierra, estãna denegrida
 en partes, y en partes acul) diò ca
 si media legua de falso, por aver
 encetrado al caer en vna peña vi
 dios, q̄ estãvan en sus embriague
 zes, matò mas de veinte personas,
 entreãndolos en sus mesmas ca
 sas, sin poder tener recurso, por ser
 el

S. Antoni de los Cha

el derrumbo a media noche, y
 aunque dieron voces, ni pudie
 ron ser oidos de los Indios vezi
 nos, ni georridos de persona hu
 mana: solos dos muchachos In
 dios, libraron las vidas, pues
 se, de donde pudieron do
 de pie sobre los ombros de
 que, y a la mañãna fer
 de la gẽte de las Cha
 y delenterrar a los

de mil y seiscientos y
 treinta y vno de Mar
 che, estando el dia claro, y fereno,
 lluvo un gran temblor de tierra
 en la ciudad del Cuzco, q̄ allorò
 lo mas de ella; durò poco mas de
 dos Credos rezados, pero con tan

2. LA CRONICA DE LA PROVINCIA

DE CHARCAS, du franciscain Diego de Mendoza, décrit la chute d'un sérac (un bloc de glace) survenue le 13 mai 1647 dans le glacier de l'illimani (6450 mètres d'altitude), en Bolivie. Près de là, plus de 20 Indiens ont péri dans la catastrophe. Ce type d'accident est caractéristique des périodes d'avancées de glaciers qui s'approchent des hameaux et des villages.

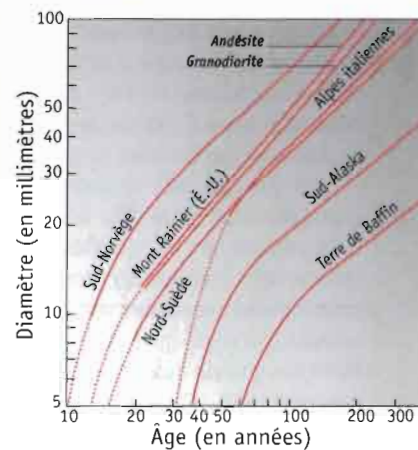
relation entre la taille du lichen et son âge est déterminée directement en suivant, pendant plusieurs années, la croissance de nombreux individus.

Dans la cordillère Blanche du Pérou, des moraines du petit âge de glace ont été datées par les lichens. Une première avancée des glaciers aurait été identifiée entre 1580 et 1660 : elle correspond aux moraines situées jusqu'à 600 mètres en aval du front actuel des glaciers. Une seconde avancée daterait du début du XIX^e siècle.

En Bolivie, les études des lichens dans le glacier Charquini (voir la figure 1) montreraient que le front a atteint sa position la plus avancée entre 1650 et 1670. Le petit âge de glace semble donc relativement synchrone au Pérou et en Bolivie, des observations effectuées sur d'autres glaciers indiquant une avancée maximale autour de 1640. Toutefois, ce maximum dans les Andes tropicales serait décalé par rapport à ce qui a été observé en Europe où la poussée majeure est, selon les régions alpines, tantôt datée de la fin du XVI^e et du début du XVII^e siècle, avec de fortes chutes des températures moyennes,



3. LES LICHENS (à gauche) croissent sur les surfaces rocheuses de façon régulière. Leur diamètre est donc une fonction du temps, mais aussi de la nature du support. Connaissant les caractéristiques régionales de cette croissance (à droite), on peut dater la mise à nu des roches.



ou tantôt datée du début du XIX^e siècle. Encore fragiles en raison du petit nombre de cas étudiés, les résultats de la lichénométrie andine sont toutefois en accord avec ceux des analyses des variations isotopiques de l'oxygène 18 des carottes de glace des sommets voisins.

Les résultats obtenus montrent l'intérêt des études comparatives des traces du petit âge de glace, notamment dans les Andes. On sait aujourd'hui, d'une part, qu'il n'était pas synchrone à l'échelle de la Terre et, d'autre part, que des années très chaudes ponctuent cette période.

Les causes du petit âge de glace et de ses variations sont à rechercher du côté de la variabilité de l'activité solaire. Ce petit âge de glace constitue l'ultime période où l'influence de l'activité humaine n'apparaît pas dans les méca-

nismes du climat et il est aussi un important avantage pour son étude, proche de notre temps. Le petit âge de glace est donc une période cruciale pour la compréhension des changements climatiques naturels... et des variations actuelles.

Alain GIODA travaille à l'Institut de recherche pour le développement, à Montpellier, et anime le projet ARCHISS (Archival Climate History Survey) en Amérique latine. Vincent JOMELLI est géomorphologue à l'UMR CNRS 8591, à Meudon. Antoine RABATEL étudie à l'IRD, à La Paz.

P. NAVEAU, V. JOMELLI, D. COOLEY et A. RABATEL, *Modeling Uncertainties in Lichenometry Studies*, in *Quaternary Research*, (à paraître), 2004.

J. M. GROVE, *The Little Ice Age*, éd. Routledge, London & New York, 1988 & 2004.

V. UDIAS, *Searching the Heavens and the Earth: The History of Jesuit Observatories*, éd. Kluwer, Rotterdam, 2003.

Gioda Alain, Jomelli V., Rabatel A.

Petit âge de glace, lichens et archives religieuses.

In : Boulanger P. (dir.). Le temps des datations.

Pour la Science. Dossier Hors Série, 2004, (42), p. 100-103.

ISSN 0153-4092