



Photos: Christian Schlüchter

Le bois et la tourbe: des indicateurs de climat

# LES ALPES SANS

**TEXTE** Christian Schlüchter, Ueli Jorin, Institut de géologie de l'Université de Berne<sup>1</sup>

**PHOTOS** Christian Schlüchter et al.<sup>2</sup>

**N**ous ne pouvons guère imaginer la beauté des Alpes sans l'inséparable présence de leurs glaciers. Ils appartiennent à notre image de la montagne et soulignent un régime climatique tout particulier. Ils sont en outre le siège de formations géologiques caractéristiques, appelées moraines. Chaque crue glaciaire est responsable de la constitution d'un nouvel arc morainique par le dépôt des sédiments charriés par la glace. Quoique de modeste ampleur, ce phénomène a été observé ici et là, lors de la progression glaciaire la plus récente des années 1980.

Les vallums morainiques entourant un glacier ont été formés lors des crues glaciaires, les matériaux morainiques s'accumulant à chaque fois dans le dernier vallum. Leur datation permet d'établir la chronologie des crues.

## Moraines

Les moraines frontales visibles au voisinage de la majorité des glaciers de nos Alpes se sont formées après la fin de la dernière glaciation, soit durant les dix mille dernières années. Au cours de cette longue période, la crue la plus importante se situe au «petit âge glaciaire» pendant lequel les glaciers connurent leur maximum aussi bien en longueur qu'en épaisseur, les uns au début du XVII<sup>e</sup> siècle déjà, les derniers, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle. Dans le cadre des discussions sur la signification climatologique du retrait actuel des glaciers, l'examen des complexes morainiques

Glacier inférieur de l'Aar. Les importantes masses d'eau s'échappant de son portail glaciaire ont entraîné de nombreux débris organiques (fragments de bois et morceaux de tourbe comprimée), dont l'origine se situe sous le glacier actuel et témoigne d'extensions glaciaires nettement plus réduites dans les temps anciens

# GLACIERS?

édifiés au cours de ces dix derniers millénaires permet d'aborder une question essentielle: jusqu'où les glaciers ont-ils reculé entre leurs phases de crue? Ont-ils partiellement, voire totalement disparu à certaines époques? Les découvertes faites ces dix dernières années dans les zones proches des langues de certains glaciers alpins permettent d'y répondre approximativement.

1 Le professeur Christian Schlüchter est titulaire de la chaire de géologie de l'environnement et du quaternaire à l'Institut de géologie de l'Université de Berne. Outre la géologie des glaciers, son équipe s'occupe aussi de celle de l'environnement.

2 Robert Bösch, Office fédéral de la topographie, Peter Donatsch, Françoise Funk-Salami, Suisse. Musée de l'aviation et de la DCA (photo aérienne), Andreas Werthemann, Lukas Witschi.

Graphiques/dessins: Christian Schlüchter/Atelier Richner, Ueli Jörin

3 Les «sandur» (mot islandais) sont des plaines d'épandage proglaciaire (sables et cailloux) construites par les eaux de fonte d'un glacier (définition du Grand Robert).

## Fragments de restes de bois et de tourbe

Depuis le début des années nonante, on a découvert à de nombreuses reprises des débris de bois et de tourbe lors de travaux de recherche géologique glaciaire au voisinage de l'extrémité des glaciers ou dans les «sandur»<sup>3</sup> proches des portails glaciaires. On a ainsi constaté la présence de fragments de bois de diverses grosseurs mis au jour par la fonte des glaces à la base du glacier ou déposés sur des bancs de gravier dans la marge périglaciaire immédiate. En outre, les morceaux de tourbe étaient souvent coincés entre des galets ou des blocs isolés. En sédimentologie, ce mode de dépôt, que l'on désigne par le terme d'imbrication, est un critère certain de transport par les eaux lors d'une crue glaciaire. Quant aux échantillons de tourbe, ils sont fortement comprimés et de composition variable.

Souvent arrondis par leur voyage dans l'eau, ces fragments mesurent au maximum trente centimètres d'épaisseur et quatre-vingts centimètres de longueur. La plupart d'entre eux ressemblent à des hamburgers de grandeur moyenne.

Les morceaux de bois portent les traces de leur transport par la glace et l'eau de fusion. Plusieurs fragments de troncs sont arrondis ou semblent rabotés. Grains de sable et gravier se sont incrustés dans les interstices des surfaces polies par l'usure. D'autres sont complètement brisés ou déchiquetés. On a déterminé les espèces d'arbres dont ils proviennent: saules, bouleaux, arolles, épicéas, pins et mélèzes. Les trouvailles de troncs de mélèzes aux abords du glacier inférieur de l'Aar sont particulièrement instructives du point de vue botanique.

## Importance glaciologique

Pour la glaciologie, ces découvertes revêtent une valeur scientifique de premier ordre. Avec d'autres sédiments, ces débris de bois et de tourbe ont certainement été dégagés du sous-sol des glaciers actuels et entraînés par leur eau de fonte. Cela signifie que sous certaines de ces masses glaciaires existent des bassins sédimentaires contenant du bois et de la tourbe. Par conséquent, des plantes de marais ont autrefois dû prospérer à l'emplacement de nos glaciers alpins, ce qui n'est possible que s'ils se sont une ou plusieurs fois retirés en amont de ces sites. En outre, ces sédiments sous-glaciaires sont probablement des remplissages de cuvettes alluvionnaires, susceptibles de livrer des informations géologiques sur des époques où les glaciers étaient nettement plus réduits, voire avaient totalement disparu. Ces gisements permettraient de reconstituer l'histoire de l'extension minimale des glaciers ou, autrement dit, de leur retrait maximal.

Les sites de découverte de restes de bois et de tourbe s'étendent de l'Engadine, à l'est, jusqu'au Bas-Valais, à l'ouest. Citons, entre autres, les glaciers de Tschierva, du val Malenco, de Forno, de Stein, de Steinlimi, supérieur et inférieur de l'Aar, de Ried, du Trient et du Mont Miné. Les

trouvailles les plus importantes et les plus exceptionnelles proviennent du glacier inférieur de l'Aar où l'on a dégagé jusqu'à présent plus de mille pièces différentes. Leur signification paléoclimatologique est fondamentale. Ce gisement se situe non seulement au centre du domaine alpin, mais encore à proximité d'un des plus grands glaciers des Alpes. Les conclusions que l'on peut en tirer sur les variations de cet appareil glaciaire revêtent donc une importance capitale pour l'étude des paléoclimats.

## Datations

À côté du simple fait que les fragments de bois et de tourbe sont dégagés sous les glaciers actuels par les eaux de fonte, leurs datations au radiocarbone donnent des résultats intéressants. Jusqu'à présent, on a daté ainsi plus de cent échantillons<sup>4</sup>. Les premières déterminations dendrochronologiques<sup>5</sup> sont également prometteuses, bien que l'on dispose dans ce domaine d'un matériel assez réduit, puisque seuls quelques troncs comptent plus de quatre-vingts cernes annuels. Grâce au nombre élevé des

4 Les datations au moyen de la méthode du carbone radioactif ont été effectuées dans le cadre de la thèse d'Anne Hormes, déjà publiée, et de celle d'Ueli Jorin, en préparation. Les auteurs du présent article profitent de l'occasion pour remercier le Laboratoire du radiocarbone de physique de l'environnement de l'Université de Berne.

5 La dendrochronologie est une méthode de datation des événements passés ou des changements climatiques par l'étude des anneaux de croissance des troncs d'arbres (définition du Petit Robert).

### Périodes avec fonte des glaciers

Episode chaud	Année cal yr BP (Année calendaire avant 1950)	Période
10	9900-9550	350
9	9000-8050	950
8	7700-7500	200
7	7350-6500	850
6	6150-6000	150
5	5700-5500	200
4	5200-3400	1800
3	um 2700	100
2	2300-1800	500
1	1450-1150	300
Total		5400



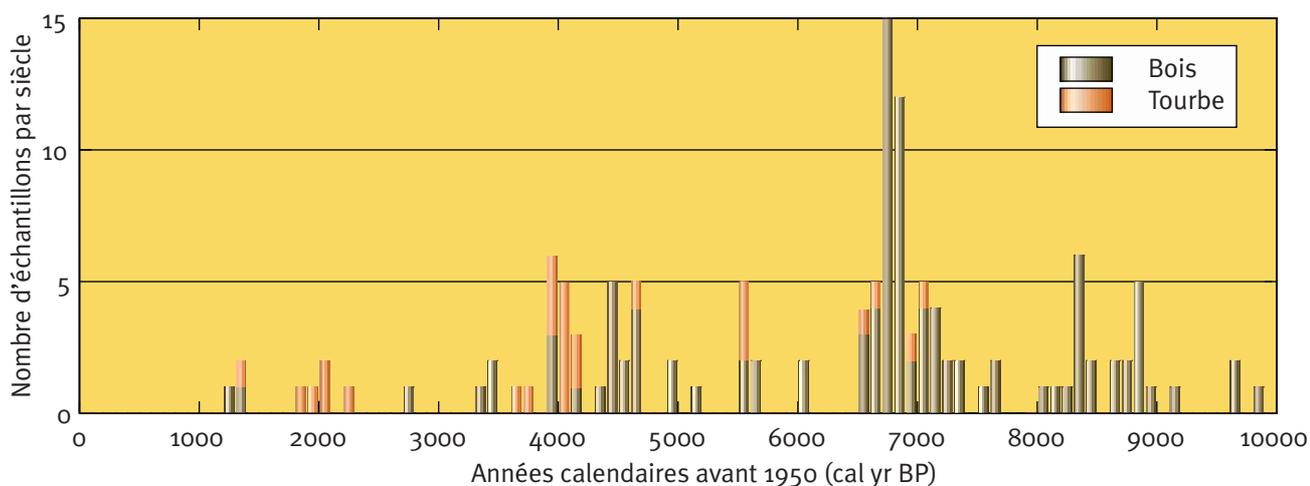
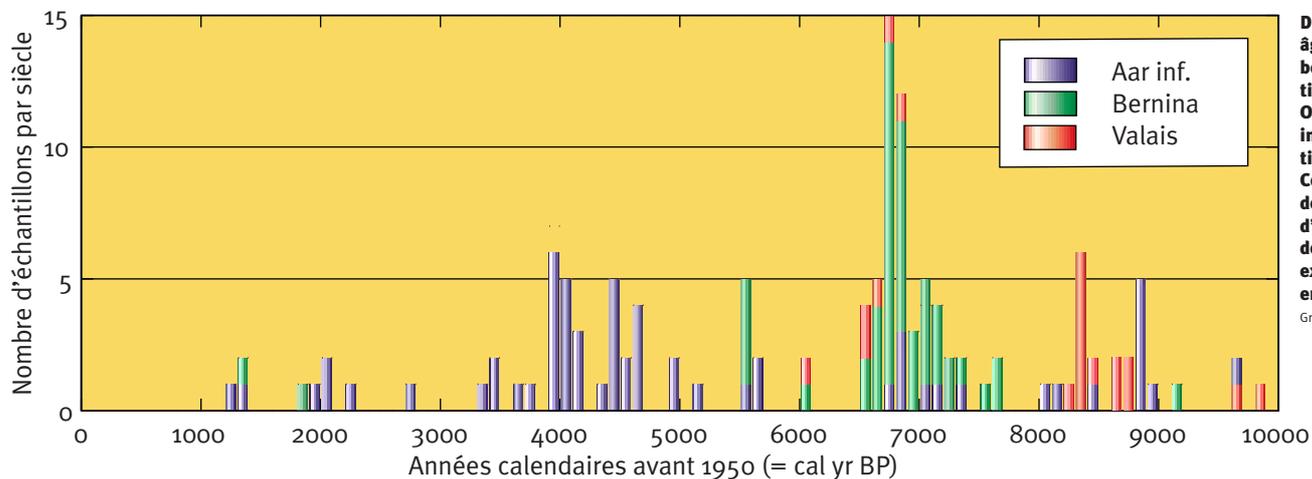


Photo: Françoise Funk-Salamf

**Divers glaciers valaisans, dont celui du Mont Miné, au fond du val d'Hérens, représenté sur cette illustration, ont aussi rejeté des échantillons de bois et de tourbe. Leur datation confirme les mêmes périodes d'extension glaciaire réduite**



Le glacier de Stei durant l'«été caniculaire» de 2003. A l'époque romaine, il y a deux millénaires environ, les glaciers de la région du Susten devaient s'être retirés à une altitude nettement supérieure à celle d'aujourd'hui, probablement jusqu'au niveau de l'actuelle cabane du Tierbergli (2795 m). Tout à droite, le glacier de Steilimi



Vue sur la région du Susten, du glacier de Stei (partie droite de l'image) et de la langue du glacier de Steilimi (tout en bas, à droite). Les échantillons de tourbe découverts au bord du glacier de Steilimi présentent un intérêt particulier car, selon les surfaces de cisaillement de

la glace, ils devraient provenir de la partie supérieure du bassin glaciaire. D'après les datations effectuées, les conditions climatiques d'il y a 2000 ans environ auraient favorisé la formation de tourbières dans cette zone actuellement englacée

Photo: Robert Bösch



trouvailles, on peut appliquer différentes méthodes d'analyse. Après la préparation standard au Laboratoire du radiocarbone de physique de l'environnement de l'Université de Berne, les bois entiers ainsi que des extraits de cellulose et de lignine sont datés. Pour ce qui concerne les tourbes, les mesures ont porté sur la tourbe elle-même, sur des extraits d'acides humiques et sur des macrorestes dégagés. Les écarts apparus dans les résultats des mesures effectuées deux, voire trois fois, sur les échantillons sont

**Photographie du bassin d'alimentation des glaciers de Stei et de Steilimi, prise à 6700 m le 24 août 2000. On distingue aisément le plateau glaciaire s'étendant entre 2700 et 3100 mètres d'altitude.**

**Pour le moment, il n'est pas encore possible de préciser quels secteurs de cette étendue étaient libres de glace durant ces 10 000 dernières années.**



© Photo: Office fédéral de topographie

inférieurs à l'erreur statistique; ils peuvent donc être négligés, ce qui permet d'exclure leur contamination ultérieure. Les âges ainsi déterminés ne se répartissent pas au hasard sur ces dix derniers millénaires, mais se regroupent sur des créneaux chronologiques bien définis. Cette constatation est d'autant plus remarquable que l'on a respecté le principe du choix aléatoire pour les pièces soumises à datation. Pour correspondre aux années de notre calendrier, les âges obtenus par la méthode du radiocarbone doivent être corrigés au moyen d'une courbe de calibration. On a ainsi pu déterminer dix plages temporelles (cf. tableau p. 36). Pendant ces périodes, les glaciers dont proviennent les échantillons étaient moins étendus qu'aujourd'hui. Si l'on additionne ces périodes, on constate que, pendant plus de la moitié de ces dix mille dernières années, l'extension glaciaire alpine était plus réduite qu'à présent!

Cette conclusion est en elle-même déjà étonnante. L'image des Alpes couvertes de glace telles que nous les connaissons ne correspond donc pas à leur aspect durant plus de la moitié de l'ère postglaciaire. L'histoire des glaciers alpins est certainement beaucoup plus dynamique et fluctuante que celle que l'on avait imaginée jusqu'à maintenant. Ces résultats sont encore plus surprenants lorsqu'on compare l'âge des échantillons avec le taux de production du <sup>14</sup>C. Les échantillons succèdent à des périodes de production réduite de carbone 14 dans l'atmosphère. Or cette production est en grande partie dépendante de l'activité solaire: élevée, elle renforce le champ magnétique terrestre, ce qui diminue la production de carbone 14. Il y a tout lieu de croire que les «phases de bois et de tourbe» des glaciers alpins concordent avec des moments d'activité solaire accrue.

**Au col du Susten: vue sur le lac et le glacier de Stei (à gauche), celui de Steilimi (au centre) et le Gwächtenhorn (à gauche, en haut) vers 1993. On a reporté les extensions glaciaires de 1858 (fin du petit âge glaciaire) et de 1922**

Photo: Daniel Anker



## Quelques exemples

### Région du Susten

Été 1991: une brusque crue de l'eau de fonte du glacier de Stei a déposé à proximité du portail glaciaire, sis à cette époque du côté droit de la masse de glace, en direction de Chüöbärgli, un tronc d'arolle de 1,2 mètre de longueur, en excellent état de conservation. De nos jours, la limite des arbres dans le bassin du glacier de Stei se situe cent mètres

Photo: Christian Schlüchter



Tronc d'arolle de 1,2 m de longueur environ, trouvé en bon état de conservation sur le côté droit du glacier de Stei. Selon la datation et le lieu de la découverte, ce

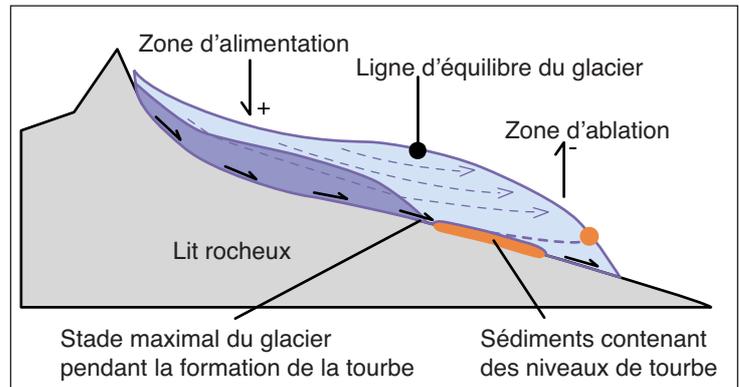
tronc a poussé il y a 4920 ans en un endroit actuellement occupé par le glacier (photo d'août 1993)

au-dessous de l'altitude qu'atteignait la langue en 1991. Selon la méthode du carbone radioactif, cet échantillon date d'il y a 4920 +/- 60 ans.

Durant sa phase de crue maximum jusqu'au début des années nonante, le glacier de Steilimi était traversé de surfaces concentriques de cisaillement bien visibles. Aux abords de la langue glaciaire où celles-ci montent des profondeurs de la glace, l'ablation a dégagé des débris de tourbe déchiquetée, entraînés vers le haut le long de ces discontinuités (cf. fig. ci-dessous). Cette découverte a donc révélé la présence fort probable à la base du glacier de dépôts de cette substance, soumis à une érosion active

Représentation schématique du glacier de Steilimi. Le point orange indique, sur la surface du glacier, le lieu de la découverte de tourbe fortement déchiquetée, que l'on a datée par la suite. La plage teintée en orange correspond à la zone de provenance de cette substance organique, sous le glacier

actuel, et la teinte bleu foncé indique l'extension maximale du glacier pendant la période de formation de la tourbe. Les lignes en pointillé indiquent de manière schématique l'écoulement visqueux du glacier et les demi-flèches noires, le glissement à la base



Dessin: Ueli Jörin



Aspect probable de cette même région à l'époque romaine, il y a deux millénaires environ, lorsque le glacier de Stei s'était approximativement retiré jusqu'à l'altitude de la cabane du Tierbergli (2795 m). Avec une limite des forêts évidemment plus élevée qu'aujourd'hui, le paysage offrait un aspect très différent que celui que nous connaissons

Dessin: atelier Rychner, selon les directives de Christian Schlüchter

La marge proglaciaire du glacier de Tschierva est très escarpée et recouverte de pierres et de gros blocs, ne retenant que les fragments de bois de bonne dimension. Tous les autres débris plus menus sont entraînés au loin par les eaux de fonte (prise de vue de juillet 1999)

Photo: Christian Schlüchter



Photo: Christian Schlüchter

On a daté de nombreux échantillons de bois récoltés dans la marge du glacier de Tschierva (prise de vue de juillet 1999)

Photographie du bassin d'alimentation du glacier de Tschierva résultant de la confluence de deux bras, prise à 7300 m (centre de l'image) le 8 septembre 2000. A droite, les glaciers de Sella et du Roseg. Les débris de bois et de tourbe découverts en bordure de la langue terminale de ces glaciers grisons témoignent également d'une bonne coïncidence chronologique avec les périodes de retrait glaciaire déterminées dans d'autres régions des Alpes suisses

© Photo: Office fédéral de topographie



Un autre morceau de bois de bonne dimension est apparu sous la glace de la langue du glacier de Tschierva. Cette trouvaille témoigne qu'autrefois des arbres ont prospéré sur l'emplacement du glacier actuel (prise de vue de juillet 1999)



Photo: Christian Schlüchter

et dont les débris remontent en surface par les mouvements internes du fleuve glaciaire. Par estimation géométrique et construction de profils sur la base d'échos radar, on a suivi le tracé de ces surfaces de cisaillement jusque dans la zone supérieure du glacier régénéré et conclu que la tourbe devait donc aussi se trouver dans ce secteur. L'âge de cette tourbe déterminé au moyen du carbone 14 remonte à 2100 +/- 50 ans et l'on en déduit que, du temps des Romains, la région du Susten était probablement libre de glace jusqu'à l'altitude de la cabane de Tierbergli.

### Haute-Engadine

A la fin des années nonante, on a découvert dans la région terminale du glacier de Tschierva plusieurs morceaux de bois libérés par l'ablation superficielle de la glace. On a

également dégagé à la base de la langue glaciaire elle-même des débris ligneux. Aucun reste de bois rejeté par le glacier n'avait été signalé auparavant dans ses moraines latérales. Cela signifie qu'ici aussi la crue des années quatre-vingt a agi mécaniquement en profondeur jusqu'aux couches sédimentaires sous-jacentes et en a extrait des morceaux de bois. Malheureusement, la marge proglaciaire du glacier de Tschierva, très pentue, est recouverte de pierres et de gros blocs. Les eaux de fonte s'y écoulent à vitesse accélérée et seuls les débris les plus volumineux sont retenus par les bancs de galets. Il faut donc

**Les abords du glacier de Tschierva en juillet 1999. Autrefois, lorsque la forêt s'étendait jusqu'au-dessus de l'actuelle couverture de glace, cette région devait se présenter sous un aspect totalement différent; pâturages et arbres conféraient une tout autre note à ce paysage de montagne, actuellement pierreux et aride**

**Vue du nord-ouest vers le sud-est sur le massif de la Bernina (prise le 22 septembre 1988). A gauche, les deux bras formant le glacier de Tschierva. On a découvert dans ses abords immédiats de nombreux débris de bois témoignant de diverses extensions glaciaires plus réduites que de nos jours, et d'un paysage autrefois dominé par la forêt. A droite, les glaciers de Sella et du Roseg**

Photo: Christian Schlüchter



Photo: image aérienne de la Suisse, musée de l'aviation et de la DCA, Dübendorf

**Marge périglaciaire, lieu de la découverte de débris de bois et de tourbe. On distingue au premier plan, en bas à gauche, un de ces échantillons ligneux (prise de vue d'août 2001)**

Photo: Christian Schlüchter



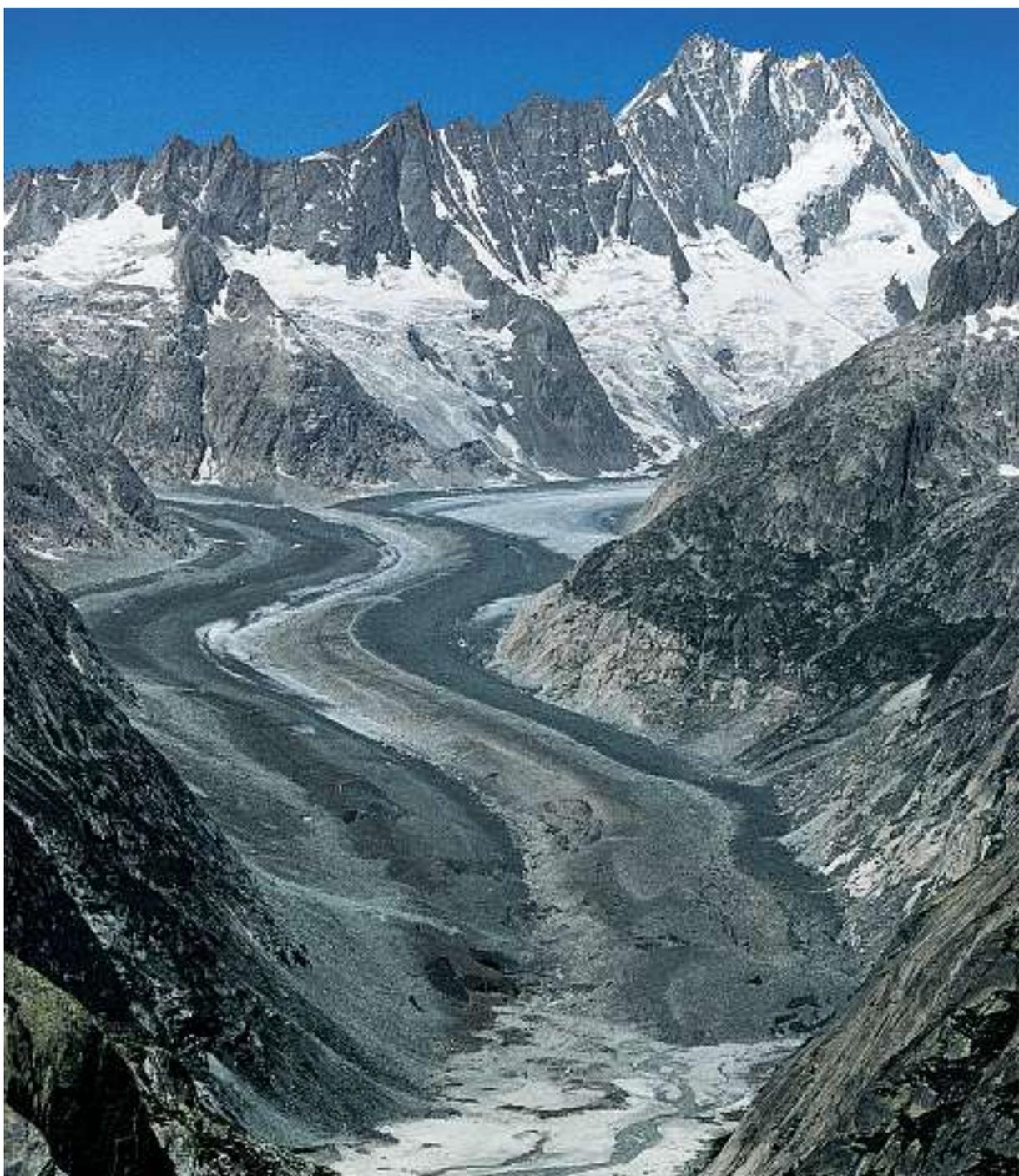
**Photo détaillée d'un fragment de tronc d'arbre en bon état de conservation, rejeté par le glacier inférieur de l'Aar. On distingue nettement les cernes annuels (prise de vue de novembre 1995)**



Photo: Andreas Werthemann

Photo: Christian Schlüchter

**Langue du glacier inférieur de l'Aar et terrasses d'inondation de sa marge périglaciaire (prise de vue de juillet 1995). Sous ce glacier se sont accumulés des dépôts de sable, de gravier et de tourbe datant de périodes d'extension glaciaire plus réduite qu'aujourd'hui. En outre, ils contiennent de nombreux vestiges de troncs d'arbres qui ont prospéré sur des zones actuellement englacées**





**Fragment de tronc d'arbre de dimensions particulièrement grandes et assez peu endommagé, provenant du glacier inférieur de l'Aar (prise de vue d'août 2001)**



**Rejeté par le glacier inférieur de l'Aar, ce morceau de bois aplati est poli par l'usure du transport dans la glace et constellé de petits cailloux incrustés dans ses interstices (prise de vue de juillet 1998)**

Photos: Andreas Werthemann

**Provenant du glacier inférieur de l'Aar, ce morceau de tourbe contient en incrustation une petite branche de saule; âge: 4100 ans environ (prise de vue de janvier 2004)**



**Fragment de bois totalement déchiqueté, mais dont la loupe (excroissance) est restée intacte. Provenance: glacier inférieur de l'Aar (prise de vue de juillet 1998)**

admettre qu'un grand nombre d'échantillons plus petits, entraînés beaucoup plus loin en aval, ont disparu.

La situation géologique à proximité de la langue du glacier de Forno est bien différente. Au milieu des années nonante, des dépôts de sable grossier situés sur le côté gauche du glacier ont été remaniés par l'avance de la langue. Ici aussi, la crue glaciaire a également agi en profondeur en érodant des sédiments organiques. En effet, des débris de tourbe fortement comprimée caractérisaient certains niveaux bien déterminés de ces couches de cailloutis, aujourd'hui disloquées. Avant son érosion et son transport actuels, ce gisement avait déjà été écrasé par une avance antérieure du glacier.

Tous les échantillons de bois et de tourbe issus de la Haute-Engadine et datés au carbone 14 ont plus de 5000 ans. On ne connaît des dépôts lacustres de l'époque romaine et ultérieurement remaniés lors du petit âge glaciaire qu'à proximité immédiate du glacier de Ghaspocio, au fond du val Malenco.

### Région du Grimsel

Dans plusieurs publications sur le glacier de l'Aletsch, Holzhauser<sup>6</sup> a démontré que celui-ci avait fortement varié en longueur et en épaisseur durant ces 3200 dernières années. Ces indications se fondent sur des découvertes de

souches et de branches, ainsi que sur des sources historiques. On peut en conclure que les glaciers des Alpes centrales ont certainement vu leur masse fluctuer durant ces trois derniers millénaires.

En rapport avec ces constatations, les importantes découvertes de bois et de tourbe à l'avant de la langue du glacier inférieur de l'Aar ont acquis une signification supplémentaire. Les conditions des trouvailles à proximité du glacier d'Aletsch et celles du glacier inférieur de l'Aar sont différentes et n'en acquièrent que plus d'intérêt, dans l'hypothèse que ces dernières puissent confirmer les premières. Dès le début des découvertes au glacier inférieur de l'Aar en 1995, il était évident que les débris de bois et de tourbe avaient été rejetés hors du portail par de fortes crues du torrent sous-glaciaire et déposés dans les sédiments des terrasses d'inondation. Le lieu d'origine de ces fragments organiques se situe sans aucun doute sous le glacier actuel. L'argument principal confortant cette assertion réside dans l'aspect des morceaux de tourbe fortement comprimée qui ont été arrachés de leurs sites de formation par le glacier et arrondis durant leur transport par l'eau de fusion.

L'âge des échantillons de bois et de tourbe du glacier inférieur de l'Aar atteint 9000 ans et tombe dans des créneaux chronologiques précis. Fait digne d'intérêt, citons la présence, parmi ces vestiges, de sections de troncs com-

6 Cf. Holzhauser Hanspeter, «Fluctuations of the Grosse Aletsch Glacier and the Gorner Glacier during the last 3200 years: new results», in Frenzel, B. et al. (eds.), *Paläoklimaforschung*; vol. 24 (1997).

portant jusqu'à trois cents cernes annuels. En outre, plusieurs morceaux de bois proviennent de mélèzes, conifères qui, de nos jours, ne croissent plus du tout au nord du col du Grimsel. Cet indice laisse supposer d'importantes modifications du climat des Alpes centrales. Ces débris de bois de mélèze témoignent d'un climat continental (conditions plus sèches et éventuellement plus froides en hiver que celles qui y règnent actuellement). En outre, les écosystèmes révélés par la présence de certaines espèces de coléoptères dans les échantillons de tourbe confirment cette analyse.

## Conclusions

Les restes de bois et de tourbe trouvés dans les marges de plusieurs glaciers des Alpes témoignent de leur moindre extension. En effet, la croissance de plantes et d'arbres dans des vallées montagneuses abritant maintenant des glaciers, n'est concevable qu'avec une couverture de glace plus réduite et une limite de la forêt plus élevée. Entre 2650 et 2000 avant aujourd'hui, les langues glaciaires s'arrêtaient à une altitude d'au moins trois cents mètres supérieure. A l'époque romaine, les glaciers n'ont pas impressionné la mémoire humaine aussi fortement que de nos jours. Ils s'étaient considérablement retirés dans des vallées reculées, à l'écart des itinéraires de franchissement des Alpes, sans constituer un réel obstacle. Selon les connaissances actuelles, les phases de retrait maximum des glaciers se sont produites entre 7300 et 6800 ans avant aujourd'hui. Les découvertes faites à ce propos permettent de supposer qu'à cette époque les glaciers alpins avaient complètement disparu ou s'étaient réduits à l'état de vestiges.

Sur la base de ces découvertes provenant de bon nombre de glaciers des Alpes suisses, il convient de réviser notre image traditionnelle d'une chaîne alpine fortement et continuellement englacée depuis la fin de la dernière glaciation. Avec sa crue maximale des glaciers depuis les dix derniers millénaires, le petit âge glaciaire, du XVII<sup>e</sup> au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, a formé cette image traditionnelle de nos Alpes. Cependant, les glaciers alpins étaient moins étendus que maintenant durant plus de cinquante pour cent de ces dix derniers millénaires! Les phases de faible extension glaciaire correspondent aux débuts des pé-

## Recherche d'échantillons!

Toutes les personnes se promenant sur et aux abords immédiats des glaciers des Alpes suisses peuvent apporter leur contribution à l'étude sur le passé climatique de notre pays. C'est pourquoi nous prions instamment membres du CAS, guides, participants à des cours d'alpinisme et gardiens de cabane d'être attentifs à la découverte d'anciens échantillons de bois et de tourbe lors de leurs randonnées.

### Points à observer

1. Lors d'une découverte, prendre une photographie d'ensemble de son emplacement et de ses alentours, et une autre, détaillée, de la position exacte de l'objet trouvé.
  2. Noter les coordonnées kilométriques et l'altitude du lieu de la découverte sur la CN 1 : 25 000.
  3. Glisser les petits échantillons transportables dans un ou des sachets de plastique propres et les envoyer, soigneusement emballés, avec la documentation photographique et une photocopie de la CN au 1 : 25 000 portant le lieu de la découverte à l'adresse suivante: Institut de géologie, Université de Berne, Balzerstr. 1, CH-3012 Berne, avec la mention «Objet trouvé sur un glacier».
  4. On annoncera à la même adresse les échantillons de plus grandes dimensions et leurs données photographiques et topographiques (grandeur, estimation du poids, aspect).
- En contrepartie de leur peine, les découvreurs recevront de quoi assurer leur prochaine verrée au sommet. Les auteurs espèrent recevoir de nombreuses contributions.

riodes d'activité solaire élevée; on a donc jusqu'à présent sous-estimé le rôle de ce facteur sur l'évolution des glaciers. Les phases de faible extension glaciaire décrites ici se rapportent à la période avant le petit âge glaciaire.

En résumé, on constate que la couverture et les mouvements glaciaires sont soumis à des *processus nettement plus dynamiques* qu'on ne le supposait jusqu'à présent. Il convient cependant d'approfondir l'étude des formes d'évolution du climat responsables de ces crues et retraits périodiques. En effet, non seulement des épisodes climatiques plus chauds en moyenne annuelle, mais aussi plus froids et plus secs en hiver, peuvent éventuellement provoquer une décrue glaciaire.

On continuera d'effectuer la datation des échantillons disponibles actuellement et, si possible, leur étude dendrochronologique et statistique. C'est pourquoi nous prions les lectrices et lecteurs de la revue *Les Alpes* de nous signaler tout vestige susceptible d'intérêt, lors de leurs excursions dans les marges périglaciaires alpines (cf. encadré). ▲

Traduit de l'allemand par Cyril Aubert

**Esquilles d'un tronc d'arbre rejetées par le glacier de Forno. Leur transport sous le glacier a raboté leur surface constellée de petits cailloux incrustés dans les interstices et, en les déformant, leur a conféré cet aspect ondulé. Age: 5520 +/- 50 ans, avant aujourd'hui (cal yr BP)**



**Des fragments arrondis de tourbe comprimée sont charriés par les crues du torrent sous-glaciaire et se déposent sur la marge périglaciaire. Age de ces dépôts de tourbe: 5540 +/- 60 ans avant aujourd'hui (cal yr BP)**



**Glacier de Forno (GR):**  
– sur l'illustration de gauche, la langue terminale du glacier de Forno, le val Forno et le Lāgh da Calvac,  
– sur l'illustration de droite, le glacier de Forno et son bassin d'alimentation. On a trouvé dans la marge périglaciaire du glacier de Forno des fragments de tourbe comprimée caractérisant des horizons bien délimités. Ils complètent les trouvailles de bois du glacier de Tschierva



Le glacier de Forno et son environnement actuel aux caractéristiques très «alpines» (prise de vue d'août 1991). Pendant les périodes d'extension glaciaire nettement réduite par rapport à aujourd'hui, ce paysage se présentait sous une teinte beaucoup plus verte, des zones marécageuses occupant alors le désert de pierre de la marge périglaciaire, et même l'emplacement maintenant occupé par le glacier. C'est dans ces marais que la tourbe s'est formée