

*Konrad Wiche \**

*Wienne*

## LE PERIGLACIAIRE DANS LE KARAKORUM DE L'OUEST

### Sommaire

Les explorations furent effectuées au cours de l'expédition autrichienne du Karakorum en 1958, dans la région du Haramosh (7 400 m, Saltoro Karakorum) et du Ladakh Karakorum de même que dans les vallées des fleuves Gilgit et Indus.

Dans la zone périglaciaire du Karakorum, pendant les époques glaciaires, la désagrégation physique et la dénudation étaient très fortes sous l'influence de la gelée. Voilà pourquoi une grève littée épaisse et fortement cimentée de débris de solifluction s'accroche sur de nombreux versants. Or, sous la zone de solifluction, le ruissellement agissait seul mais dans une mesure beaucoup plus prononcée qu'à présent. Dans les étages inférieurs du Karakorum, les époques glaciaires pléistocènes étaient en même temps des époques pluviales. Par suite à la décomposition accrue des roches, à la solifluction et au ruissellement, les vallées furent remplies de puissantes accumulations, découpées en terrasses durant les époques interpluviales. On constata donc la présence de 3 accumulations quaternaires que l'on compare ensuite avec celles de Würm, Riss et Mindel. L'accumulation pléistocène la plus ancienne atteint une épaisseur de plus de 800 m. Elle fut la cause de nombreux déplacements extraordinaires des fleuves (vallées épigéniques), car les vallées avaient atteint leur profondeur actuelle par suite à l'érosion dès avant la formation de l'accumulation Mindel.

Quant aux formes périglaciaires récentes, elles ne se manifestent qu'à partir de 3 000 m d'altitude. On n'a pas identifié de sols striés mais des escaliers de gazon, du thufur et de très nombreuses langues d'éboulis glissant sur le fond des cirques. Dans toutes ces formes, la pénétration du sol avec l'eau de fonte de neige joue un rôle considérable.

Ces pages contiennent une partie des résultats scientifiques de l'expédition autrichienne du Karakorum de 1958 à laquelle j'ai participé en tant que géographe.

La région explorée est située au Karakorum du Nord-Ouest qui appartient à la zone de convergence où viennent se rencontrer les montagnes les plus hautes du monde: le Pamir, le Hindukush, le Kun-lun, le Karakorum et enfin le Karakorum du Nord-Ouest. A l'exception du Pamir et du Kun-lun, ces régions sont drainées par l'Indus qui prend sa source au Tibet et qui traverse les chaînes ou plutôt les perce en vallées longitudinales et transversales. Les changements de direction assez frappants de l'Indus sont dus à des facteurs d'ordre tectonique. Les plus grands affluents de l'Indus dans la région de montagnes sont le Shyok et le Gilgit River.

Les études ont été effectuées dans les montagnes suivantes: au Saltoro-Karakorum ou Rakaposhi Range, dans les vallées situées entre Dobani et Haramosh (7 400 m); à l'Indus et au Gilgit River sur un parcours de 150 km; au Gilgit Karakorum ou chaîne Ladakh occidentale, où les alti-

\* Geographisches Institut, Universität Wien, Wien, Österreich.

Konrad Wiche \*

Wienne

## LE PERIGLACIAIRE DANS LE KARAKORUM DE L'OUEST

### Sommaire

Les explorations furent effectuées au cours de l'expédition autrichienne du Karakorum en 1958, dans la région du Haramosh (7 400 m, Saltoro Karakorum) et du Ladakh Karakorum de même que dans les vallées des fleuves Gilgit et Indus.

Dans la zone périglaciaire du Karakorum, pendant les époques glaciaires, la désagrégation physique et la dénudation étaient très fortes sous l'influence de la gelée. Voilà pourquoi une grèze littée épaisse et fortement cimentée de débris de solifluction s'accroche sur de nombreux versants. Or, sous la zone de solifluction, le ruissellement agissait seul mais dans une mesure beaucoup plus prononcée qu'à présent. Dans les étages inférieurs du Karakorum, les époques glaciaires pléistocènes étaient en même temps des époques pluviales. Par suite à la décomposition accrue des roches, à la solifluction et au ruissellement, les vallées furent remplies de puissantes accumulations, découpées en terrasses durant les époques interpluviales. On constata donc la présence de 3 accumulations quaternaires que l'on compara ensuite avec celles de Würm, Riss et Mindel. L'accumulation pléistocène la plus ancienne atteint une épaisseur de plus de 800 m. Elle fut la cause de nombreux déplacements extraordinaires des fleuves (vallées épigéniques), car les vallées avaient atteint leur profondeur actuelle par suite à l'érosion dès avant la formation de l'accumulation Mindel.

Quant aux formes périglaciaires récentes, elles ne se manifestent qu'à partir de 3 000 m d'altitude. On n'a pas identifié de sols striés mais des escaliers de gazon, du thufur et de très nombreuses langues d'éboulis glissant sur le fond des cirques. Dans toutes ces formes, la pénétration du sol avec l'eau de fonte de neige joue un rôle considérable.

Ces pages contiennent une partie des résultats scientifiques de l'expédition autrichienne du Karakorum de 1958 à laquelle j'ai participé en tant que géographe.

La région explorée est située au Karakorum du Nord-Ouest qui appartient à la zone de convergence où viennent se rencontrer les montagnes les plus hautes du monde: le Pamir, le Hindukush, le Kun-lun, le Karakorum et enfin le Karakorum du Nord-Ouest. A l'exception du Pamir et du Kun-lun, ces régions sont drainées par l'Indus qui prend sa source au Tibet et qui traverse les chaînes ou plutôt les perce en vallées longitudinales et transversales. Les changements de direction assez frappants de l'Indus sont dus à des facteurs d'ordre tectonique. Les plus grands affluents de l'Indus dans la région de montagnes sont le Shyok et le Gilgit River.

Les études ont été effectuées dans les montagnes suivantes: au Saltoro-Karakorum ou Rakaposhi Range, dans les vallées situées entre Dobani et Haramosh (7 400 m); à l'Indus et au Gilgit River sur un parcours de 150 km; au Gilgit Karakorum ou chaîne Ladakh occidentale, où les alti-

\* Geographisches Institut, Universität Wien, Wien, Österreich.

Dans la zone des éboulis d'éclatement l'on peut distinguer une autre forme de solifluction que l'on rencontre notamment dans l'ouest du Ladakh-Karakorum dont la surface est tertiaire et qui, à l'heure actuelle, est presque totalement dépourvu de glaciers en raison de sa faible altitude. Les pentes qui s'élèvent à des altitudes supérieures à 4 000 m sont entièrement recouvertes d'éboulis d'éclatement généralement de grand calibre. Ces éboulis descendent les pentes sous forme de langues de solifluction, de coulées de pierres. Il faut considérer toutefois que ce genre de solifluction n'est point l'apanage des seules pentes raides; tout au contraire, il se manifeste également sur des pentes douces. Ainsi des langues voûtées de solifluction s'avancent sur les fonds de cirques tout en poussant devant elles le gazon à la manière des glaciers déplaçant les moraines. A part la poussée de gel, il y a encore un autre facteur extrêmement important pour le déplacement des éboulis, à savoir le ruissellement nival. Jusqu'au mois d'août, la neige se conserve par petites plaques. Les déplacements dus à la solifluction se produisent sur un sol en place assez puissant, rouge dans la plupart des cas. Généralement, on constate que la décomposition périglaciaire des roches de même que la dénudation périglaciaire participent dans une large mesure au façonnement des montagnes de plus de 3 500 m du Karakorum.

Quant aux processus périglaciaires, leur portée était plus grande aux époques glaciaires quaternaires qu'à l'heure actuelle. Afin de pouvoir apprécier justement ce fait, il faut insister sur l'importance des glaciers quaternaires au Karakorum. Les phrases suivantes se rapportent au glacier de Mani dans le groupe Hamarosh (photo 1). Ce glacier est caractéristique pour les chaînes de grande altitude du Karakorum. Sa longueur est de 9 km, il s'étend entre les altitudes de 2 600 et 3 500 m sans comprendre toutefois l'ensemble de la vallée. A droite, il se termine par une très longue moraine, tandis que l'escarpement du Hamarosh dont l'altitude dépasse 4 000 m s'élève à gauche, vers le nord. Le glacier est entièrement situé au-dessous de la ligne des neiges que l'on peut estimer à 5 000 m. Abstraction faite de certains glaciers suspendus de moindre envergure sur l'escarpement du Hamarosh, le Mani est alimenté uniquement par des avalanches. Il ne dispose d'aucune aire d'alimentation de névé et l'on peut dire qu'il aurait fondu depuis longtemps sans les apports constants de neige et de névé par les avalanches. Il appartient à ce genre de glaciers qui nous ont été décrits par R. v. Klebelsberg (1948) pour le Turkestan. Dans les Alpes, de tels glaciers ne se manifestent point.

La situation n'était guère différente durant l'époque glaciaire. Selon mes calculs et selon ceux d'autres auteurs (K. Paffen, W. Pillewizer, H. J. Schneider 1956), la dépression de la ligne des neiges du Karakorum

du Nord-Ouest était de 1 000 m environ à l'époque glaciaire, alors que la ligne des neiges se situait à 4 000 m à peu près. Cela revient à dire que le glacier se trouvait alors également dans la région d'ablation et qu'il n'était alimenté que par les avalanches. Il ne comprenait pas non plus l'ensemble de la vallée et il se terminait par la même moraine latérale qu'à notre époque. Pourtant, il avait 150 m de plus et il était traversé par quelques glaciers suspendus qui s'étendaient presque jusqu'à la pente droite de la vallée. Les guirlandes de moraines, dont une forme actuellement un lac, permettent de reconstituer l'étendue de ces glaciers suspendus.

Ce qui constitue la différence entre le Karakorum et les Alpes, c'est la faible importance des glaciers pléistocènes. En moyenne, les glaciers n'étaient que de 30 à 50% plus longs qu'à l'heure actuelle. Lors du Pléistocène, aucun des glaciers du groupe Hamarosh n'arrivait jusqu'à l'Indus.

Ce n'est que dans les chaînes du Karakorum, où se sont maintenus les restes d'une surface tertiaire, que la glaciation pléistocène fut plus importante. L'on y rencontre des cirques et des vallées en auges tout comme dans les Alpes. Mais il faut ajouter que c'est justement dans les chaînes les plus élevées que de telles formes sont rares, voire inexistantes.

Il faut noter la présence dans les vallées du Karakorum de plusieurs complexes d'accumulations, qui ne peuvent appartenir qu'au Pléistocène. La possibilité d'expliquer la présence de ces accumulations par les seules actions fluvio-glaciaires est encore plus réduite que dans les Alpes. Ce sont plutôt des processus périglaciaires qui ont largement participé à leur genèse.

Ces accumulations se manifestent comme terrasses dans toutes les vallées qui étaient libres de glaciers pendant le Quaternaire. Il y a plusieurs terrasses de ce type, dont nous allons étudier deux. La surface de la terrasse inférieure se situe à 100 m, celle de la terrasse supérieure à 200 m au-dessus des fleuves. Voici l'analyse de l'articulation des accumulations de la terrasse supérieure de l'Indus (photo 2): Au-dessus d'éboulis de grand calibre, il y a une couche de 20 m environ d'argiles finement stratifiées comprenant également des sables. Puis on distingue une couche de 30 m de cailloux assez bien roulés et consolidés mais dont la stratification n'est pas très visible. Les derniers 50 à 55 m se composent d'éboulis anguleux, non stratifiés ni consolidés. Il n'est pas rare que l'on y trouve des blocs de taille énorme. La partie supérieure et non stratifiée de l'accumulation provient des pentes voisines — ce que l'on peut constater aisément par l'étude de la composition et de la couleur de l'accumulation. Quant à la partie inférieure et stratifiée de l'accumulation, il s'agit d'un dépôt fluvial de l'Indus.

Quant à la grande quantité d'éboulis local des versants, c'est une des

caractéristiques les plus frappantes de la composition des accumulations des vallées. Souvent, les accumulations des vallées se terminent latéralement par des brèches de versants. Cela correspond exactement aux constatations de la Commission Périglaciaire de l'UGI qui s'est réunie l'année passée, constatations se rapportant aux montagnes du Maroc. Les deux genres de dépôts, les accumulations des vallées aussi bien que les brèches des versants, sont découpées actuellement; il s'agit donc de formes fossiles. La formation des couvertures d'éboulis suppose une désagrégation mécanique plus prononcée aux pentes que celle que l'on peut constater par notre climat actuel. Nous avons tout lieu de supposer qu'une forte désagrégation mécanique s'est manifestée également aux pentes des chaînes moins élevées du Karakorum lors des époques glaciaires, du fait que la dépression de la ligne des neiges devait s'accompagner forcément d'une dépression de la zone périglaciaire. Probablement, la limite inférieure de la zone périglaciaire se situait à 2 500 m, c'est-à-dire à 1 000 m au-dessous de la limite actuelle, et ceci par analogie à la dépression de la limite des neiges. Ainsi l'on comprend aisément la forte désagrégation mécanique, notamment par les actions de gel. Certainement le gel a joué un rôle considérable en ce qui est du transport des éboulis des pentes vers les vallées. C'était là ce que nous appelons la solifluction pléistocène. Pourtant, il n'est point possible, à mon avis, d'expliquer par la seule solifluction la présence des dépôts énormes d'éboulis des pentes dans les vallées. A bien des endroits des vallées de l'Indus et du Gilgit River, les éboulis périglaciaires provenant des pentes atteignent plus de 50 m. Je crois pouvoir en déduire que les masses d'éboulis ont été transportées des pentes dans les vallées non seulement par la solifluction mais également et surtout par l'effet du ruissellement. Cela exige des précipitations atmosphériques considérables qui ne se produisent plus à l'heure actuelle: au fond des vallées, le niveau des pluies n'atteint que 120 à 200 mm par an. J'en arrive à la conclusion que le climat des vallées du Karakorum, au moins dans leurs parties inférieures, devait être plus humide aux époques glaciaires que de nos jours. Autrement dit: au Karakorum, les époques glaciaires étaient en même temps des époques pluviales, comme c'est le cas pour les autres montagnes appartenant à la zone climatique semi-aride.

Il y a encore d'autres formes communes du Karakorum et des montagnes de la zone semi-aride, formes caractéristiques, elles aussi pour la zone périglaciaire. Je pense aux pentes lissées et totalement indépendantes des roches et de leur stratification (photo 3). J'ai eu l'occasion de noter à plusieurs reprises ces mêmes pentes lissées dans le Haut-Atlas du Maroc (K. Wiche 1953). Sur ces pentes l'on trouve souvent des

restes de brèches, d'éboulis de solifluction consolidés. Le polissage des pentes est dû à l'érosion en surface par les éboulis périglaciaires transportés le long des pentes au cours des époques glaciaires par la solifluction et le ruissellement.

Etant donné que les éboulis périglaciaires des époques glaciaires participent dans une mesure considérable à la composition des accumulations des vallées, il paraît tout à fait justifiable de classer celles-ci parmi les phénomènes des époques glaciaires. J'ai donc rangé la terrasse des accumulations dont la surface se situe à 100 m au-dessus des fleuves parmi les formations appartenant à la dernière époque glaciaire (Würm) et la terrasse située 200 m parmi celles de l'avant-dernière époque glaciaire (Riss). A part cela, il y a encore dans les vallées du Karakorum les restes d'une très ancienne accumulation faisant partie des époques Mindel ou Günz. Cette accumulation atteint l'épaisseur tout à fait extraordinaire de 1 000 m et se compose surtout de cailloux roulés et stratifiés ainsi que de sables, donc de matériaux fluviaux.

Il faut souligner le fait que toutes les accumulations périglaciaires ont été déposées dans des vallées qui alors étaient déjà aussi profondément découpées que de nos jours. Or, ces accumulations eurent des conséquences considérables sur le développement des profils en travers des vallées. C'est surtout le dépôt le plus ancien qui fut à la base de nombreux et importants déplacements épigéniques des fleuves du fait que les fleuves coulant sur la surface des accumulations furent souvent déplacés latéralement pour former de nouvelles vallées dans le soubassement du nouveau creusement. Ainsi se formèrent des vallées étroites, des gorges et des cañons. Presque immédiatement après l'embouchure du Hunza River, la vallée du Gilgit nous fournit un exemple parfait d'un récent déplacement de fleuve (K. Wiche 1960). Sur le versant gauche de la vallée il y a des restes considérables de la plus ancienne accumulation pléistocène allant de 1 500 à 2 000 m. Elle emplit une vallée très profonde et très ancienne. Sur le versant de la vallée actuelle du Gilgit, l'on peut constater aisément la limite entre l'accumulation pléistocène et le rocher. Avant la formation de l'accumulation, le Gilgit River coulait à gauche de la vallée actuelle. Puis l'ancienne vallée se remplit d'éboulis et de sables sur un parcours de 1 000 m. Le Gilgit River changea son cours sur la surface de l'accumulation pour trouver enfin sa vallée actuelle lors d'un creusement ultérieur.

Dans le Karakorum il y a des vallées où ont eu lieu plusieurs déplacements épigéniques des fleuves selon le nombre des accumulations pléistocènes. Il convient de citer comme exemple Kargah Nala, vallée latérale de la vallée du Gilgit. Dans partie inférieure, elle constitue une gorge

étroite d'une profondeur de 700 à 800 m. Une partie de cette gorge se voit sur l'image (photo 4). Au-dessus, l'ancien versant de la vallée dont on a déjà enlevé les accumulations s'est conservé du côté droit. A gauche, les accumulations existent toujours et l'on distingue facilement la limite qui les sépare du rocher. Il s'agit là de la plus ancienne accumulation pléistocène d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. Le fond de l'ancienne vallée atteint presque celui de la vallée actuelle. En outre, il y eut plusieurs déplacements de fleuves dus aux accumulations périglaciaires de date moins reculée (Würm et Riss). On peut voir également des cañons remplis d'éboulis périglaciaires et les restes des anciens versants des vallées.

A titre de résumé j'aimerais insister encore une fois sur les faits suivants. Il existe une grande différence entre les glaciers du Karakorum et ceux des Alpes. La plupart des glaciers du Karakorum n'ont pas d'aire d'alimentation de névé; ils sont alimentés uniquement par des avalanches. Voilà pourquoi les glaciers n'étaient pas beaucoup plus puissants aux époques glaciaires qu'à l'heure actuelle. En outre, il n'est pas possible de mettre les terrasses des accumulations en rapport avec les moraines, ce qui est possible par contre pour l'avant-pays des Alpes. La grande étendue de la zone périglaciaire durant les époques glaciaires du Pléistocène dans le Karakorum par contre, a été très importante. La limite inférieure de la zone périglaciaire se situait à 2 500 m environ, c'est à dire à 1 000 m au-dessous de la limite actuelle. Ce fut la cause de l'importante création d'éboulis transportés dans les vallées par l'action de la solifluction et du ruissellement pour y former de puissantes accumulations. Il est permis de supposer que les précipitations atmosphériques dans les régions inférieures des vallées du Karakorum étaient plus importantes aux époques glaciaires du Quaternaire qu'à l'heure actuelle, que les époques glaciaires étaient donc en même temps des époques pluviales. Ainsi, les accumulations périglaciaires des vallées eurent des conséquences morphologiques considérables, du fait qu'elles furent la cause de bien des déplacements épigéniques des fleuves et de la formation de nombreuses gorges caractéristiques pour le Karakorum.

#### Bibliographie

- Klebelsberg, R. 1948 — Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. Wien.  
Paffen, K., Pillewizer, W., Schneider, H. J. 1956 — Forschungen im Hunza-Karakorum. *Erdkunde*, Bd. 10.  
Troll, C. 1944 — Strukturböden, Solifluktion und Frostklimate der Erde. *Geol. Rundschau*, Bd. 34.

- Wiche, K. 1953 — Pleistozäne Klimazeugen in den Alpen und im Hohen Atlas. *Mitt. Geogr. Ges. Wien*, Bd. 95.
- Wiche, K. 1958 — Die? Österreichische Karakorum-Expedition 1958. *Mitt. Geogr. Ges. Wien*, Bd. 100.
- Wiche, K. 1960 — Klimamorphologische Untersuchungen im westlichen Karakorum. *Deutscher Geographentag Berlin. Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandl.*, Wiesbaden.



Photo 1. Le glacier de Mani dans le Karakorum du Nord-Ouest (groupe Haramosh)



Photo 2. Les accumulations de la terrasse supérieure (Riss) de l'Indus près de Sassi



Photo 3. Pente lissée près de Gilgit dans le Karakorum du Nord-Ouest. Au pied de la pente on voit des éboulis périglaciaires consolidés (brèches)



Photo 4. Le Kargah Nala près de Gilgit. A gauche de la gorge on voit la limite entre les accumulations pléistocènes (Günz ou Mindel) et le rocher. Au-dessus, l'ancien versant de la vallée dont les accumulations sont déjà enlevées s'est conservé du côté droit. Au-dessous on voit un cañon remplis d'éboulis périglaciaires (Riss)