

*Jean Dresch**

Paris

OBSERVATIONS SUR LES FORMES GLACIAIRES ET PERIGLACIAIRES DU BALLON D'ALSACE VOSGES—FRANCE)**

Les formes du Ballon d'Alsace résultent de la conservation de lambeaux de hautes surfaces, posthercynienne et éogène, d'un important rajeunissement et creusement néogène et quaternaire que l'on a voulu morceler en une série de cycles ou d'épicycles d'érosion en utilisant les ruptures des profils en long et en travers, enfin de l'action des glaciers locaux. Ceux-ci ont abandonné des moraines externes vers le débouché des vallées alsaciennes (Doller) et méridionales (Savoureuse, Ognon), des moraines moyennes et internes, de mieux en mieux conservées, vers l'amont. En réalité, le modelé est très complexe et ne saurait s'expliquer seulement par des retouches glaciaires à un modelé d'érosion fluviale cyclique.

Malgré la vigueur de l'érosion linéaire, la profondeur et la forte pente des vallées qui divergent du Ballon d'Alsace (1 247 m) vers l'Alsace (375 m au débouché de la Doller) ou vers le seuil de Belfort (460 m au débouché de la Savoureuse à Giromagny), la roche en place apparaît rarement. Elle n'affleure guère qu'à la base des versants, sur les flancs d'auge glaciaire quand celle-ci est rétrécie ou coupée par un verrou, ou vers le haut des versants au flanc des cirques glaciaires qui ourlent les crêtes arrondies ou plates, souvent horizontales. Ces affleurements sont très discontinus, de surface réduite, en pente douce quand il s'agit de roches moutonnées, ou très forte quand ils sont des escarpments. Très généralement, les versants d'auge ou de cirques dont les pentes sont pourtant très redressées, entre 30° et 40°, sont couverts de dépôts, arènes et blocailles de calibre variable.

La présence de ces produits d'altération des roches a été signalée notamment sur les hautes chaumes et les surfaces culminantes. Mais il semble que son importance ait été sous-estimée et que, par suite, l'utilisation systématique des croupes et replats des versants pour reconstituer l'évolution cyclique des vallées conduise à des précisions illusoire. La roche est partout fissurée et désagrégée, et aussi plus ou moins altérée. Il s'agit d'un granite rose, monzonitique, à gros cristaux de feldspath microcline

* Institut de Géographie, 191, rue St. Jacques, Paris V^e, France.

** Communication reçue après le Congrès de Stockholm.

réseau de cassures qui se recoupent en tous sens. Les fentes traversent souvent plusieurs cristaux contigus et les cristaux de quartz sont aussi fissurés que ceux de feldspath. Or la roche n'est pas écrasée car les quartz ont une extinction roulante nulle ou peu marquée, les fentes sont aussi fréquentes dans le quartz que dans le feldspath et les cassures ne suivent pas de manière préférentielle les traînées d'inclusions, pourtant très abondantes dans le quartz. Quant à l'altération, elle affecte les feldspaths potassique ou plagioclase, séricitisés, surtout les seconds; la biotite est en grande partie déferritisée et chloritisée; l'amphibole est également épigénisée en chlorite, au point de disparaître et de n'être plus reconnaissable que par ses contours cristallographiques. Cette altération est plus ou moins poussée mais est générale sur les échantillons pris sur des blocs ou en affleurement.

Cette fissuration et cette altération de la roche se poursuivent actuellement: les roches moutonnées de la dernière glaciation sont superficiellement altérées et les feldspaths parfois légèrement mis en relief, les stries glaciaires deviennent méconnaissables là où la roche n'a pas été récemment dénudée. Le climat actuel est caractérisé par des températures douces, oscillant autour de 0° pendant la plus grande partie de l'année. Le gel n'est rare ou absent que pendant quatre mois, mais les températures inférieures à -15 ou -20 sont assez exceptionnelles et les basses températures ne se maintiennent pas longtemps. Aussi la couverture de neige est-elle irrégulière dans le temps et l'espace, et la saison froide est caractérisée par des enneigements successifs séparés par des périodes de fonte: il peut neiger dès la fin de Septembre et jusqu'au début de Juillet. En outre, les Vosges méridionales sont une des régions les plus humides de France. Les précipitations dépassent 2 m et peuvent approcher 3 m, sont de deux à trois fois supérieures aux précipitations du seuil de Belfort et de la haute plaine d'Alsace, pourtant distants de 15 à 30 kilomètres seulement. Et ces précipitations se répartissent sur tous les mois de l'année. Juillet est un des mois les plus humides. Ainsi s'explique que la flore soit relativement pauvre, notamment en espèces alpines, et que le hêtre, le sapin et l'épicéa se mélangent sans s'étager, à l'inverse de ce que l'on observe dans le Jura franc-comtois. Le hêtre a même tendance à constituer l'espèce culminante et reconquiert les hautes chaumes abandonnées mieux que le sapin qui semble se plaire plutôt entre 1 100 et 500 m. Le hêtre supporte mieux le vent et l'humidité et semble préférer les versants les plus arrosés et les adrets.

Mais cette couverture de débris et des forêt rend actuellement l'érosion très peu efficace. Même au cours des plus grosses pluies, les eaux des torrents restent claires ou sont à peine brunies par l'humus, les seuils

rocheux ne sont pas attaqués par elles et la gélifraction ne fournit plus de débris qu'au pied même des escarpements. Les éboulis sont généralement figés, les blocs sont couverts de mousse et la plupart des pierriers sont voilés par la forêt. La perte de substance doit être surtout chimique. Une analyse méthodique des eaux permettra seule de le vérifier.

Les processus actuels ne semblent donc être qu'un écho affaibli des processus prépondérants lors de la dernière période froide et surtout de la fin de cette période, un tardiglaciaire, puisque les débris recouvrent toutes les formes d'érosion fluviale ou glaciaire.

Certes, en contrebas des surfaces, des hautes chaumes ou des crêtes principales, initialement sans doute surface infratriasique et oligocène, mais qui ont continué à évoluer en surface de dégradation lente, l'érosion glaciaire explique les formes principales. L'auge de la haute Doller est typique, plus que celles des vallées du versant Sud, ou même de la haute Moselle, parce qu'elle dut être favorisée par une suralimentation neigeuse à partir des hautes chaumes du Ballon d'Alsace: les épaulements au sommet des éperons tronqués de confluence permettent d'estimer l'épaisseur de l'ancien glacier, 250 à 300 m. La glace comblait ainsi la vallée de la haute Doller à peu près jusqu'au niveau des neiges persistantes, au moment du maximum de la glaciation würmienne, niveau estimé jadis à 790—800 m par L. Meyer², en réalité peut-être plus proche de 850 m. C'est à ce niveau que restent suspendus les cirques fermés par des croupes de roches moutonnées comme celui du Wasserfall au-dessus du réservoir de l'Alfeld. Les cirques les plus typiques sont en effet situés soit au fond, soit sur la rive gauche des vallées alsaciennes, orientés vers l'Est et le Sud-Est, parce que la neige devait y être accumulée sous le vent. L'orientation vers le Nord-Est était en somme moins favorable et les cirques sont moins nombreux et moins bien développées dans cette direction. Dans les vallées orientées vers le Sud, la limite des neiges semble avoir été plus élevée, vers 900 m, et les versants droits, orientés vers l'Est ont été beaucoup mieux enneigés que les versants gauches. Des cirques orientés vers le Sud-Ouest sont exceptionnels et n'existent qu'au-dessus de 1 000 m.

Ces formes d'érosion majeures sont compliquées dans les sections supérieures des versants par des formes de retrait: cirques embryonnaires embôités au-dessus des cirques principaux, cirques de nivation évasés et occupés par des tourbières, *les fagnes* — gouttières fréquemment allongées en contrebas des crêtes, entre 1 000 et 1 100 m, là où les orientations sont favorables soit à une suralimentation nivale, vers l'E. et le S-E., soit

² Les Vosges méridionales à l'époque glaciaire. Colmar, 1913. cf. aussi: C. Sittig — Topographie préglaciaire et topographie glaciaire dans les Vosges alsaciennes du Sud. *Annales de Géographie*, 1933, p. 248—265.

à une conservation de la neige à l'ombre, vers le N. Actuellement encore, des corniches neigeuses sont fréquentes jusqu'au printemps, sur les crêtes face à l'E. et au S-E. et les plaques de neige se maintiennent le plus longtemps face au N. et au N-E. Dans les phases de retrait, des névés ont dû persister dans les mêmes positions. Enfin, sur les hautes croupes interfluves, vers les mêmes altitudes, sont fréquentes des cuvettes fermées, souvent orientées comme les diaclases majeures (SW—NE) qui peuvent constituer un versant escarpé et rectiligne. Elles sont occupées par des tourbières ou des prairies sur sols hydromorphes que la forêt ne peut coloniser. Ce sont des cuvettes de nivation.

Mais ces formes de nivation sont généralement empâtées par des dépôts qui les fossilisent et peuvent être interprétés comme des dépôts d'accumulation glaciaire ou périglaciaire. Des moraines ne s'observent que dans les sections inférieures des vallées principales et les plus nettes sont les moraines terminales. Les auges sont en outre accusées par le remblaiement de leur fond, surtout dans les ombilics, particulièrement larges aux confluences, et en amont des barrages morainiques, par des moraines de fond recouvertes de dépôts fluvio-glaciaires ou torrentiels. Mais dans les vallées affluentes et sur les versants, des dépôts glaciaires sont rares et peu caractéristiques. En contrebas de croupes régulières, les glaciers devaient être peu chargés. Les dépôts qui empâtent les versants sont des arènes, épaisses parfois de plusieurs mètres, qui expliquent la régularité des pentes, même quand elles dépassent 30°. Elles sont constamment humides. Elles sont recouvertes de sols bruns forestiers dont l'horizon B, peu lessivé, enrichi en argile, est peu distinct de l'horizon A, épais, rendu très cohérent par un réseau de radicules et protégé par un horizon A₀ continu, surtout sous les hêtres. Sans doute le ruissellement superficiel, diffus ou en nappe, le gel et les pipkrakes, la chute des gouttes d'eau ou le travail des animaux, déplacent la litière, classent les débris sur des pentes de 15°. Mais ces remaniements ne sont très actifs qu'au-dessus d'une pente limite d'au moins 35°. Alors seulement des rigoles apparaissent et l'horizon A est attaqué au point que des cristaux de l'arène apparaissent en surface. Le passage de la roche altérée à l'arène s'observe dans les coupes, rares. A la base, l'arène résulte bien d'une désagrégation et d'une altération in situ, les éléments colloïdaux ne sont que très partiellement entraînés, la biotite y est très rare, les granules d'oxyde de fer par contre sont abondants, les cristaux de quartz et de feldspath souvent dissociés. Aucun classement, aucune stratification n'indique un transport par ruissellement. On constate seulement que l'arène est plus argileuse vers le haut où se produit un enrichissement illuvial en argile et où des remaniements par solifluction se sont produits. Il s'en produit encore, accélérés localement par des arra-

chements, provoqués par la chute d'un arbre, mais du moins révélés par la torsion des arbres jeunes dans le sens de la pente et par la disposition des racines. L'analyse des argiles des sols et de l'arène, peut-être des analyses palynologiques, permettront, il faut l'espérer, de préciser les conditions paléogéographiques de l'évolution des versants.

Les versants réguliers d'arène sont fréquemment interrompus par des pierriers dont la pente est généralement plus faible. Ils sont de types variés. Des éboulis s'observent au pied d'escarpements. Les uns sont fixés, on l'a vu, et, sous la forêt, forment des chaos de blocs de gros calibre, supérieur au m³. Les autres ne sont fonctionnels que dans leur section supérieure quand la gélifraction attaque encore l'escarpement assez dégagé et fissuré, progressivement enseveli à sa base par des blocailles dont le calibre diminue du bas vers le haut. Les processus périglaciaires actuels, atténués, contribuent ainsi à fossiliser les formes d'érosion glaciaire. Mais les pierriers ne sont pas toujours en contrebas d'escarpements. Certes, on peut supposer que les affleurements rocheux ont été complètement désagrégés et que leurs débris sont demeurés sur place. C'est là vraisemblablement un cas fréquent. Mais d'autres pierriers ont d'autres origines. La densité des diaclases, dont le réseau a souvent une orientation transversale par rapport à la direction du mouvement de la glace (cirques orientés vers l'E. et le S-E. et diaclases SW—NE) a favorisé le débitage de la roche, fréquemment visible sur le versant aval des croupes moutonnées. La gélifraction des escarpements a fourni des débris qui ont glissé sur les névés situés à leur base et se sont accumulés en aval ou les ont recouverts. Nombre de cirques glaciaires des versants orientés vers le N. sont ainsi comblés par des blocailles d'énorme calibre. Les blocailles peuvent avoir la forme arquée de moraines de cirques ou de névés. Ce sont là formes de retrait ou tradiglaciaires que l'on n'observe que dans les sections supérieures des versants, fermant parfois des cuvettes de nivation. Des pierriers d'énormes blocs peuvent être enfin de vrais anciens glaciers résiduels recouverts par des débris.

Du moins des escarpements de roche en place étaient-ils nécessaires à l'origine de ces chaos de pierres. Ils n'ont jamais dû être très importants puisque la régularité, la largeur ou, du moins, la rondeur des crêtes résultent de la conservation de surfaces d'aplanissement. Les glaciers installés dans des vallées sans cesse rajeunies ont accusé les inégalités des versants, ici augmentant les pentes, là, au contraire, élargissant les replats. Mais, dans la période de retrait, et, en dernière analyse, pendant le tardiglaciaire, les processus périglaciaires dominaient à nouveau et ont contribué à arrondir les formes, ensevelir les versants, estompant et fossilisant tant les formes d'érosion fluviale que les formes d'érosion glaciaire.