

PIERRE BOUT *
Clermont-Ferrand

ACTION DU GEL INTENSE SUR LES BASALTES

Résumé de l'auteur

Il est d'abord question de la gélivation des basaltes: expériences en Laboratoire puis observations sur le terrain en Islande et ailleurs. En Islande, les conditions climatiques sont favorables à la formation de coins de glace qui, à la faveur des diaclases, provoquent le démantèlement des amples coulées de basalte. C'est également par le biais des coins de glace que sont apparus, au Würm, au front des vieilles coulées de basalte d'Auvergne et du Velay, les abris sous roche qui recèlent sous leurs encorbellements, des industries et des faunes du Paléolithique moyen et supérieur. Enfin un type de débitage par éclats superficiels, observé à la fois dans les abris würmiens de la Haute-Loire et sur des basaltes islandais relève d'oscillations thermiques dans une gamme froide.

Des expériences ont été entreprises au Centre de Géomorphologie de Caen (France) sur le comportement de basaltes auvergnats soumis à l'action du gel (KIEFFER et LAUTRIDOU, 1971). De petite taille, les échantillons de lave saine furent soumis à une série d'opérations: Choc thermique comportant une dessiccation préalable à 50°C pendant 8 jours, une immersion dans l'eau distillée pendant 48 heures puis un gel à -30°C pendant 24 heures. Vinrent ensuite des cycles gel-dégel ménageant un contraste thermique brutal; les échantillons passant en quelques secondes de +20°C à -30°C et demeurant pendant 24 heures en chambre froide à cette basse température. Le dégel fut aussi brutal; la température remontant rapidement de -30° à +20° et restant stable à 20°C pendant 24 heures. Ce genre d'alternances — cycles — a été reproduit 130 fois. Des échantillons pesant de 800 à 2000 g ont fourni, selon la variété de basalte étudiée (pâte vitreuse, pâte microcristalline, texture doléritique) de 0 à 2 g de menus débris. Un complément d'expériences variées, précédé d'essais sur la porosité a alors été entrepris: gel progressif jusqu'à -30°C et retour également progressif jusqu'à -20°C. La première opération durait 28 heures et la seconde 20 heures. Le pourcentage de débris obtenu s'est tenu le plus souvent à 0 mais il a atteint entre 0,2 et 0,78% pour quelques échantillons soumis à 200 cycles et 0 à 1% pour 300 cycles. Qu'il s'agisse de choc thermique ou de gel progressif, les basaltes s'avèrent donc peu gélifs.

Il va sans dire que les conditions expérimentales qui viennent d'être rapportées sont très différentes de celles qu'infligent les conditions naturelles aux roches basaltiques des pays réputés froids. Cependant, G. KIEFFER et J. P. LAUTRIDOU précisent que „... les échantillons prélevés étaient pour la plupart dépourvus de diaclases. Ces dernières se révèlent très abondantes à l'échelle d'une coulée....

* 27 Cottages des Paulines, 6 300 — Clermont-Ferrand, France.

la libération de blocs dont elles déterminent la forme mais manquent. Elles permettent au sein de ces blocs.... Ensuite, les blocs résistent bien à la fragmentation, en attendant que l'altération physico-chimique crée de nouvelles fissures, "ce qui demande apparemment longtemps..."

En fait, et nous allons le prouver pour les basaltes islandais, ce n'est point l'altération physico-chimique qui crée de nouvelles fissures au sein des blocs isolés par les diaclases originelles, mais bien l'action compressive des coins de glace qui s'installent dans celles-ci. Précisons que l'aire que nous avons prospectée (BOUT, *et al.*, 1955) se situe dans la région nord-centrale de l'Islande, à 10 km au N de l'Hofsjökull, aux environs de la hutte du Laugafell ($65^{\circ}02'$ lat. N, $18^{\circ}18'$ long. W, alt. 730 m). Les conditions climatiques de ce secteur ont été dégagées par P. CH. PÉGUY (1955). Limitées à l'été 1954 mais étayées par des observations synchrones effectuées à Akureyri, la station météorologique la plus proche, P. CH. PÉGUY les considère „comme pleinement représentatives des conditions climatiques normales pour l'Islande du Nord”.

Le vent est quasiment constant. Un jour sur deux, il dépasse 7 m/seconde. Quant aux températures, pour deux mois d'observation du 16 juin au 21 août, la moyenne s'est établie à 5°C . La moyenne annuelle serait de l'ordre de -1°C . La moyenne de l'humidité relative de l'atmosphère entre 6^{h} et 18^{h} a été évaluée à 82%. Elle est maximum à 6 heures — 92%. Quant aux précipitations, elles sont plus importantes qu'on pourrait le penser à priori dans ce désert de l'Islande nord-centrale. Elles se sont élevées à 114 mm pour 67 jours. Des comparaisons avec Akureyri ont abouti à une moyenne annuelle de 650 mm. Il faut considérer qu'une partie importante des précipitations tombe sous forme de neige dès le mois d'août et que le vent la balaye vigoureusement et l'accumule contre les talus. Il en résulte des „congères” importantes dont certaines persistent d'une année sur l'autre. A de telles accumulations, nous avons donné le nom de „névés”. Pas de sol gelé permanent dans cette partie du centre nord-islandais sauf sous les névés persistants. A l'écart, tous les laquets que nous avions observés lors de notre arrivée s'étaient asséchés fin juillet: fait que nous avons expliqué par la disparition du sol gelé sous leur emplacement. Des sondages dans le sol à 2 m de profondeur ne l'ont point rencontré. En résumé les conditions climatiques de la région proche du Laugafell n'évoquent en rien celles de la toundra. Pour le problème qui nous intéresse au premier chef: celui de la formation de coins de glace dans les diaclases des coulées de basalte, on peut tabler sur des hivers très rigoureux, humides et ventés.

Au préalable, donnons quelques indications sur les basaltes que nous avons observés. Ils se situent sur les deux versants de la vallée du Laugakvisl en nappes nombreuses mais peu épaisse et séparées par des couches de brèche palagonitique (BOUT, *et al.* 1955, p. 479). Au microscope, la roche montre d'abondants plagioclases en lattes, en baguettes, en microlites. L'augite en grains ou en petits cristaux, la magnétite sont abondantes. Groupées par places, les lattes à macles polysynthétiques sont souvent convergentes et l'augite en cristaux s'y rassemble préférentiellement. Un échantillon nous a fourni une texture ophitique typique.

Au total, la composition minéralogique, malgré les différences de texture, paraît la même pour l'ensemble des coulées. Celles-ci sont du type basique comme les tufs palagonitiques qui les séparent ou les accompagnent (EINARSSON, 1945).

Mais, pour notre propos, c'est moins la nature chimique des basaltes qui nous intéresse que leur mode de disjonction; c'est-à-dire leurs diaclases. L'expression „basalte columnaire” vient souvent sous la plume des géologues. On parle également d’„orgues basaltiques”: des prismes à section hexagonale ou pentagonale accolés sont visibles sur la tranche des coulées. Dans les intrusions, ils sont groupés en faisceaux convergents ou divergents. Le délit en plaques est fréquent. On trouvera dans W. KLÜPFEL (1953) une grande variété de disjonctions basaltiques. De tels détails sont difficiles à déceler dans les coulées islandaises des environs du Laugafell. Il semble que la roche basaltique ait été initialement débitée en larges blocs par des diaclases dont la forme et la répartition premières ne peuvent être reconnues. Car les coins de glace en se logeant dans les fissures originelles et en s'épaississant par ségrégation, ont provoqué le morcellement des compartiments de basalte qu'elles isolaient. On ne voit pas comment expliquer autrement les aspects reproduits par les photos 2 et 3. C'est la compression exercée par les coins de glace qui est en cause. Après fusion, il y a eu relâchement des masses fissurées d'où des fractures plus ou moins ouvertes. On note même des aspects de décompression — ou de „détente” — à droite de la photo 2 — et des décalages (photos 2 et 3). On peut remarquer au passage que le débitage des blocs ne se fait pas partout à la même vitesse. Les fissurations obliques de la photo 1 doivent avoir quelque ancienneté car des lichens s'y sont installés. Au contraire, les photos 2 et 3, d'une grande fraîcheur d'aspect, témoignent d'actions récentes.

Les photos 1 à 3 concernent l'action des coins de glace au front des coulées ou, pour le moins, sur une partie de leur tranche dégagée. La surface des nappes de basalte offre des aspects différents (photo 4). Des fentes de largeur très inégale dépeçent la roche. Parmi les blocs isolés, un petit nombre seulement sont fracturés. Des coulées d'ample surface (BOUT, *et al.*, 1955, p. 522, Pl. III A) sont ainsi débitées en plaques, pour la plupart demeurées horizontales, à la différence des nappes de blocaille ou „clapiers” où les blocs accumulés sur une pente se chevauchent.

Un cas particulier est celui des polis glaciaux sur basalte. L'attaque des coins de glace s'opère de la partie périphérique vers le centre et aussi en surface. Mais le premier procédé est plus rapide que le second car la résistance à vaincre est moindre en bordure, là où le matériel dégagé est sollicité vers l'extérieur (BOUT, 1953, pl. IX, fig. 62 et 63). La photo 5 est celle d'un poli glaciaire en voie de démantèlement. L'aire centrale, encore étendue, n'est défoncée que sur les bords. Elle est recouverte d'une dalle peu épaisse, parallèle à la surface. C'est un puissant glacier en mouvement qui a façonné ce dôme et provoqué son délit superficiel. Les pressions exercées par les glaces autrefois recouvrantes sont donc responsables. Cependant, la dalle s'explique au moins partiellement par un phénomène de détente après compression. Cette idée nous vient pour avoir observé, non loin

du Svartisen (Norvège), le plus important des actuels glaciers scandinaves, une longue et large „croûte” continue, épaisse de 10 à 15 cm et isolée par un vide de dimension approchante, à la surface d'un „dos de baleine” affectant un calcaire cambro-silurien (CORBEL, 1967). Assurément, on encourt quelque risque à rapprocher, le comportement, sous l'effet des poussées et de l'abrasion glaciaires, de roches aussi différentes que le basalte et le calcaire, celui-ci fut-il métamorphosé en marbre (cipolin). Néanmoins, la possibilité d'une détente nous a été déjà suggérée à propos d'un bloc basaltique soumis à l'action des coins de glace (photo 2). De toute façon et quelle qu'en soit l'origine, c'est cette structure acquise secondairement que le gel hivernal attaque de nos jours à la surface des polis glaciaires islandais. Ceux que nous venons d'évoquer sont situés vers 400 m d'altitude sur un replat commun aux reliefs dénommés Bjarnarfell et Sandfell, non loin de Geysir et à 20 km au S du Langjökull; dans des conditions climatiques que la proximité d'un grand glacier, aussi vaste que l'Hofsjökull, doit rendre à peu près comparables à celles du Laugafell. Quant au basalte, il est également à tendance doléritique et associé comme dans la précédente localité à des brèches palagonitiques.

Ce sont des aspects fossiles de l'action des coins de glace que nous allons maintenant envisager. En Velay, en Auvergne et ailleurs (photo 6) beaucoup de nappes de basaltiques, villafranchiennes ou plus anciennes, dont la tranche a été mise à nu par le creusement des vallées, sont formées d'une colonnade de prismes de 15 à 30 cm de diamètre, surmontée d'un „chapeau” diaclasé de façon très irrégulière. Ce chapeau est prédébité en fragments dont la taille moyenne est souvent celle du poing. Le gel intervenant toujours par l'effet des coins de glace, lors des périodes froides, a fait reculer plus vite la colonnade que son chapeau. La première a cédé par fractions de prismes; le second par menus fragments. Il en est résulté des abris sous roche (photo 7) sous lesquels persistent souvent les matériaux issus de cette ablation différentielle. Ces dépôts ont livré des industries de silex ou d'os et des restes de faune qui permettent une datation. C'est ainsi que les abris sous roche basaltiques du Velay et de l'Auvergne ont pu être datés de la fin du Moustérien et du Magdalénien ancien, moyen et terminal ce qui correspond à des âges C^{14} de 35.000 et 20.000 à 12.000 B. P., c'est-à-dire à différentes phases froides du Würm. Sans doute n'est-il pas inutile de souligner que sans les basaltes à encorbellements, façonnés par les coins de glace lors du dernier glaciaire, tout le haut Massif Central de la France, réduit à son socle granitique ou métamorphique, serait, à près complètement, dépourvu de Préhistoire datant de la fin du Paléolithique moyen et du Paléolithique supérieur.

Des trouvailles faites dans les précédents abris permettent de saisir un autre mode d'érosion des basaltes sous climat périglaciaire. Il s'agit d'éclats de forme régulièrement ovale, parfaitement plats sur une face, bombés sur la face opposée, au centre de laquelle une légère saillie prend figure d'ombilic: ultime point d'attache de l'éclat à la roche de laquelle il s'est détaché. Les dimensions de telles pièces sont les suivantes: 7 à 8 cm de plus grand axe, 5 à 6 cm de petit

axe; l'épaisseur maximum assez bien centrée étant voisine de 2 cm. Le bord des éclats résultant de l'intersection des faces planes et bombées est tranchant. De tels objets sont malheureusement peu nombreux. Nous en avons trouvé trois en trois stations différentes de la Haute-Loire sans les avoir systématiquement recherchés, il est vrai. Dans l'une des stations (La Vigerie près Chanteuges) l'éclat a pu être replacé très exactement dans la cupule d'où il provenait, creusée juste au-dessus, dans un pan de prisme basaltique vertical. Non loin, dans un autre gîte (Abri du Rond, près Saint-Arcons d'Allier) l'éclat avait été abrasé verticalement sur la moitié de son pourtour pour être facilement tenu en main et servir de grattoir. Sa forme ovale n'en était qu'à peine affectée. Le troisième (Orciers, près Retournac) n'avait de commun avec les deux précédents que son contour ellipsoïdal. La genèse froide des précédents éclats est prouvée par leur contexte préhistorique car les trois stations citées datent du Magdalénien.

Si nous rapportons ces trouvailles, c'est qu'elles ont précédé la découverte d'éclats semblables sur des blocs isolés de basalte islandais, dans la région du Laugafell. Ils sont de forme un peu moins régulière que leurs homologues du Würmien auvergnat mais demeurent néanmoins ovalisés. Leurs faces plane et bombée sont bien distinctes et l'ombilic persiste. Leurs dimensions sont plus fortes. Le plus grand mesurait 19×12 cm. Un peu décentrée son épaisseur maximum atteignait 4 cm. Tout détaché qu'il était, l'éclat était demeuré en place dans sa cupule, un peu surélevé par une couche de sable apportée par le vent, en même temps que la neige qui chaque année nourrit la glace intersticielle.

Des aspects analogues à ceux que nous venons de décrire sont connus depuis longtemps en France dans les abris paléolithiques de Charente et de Dordogne (ALIMEN, 1950); cependant les dalles calcaires à cupules dont ils proviennent offrent des dépressions de faible diamètre: 3 à 4 cm. En revanche, hors de toute Préhistoire, des éclats calcaires de forme ovale et du type normal plat-bombé avec bord tranchant, ont été recueillis par M. SOUCHEZ, Professeur de Géographie à l'Université libre de Bruxelles, en Labrador (NE du Canada). Leurs dimensions, sont du même ordre que celles de nos éclats basaltiques würmiens mais avec un contour moins ovalisé. Un fait intéressant est que les éclats ovoïdes à bord tranchant qu'ils soient basaltiques ou calcaires voient leurs dimensions croître avec la latitude, d'où l'idée que l'intensité du froid joue un rôle dans leur genèse. On devine aisément le processus de leur formation. Il s'agit de bulbes incipiens dont la paroi interne se grave lentement dans l'épaisseur de la roche et en direction centripète, pour aboutir vers un point plus ou moins central; le dernier stade avant la séparation étant la persistance d'un mini-cordon ombilical.

Le phénomène n'est d'ailleurs pas réservé aux seules régions ou périodes dites froides. On le connaît en milieu désertique chaud mais à fort contraste thermique nocture et diurne. A. E. BRUET (1942), nous empruntons la citation suivante: „Le soleil montait rapidement et le contraste était saisissant entre la fraîcheur de la nuit et la chaleur ascendante du matin.... A un mètre de nous environ, un silex partiellement dégagé de sa gangue calcaire apparaissait avec des contours très arrondis. Tout à coup ... une partie circulaire du silex, de

quelques centimètres de diamètre fut projetée en l'air avec un claquement sec. Le silex tunisien avait salué l'aurore. „Dans un tel cas il est possible d'incriminer d'importants écarts thermiques entre la jour et la nuit, de l'ordre de 70°C au niveau du sol. Pour nos éclats de basalte d'Auvergne d'âge würmien et plus encore pour les éclats basaltiques islandais, des écarts de température aussi importants sont impossibles à imaginer. D'après P.-CH. PÉGUY (1955), au Laugafell: „La variation diurne ne se signale pas seulement par sa faible amplitude mais encore par son décalage par rapport au soleil; il n'est pas rare qu'il fasse plus chaud à 7 ou 8 heures du soir qu'à midi: la chose s'explique assez bien si l'on songe que tant que le soleil reste assez haut sur l'horizon, la sol sombre du sandur continue à s'échauffer”. Des mesures ont montré que la température du sol à 10 cm de profondeur voit son amplitude diurne réduite à 2°C contre 5,5°C en surface. A 20 cm l'amplitude tombe à 1°C. Il faut préciser qu'il s'agit de „sandurs” c'est-à-dire de sables. Les résultats seraient autres avec une roche compacte aussi peu conductrice que le basalte. Sa teinte moirâtre favorise son réchauffement superficiel lorsque se montre le soleil. Sa faible conductibilité thermique empêche que ce réchauffement se propage en profondeur. L'écart thermique semble donc limité à une mince épaisseur de la roche et cela à la bonne saison. En hiver, avec les nuits longues et le gel intense, c'est le froid qui, de l'extérieur, assaille la roche pour refouler lentement sa chaleur interne. A l'écart diurne estival, s'ajoute l'écart thermique saisonnier le second moins brutal que le premier mais apparemment susceptible de provoquer par contraction, des éclats superficiels. Aussi bien, dès l'apparition de la première fissure ovale de surface, la neige s'y loge et par ségrégation de glace contribue à l'agrandir. Ainsi que le pense H. ALIMEN (1950, p. 92) le gel peut intervenir en donnant des formes analogues à celles que l'on attribue généralement à des écarts thermiques. C'est alors dans une gamme froide que ces derniers se produisent. Quoi qu'il en soit, le démantèlement des basaltes islandais ou autres, par le procédé qui vient d'être évoqué n'a qu'une importance médiocre. Trois éclats auvergnats et autant d'éclats islandais, même trouvés par hasard, sans intention de recherche systématique, ne peuvent prouver le contraire. L'aspect qualitatif du phénomène est intéressant mais du point de vue quantitatif, l'action des coins de glace est incommensurablement plus efficace.

CONCLUSION

Quatre questions ont été abordées:

1. L'action des coins de glace sur la tranche et la surface des coulées basaltiques islandaises des environs du Laugafell et sur les polis glaciaires également basaltiques des environs de Geysir.
2. L'action des coins de glace, lors des phases froides würmiennes sur les fronts basaltiques du Haut Massif Central de la France.
3. Quelques observations ont permis d'évoquer de possibles effets de détente,

succédant aux fortes pressions exercées par les coins de glace insinués dans les diaclases des basaltes ou à celles que les glaciers ont développées en modelant les polis glaciaires.

4. A l'action d'écart thermiques dans une gamme froide, nous avons attribué des éclats superficiels de forme ovalaire et bombée détachés de la surface des basaltes auvergnats et islandais: les premiers datant du Würm et les seconds de l'époque actuelle.

Le titre de la présente note est donc justifié, même si au dernier aspect envisagé — les éclats superficiels — on ne peut reconnaître qu'un rôle très accessoire.

Bibliographie

- ALIMEN, H., 1950 — Atlas de Préhistoire. Editions N. Boubée et Cie, Paris, vol. I; 196 p.
- BOUT, P., 1953 — Etudes de géomorphologie dynamique en Islande. Actualités scientifiques et industrielles 1197 Exp. pol. franç. Hermann et Cie, Paris; 219 p.
- BOUT P., CORBEL, J., DERRAU, M., CARAVEL, L., PÉGUY, P.-Ch., 1955 — Géomorphologie et glaciologie en Islande Centrale. *Norois*, 8; p. 461—574.
- BRUET, Ed., 1942 — La vie étrange des roches. Payot, Paris; 302 p.
- CORBEL, J., 1967 — La Laponie. Présentation géographique. Equipe de recherche du C.N.R.S., 29, Ronéo; 28 p.
- EINARSSON, Tr., 1945 — Origin of the basic tuffs of Iceland. *Acta Naturalia Islandica*, 1; p. 5—75.
- KIEFFER, G. et LAUTRIDOU, J. P., 1971 — Essais de gel sur des roches volcaniques du Massif Central. in: Recherches de gélification expérimentale. *Centre de Géomorphologie de Caen* (C.N.R.S.), Bull. 9; p. 27—52.
- KLÜPFEL, W., 1953 — Basaltgeologie. Ein Beitrag zur Kenntnis der tertiären Basalte. *Ztschr. deutsch. geol. Ges.*, 104; p. 326—353.

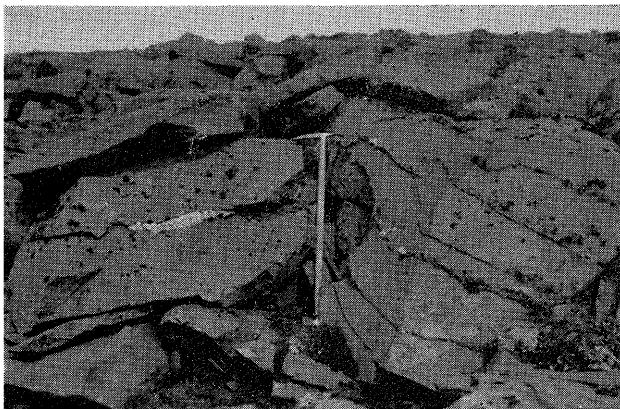


Photo 1. Laugafell (Islande). Tranche de coulée basaltique. De part et d'autre d'une diaclase qui semble originelle, des fissures obliques sont partiellement envahies de lichens

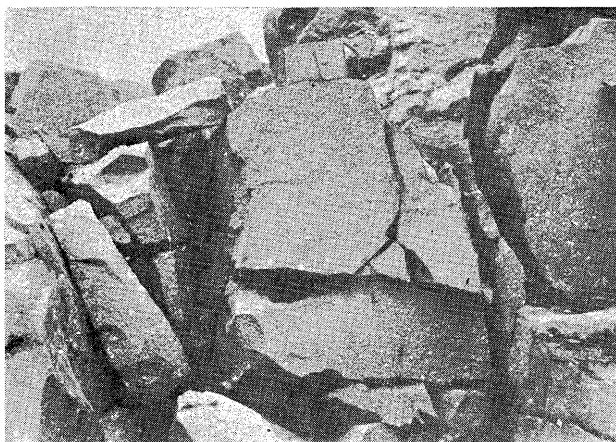


Photo 2. Laugafell (Islande). Bloc de basalte broyé, entre deux diaclases, par les coins de glace. Lors de la fusion de ces derniers, des effets de „détente” — à droite — peuvent se produire

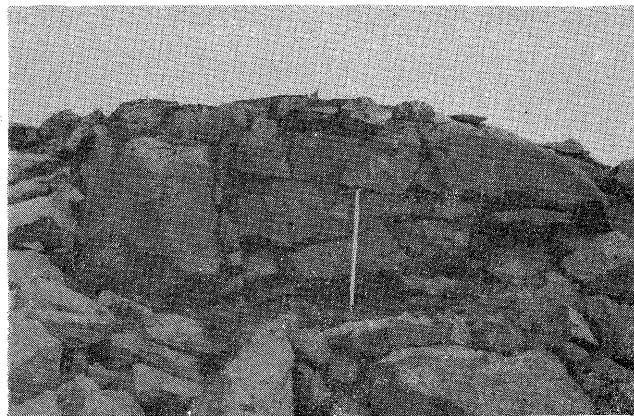


Photo 3. Laugafell (Islande). Tranche de coulée débitée par l'action des coins de glace. Des décalages entre blocs résultant du fractionnement, sont observables aux extrémités

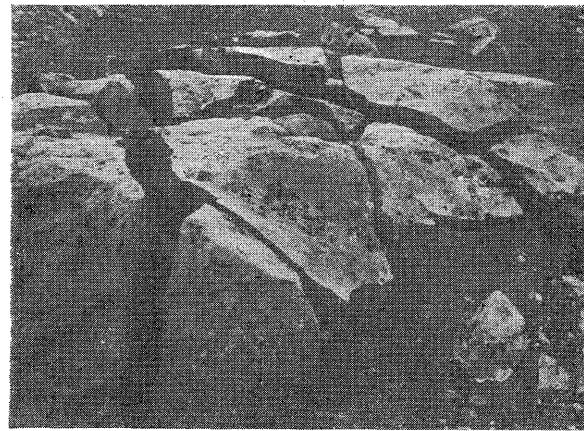


Photo de J. Corbel

Photo 4. Laugafell (Islande). Surface de coulée débitée en blocs que séparent des fissures et des crevasses de largeur différente.

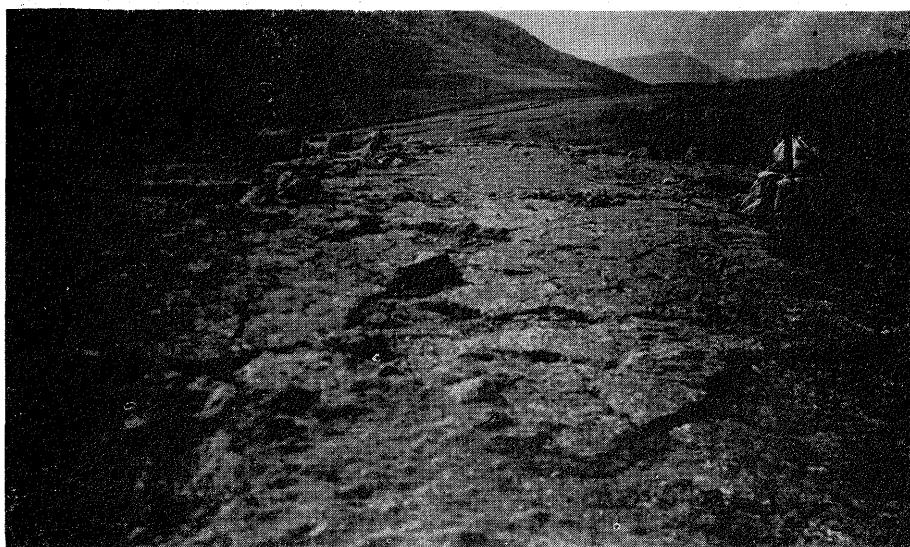


Photo 5. Environs de Geysir (Islande). En contrebas d'un relief dénommé Sandfell, vers 400m d'altitude, attaque d'un poli glaciaire par le gel. Voir texte

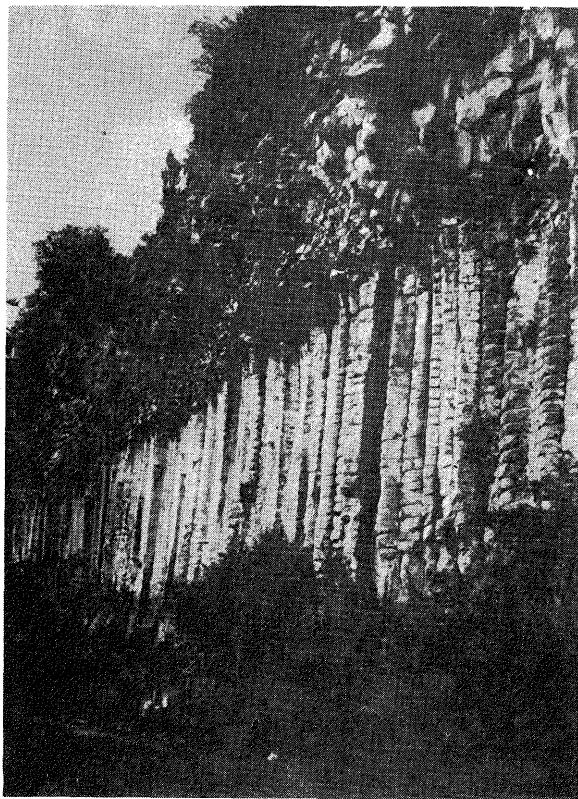


Photo 6. Vallée du Razdan (Arménie soviétique). Colon-nade basale de prismes articulés avec „chapeau” préfrac-gmenté et légèrement proéminent. Partie d'une coulée longue de 65 km, issue des abords du lac Sevan, en direction d'Erevan

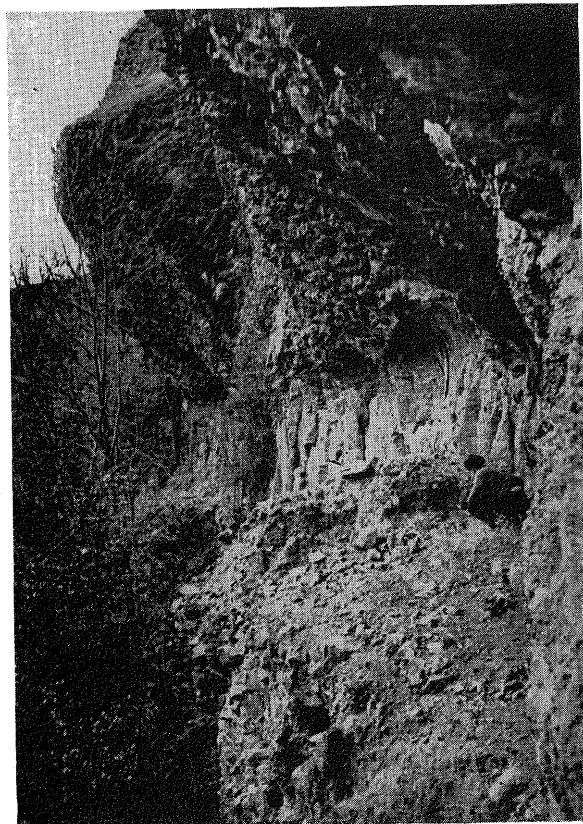


Photo 7. Blassac (Haute-Loire, France). Abri sous roche würmien au front d'une coulée de basalte du même type que celle de la photo 6. Une industrie et une faune de la fin du Magdalénien ont été retirées de la partie haute du dépôt conservé sous l'abri