

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE
DE LYON

Année 1906

—
(NOUVELLE SÉRIE)
—

TOME CINQUANTE-TROISIÈME

LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE
PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, ÉDITEURS
19, RUE HAUTEFVILLE
—
1907

OBSERVATIONS
SUR
QUELQUES PHÉNOMÈNES TORRENTIELS
DU BASSIN DE L'ARVE (HAUTE-SAVOIE)

PAR
M. H. DOUXAMI

Maître de Conférences de Géologie et de Minéralogie
à la Faculté des Sciences de Lille.

L'étude des torrents des régions montagneuses, des ravages qu'ils occasionnent dans les régions escarpées et dénudées, des dépôts auxquels ils donnent naissance à leur débouché dans les vallées où leur pente diminue, est maintenant bien connue, pour ainsi dire dans ses moindres détails. Nombreux aussi sont les géologues, les géographes ou les simples touristes qui ont été témoins, à la suite de la fonte des neiges, des pluies d'orages de l'été ou de la rupture brusque, soit d'un barrage, soit d'une poche glaciaire, d'une crue subite d'un torrent et qui nous ont laissé de ce phénomène des descriptions exactes et précises. Aussi, en décrivant les laves torrentielles que nous avons pu observer, nous voudrions surtout attirer l'attention des géologues et des géographes sur les dépôts auxquels ces crues donnent naissance, dépôts extrêmement fréquents dans toutes nos vallées alpines et dont l'origine, le rôle géologique et géographique ne nous paraît pas avoir été mis en évidence d'une façon formelle.

Si, en temps ordinaire, le torrent constitue l'agent d'érosion subaérienne par excellence dont les effets d'affouillement du lit, de dégradation des parois se manifestent partout avec la plus grande netteté, il est difficile, cependant, de se rendre compte de la puissance de transport et d'érosion dont il peut être doué lorsque se produit une crue. Les matériaux meubles, épars sur la surface du bassin d'alimentation, ceux qui se sont accumulés çà et là dans le couloir d'écoulement ou de

son voisinage à la suite d'éboulements et qu'en temps ordinaire le cours d'eau ne déblaie que peu à peu, enfin les matériaux arrachés par le flot lui-même au moment de son passage dans les parties de son lit constituées par des dépôts de transport plus anciens (dépôts glaciaires, alluvions, etc.) donnent naissance à une véritable *lave* (1) froide, masse de boue fluide capable de laisser flotter et d'entraîner des blocs de plusieurs mètres cubes, douée d'un mouvement irrésistible, détruisant tout sur son passage, aussi bien les barrages de maçonnerie les mieux établis et les plus puissants, que les forêts de sapin, les maisons, et, dans les parties basses où le flot s'étale, recouvrant les champs et la plaine d'une couche épaisse de boue grise parsemée de blocs de toute taille et de tous les débris végétaux arrachés aux territoires dévastés.

H.-B. de Saussure, dans ses voyages, nous a déjà donné une description saisissante d'une crue torrentielle relative à l'un des affluents de droite de l'Arve près de Saint-Martin, en face de Sallanches (2) : « Un danger plus extraordinaire que l'on court quelquefois sur cette route — de Saint-Martin à Chedde — est celui d'être surpris par des torrents qui se forment subitement et descendent avec une violence incroyable du haut des montagnes qui sont sur la gauche de la grande route.

« Ces montagnes, presque toutes d'ardoise, et en plusieurs endroits d'ardoise décomposée, renferment des espèces de bassins fort étendus, dans lesquels les orages accumulent parfois une quantité immense d'eau. Ces eaux, lorsqu'elles parviennent à une certaine hauteur, rompent tout à coup quelque-une des parois peu solides de leurs réservoirs et descendent alors avec une impétuosité terrible. Ce n'est pas de l'eau pure, mais une espèce de boue liquide, mêlée d'ardoise décomposée et de fragments de rochers ; la force impulsive de cette bouillie dense et visqueuse est incompréhensible ; elle entraîne des rochers, renverse les édifices qui se trouvent sur son passage, déracine les plus grands arbres et désole les campagnes, en

(1) Ce nom, employé par les montagnards des Basses-Alpes, est devenu général au moins dans toute la région des Alpes françaises.

(2) Probablement le torrent de Reninges ou de Luzier que l'administration des Forêts a presque complètement régularisés.

creusant de profondes ravines, et en couvrant les terres d'une épaisseur considérable de limon, de gravier et de fragments de rocher. Lorsque les gens du pays voient venir ce torrent qu'ils nomment le *Nant sauvage*, ils poussent de grands cris pour avertir ceux qui sont au-dessous de fuir loin de son passage. On comprend que dès que le réservoir est vide, le torrent cesse, ou du moins diminue considérablement : il dure rarement plus d'une heure. Cet accident est très rare ; je ne l'ai vu qu'une seule fois, le 7 août 1767, et, quoiqu'au moment où je le rencontrai il fût déjà sur son déclin, j'en vis assez pour m'en former une idée. On ne peut pas imaginer un spectacle plus hideux : ces ardoises décomposées formaient une boue épaisse, dont les vagues noires rendaient un son sourd et lugubre, et malgré la lenteur avec laquelle elles semblaient se mouvoir, on les voyait rouler des troncs d'arbres et des blocs de rochers, d'un volume et d'un poids considérables. Je fus cependant très satisfait d'avoir été témoin de cette espèce de débâcle ; elle m'a aidé à comprendre comme la grande débâcle des eaux de la mer a pu entraîner des rochers des Alpes à de très grandes distances (1). »

A. Favre et Studer ont également été témoins dans le val Ferret d'une crue soudaine d'un torrent due à l'éboulement d'une partie du glacier d'Orny (2). « Pendant, dit M. A. Favre, que nous descendions la grande pente gazonnée qui borde le glacier de Saleinoz, la glace du glacier d'Orny entraîna tout à coup une partie de sa moraine et détermina un éboulement énorme qui se précipita non loin de nous dans un torrent coulant au fond d'une gorge étroite. On n'a aucune idée d'un pareil spectacle lorsqu'on ne l'a pas vu. Des milliers de pierres de toute grosseur arrivaient au point où le torrent forme une cascade, et faisaient des bonds immenses en se heurtant contre les rochers du voisinage. Il y eut deux chutes successives de pierres

(1) Rappelons que de Saussure ignorait les phénomènes glaciaires et expliquait les blocs erratiques des environs de Genève par une grande débâcle des eaux de la mer précipitées des Alpes vers les plaines environnantes.

(2) A. FAVRE, *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du mont Blanc*, III, § 585.

et de glace. Au début de l'une d'elles, trois gros blocs se précipitèrent ; l'un d'eux avait environ 7 mètres de longueur, 3 à 4 mètres d'épaisseur et autant de largeur, les autres moins volumineux, avaient environ 5 mètres de longueur. Ils firent tous trois des sauts prodigieux, de plusieurs centaines de pieds de hauteur en tournoyant en l'air. Lorsque cette énorme quantité de débris, grands et petits, arriva dans la partie peu inclinée du torrent, elle s'arrêta jusqu'à ce que l'eau, continuant à arriver sans cesse, finit par exercer une pression assez puissante pour pousser toute la masse. Celle-ci se mit alors en mouvement, et coula comme si elle eût été plastique et formée de boue : cependant, elle renfermait des milliers de blocs. Au bout de 300 pas environ, le plus gros des blocs se fixa en terre, arrêtant avec lui toute la masse. L'eau arrivant toujours, s'accumula : puis, tout à coup, elle s'échappa de côté, entraînant un grand talus d'éboulement qui encaissait le torrent, et qui, en s'affaisant, encombra encore le cours de l'eau. Mais celle-ci, s'élevant toujours, parvint à se frayer un passage au milieu des obstacles qui l'arrêtaient. Au bout de quelque temps, tout redevint calme.

« La vue de cette grande avalanche m'a vivement intéressé ; cependant, je ne crois pas que des événements semblables aient une grande importance au point de vue de l'abaissement des montagnes ; car, lors même qu'ils se produisent sans que personne en soit témoin, ils sont rares... Deux choses m'avaient encore frappé dans ce grand spectacle : la première, c'était de voir une si grande masse de blocs acquérir une espèce de plasticité sous l'action de l'eau du torrent ; la seconde, c'était la manière dont les plus gros blocs paraissaient flotter à la surface de cette débâcle. Mais il est évident qu'ils ne flottaient pas plus que s'ils avaient roulé sur des boulets de canon. »

Nous avons choisi ces deux exemples à dessein, d'abord parce qu'ils intéressent plus spécialement la région que nous étudions, ensuite parce qu'ils résument d'une façon admirable le phénomène des laves torrentielles et qu'ils mettent en évidence les deux causes principales qui occasionnent les crues torrentielles : les pluies d'orages et les débâcles de glaciers.

Plus récemment, la rupture d'une poche intraglaciaire du

petit glacier de Tête-Rousse a provoqué le flot de lave, cause de la catastrophe de Saint-Gervais, du 12 juillet 1892 et a été étudiée dans ses moindres détails par différents auteurs comme nous l'avons indiqué dans un travail antérieur auquel nous renvoyons (1).

Quant aux crues torrentielles dont nous avons été témoin, elles étaient dues uniquement à la première cause, c'est-à-dire à des pluies d'orage abondantes et se rapportant à un affluent du Giffre, le Nant-Sec, et un affluent de l'Arve, le torrent de la Griaz ou des Houches.

Le Nant-Sec (Pl. I, fig. 1)

La route de Sixt à Chamounix ou à Servoz par le col d'Anterne (chemin d'intérêt commun n° 29 des Ponts et Chaussées) suit la rive droite du Giffre d'en haut ou Giffre des Fonds jusqu'auprès des chalets des Fonds. Au sortir de Sixt, c'est une route à voitures qui laisse sur sa droite le petit village des Faix, traverse le hameau de Maison-Neuve et arrive au gros village de Salvagny (2) situé à l'altitude moyenne de 875 mètres. Sitôt dépassé les dernières maisons de ce village, la route se trouve brusquement interrompue sur une cinquantaine de mètres au moins par une petite plaine de cailloux formée par le cône de déjections du Nant-Sec : la route devenue chemin muletier s'aperçoit grâce aux restes d'un poteau indicateur de l'autre côté du cône de déjection et se montre manifestement ravinée par les eaux du torrent : elle est d'ailleurs établie sur des dépôts glaciaires très peu stables insuffisamment drainés et sujets à des glissements fréquents. Un peu en contre-bas de la route du col d'Anterne se trouve le sentier qui, après avoir traversé le Giffre sur un pont élégant en ciment armé conduit aux chalets de Salles.

En temps ordinaire, la traversée du cône de déjection du Nant-Sec s'effectue sans grande difficulté : le torrent est réduit à un courant d'eau de faible importance roulant à peine quelques cailloux et que l'on peut franchir avec une bonne enjam-

(1) H. DOUXAMI, Une excursion au glacier de Tête-Rousse (*Ann. Soc. Lin. de Lyon*, III, 1905, pp. 53-76).

(2) Un certain nombre de guides indiquent aussi Servagny.

bée. Il n'en est plus de même après une pluie d'orage abondante et un peu prolongée et le Nant-Sec devient alors terrible par la masse d'eau, de boue et de cailloux qu'il charrie et qui rend impossible la traversée du cône de déjection.

Les premiers voyageurs qui ont visité la vallée de Sixt ne mentionnent pas le Nant-Sec soit parce qu'ils n'ont pas été frappés par les ravages qu'il occasionne à chaque crue, soit, ce qui est plus vraisemblable d'après l'enquête à laquelle nous nous sommes livré dans le pays, parce que le torrent n'est devenu dévastateur que lorsque les pentes supérieures de son bassin plus dénudées ont permis aux eaux de ruissellement de se rassembler plus rapidement et en plus grande quantité dans le canal d'écoulement de ce torrent.

Le Nant-Sec prend naissance vers l'altitude de 2472 mètres, près de l'extrémité méridionale de la chaîne des Frettes qui se continue au nord-est par le Grenairon (2771 m.), le col et la pointe du Génévrier (2800 m.) et le Cheval-Blanc (2841 m.). Cette chaîne, depuis le col du Génévrier jusqu'à la vallée du Giffre, est presque entièrement constituée par les calcaires du Jurassique supérieur (Malm) atteignant une épaisseur considérable grâce à des plis couchés. Sous le Grenairon se trouve un petit noyau synclinal de Néocomien et celui-ci apparaît de nouveau au nord dans la vallée du Giffre lorsque le Nant-Sec, qui se dirigeait vers l'ouest, change assez brusquement de direction vers le sud pour venir contourner le village de Salvagny. Toutes les couches plongent faiblement vers le nord, le torrent les coupe successivement jusqu'au moment où il change de direction et coule alors en quelque sorte parallèlement à la direction des strates.

Tout le flanc septentrional de la chaîne du Grenairon est sillonné de profonds ravins où les eaux se rassemblent et s'écoulent avec rapidité. Les ravages du torrent des Granges et des chalets de Communes sont fréquents au printemps, lors de la fonte des neiges, dévastent les forêts qui se trouvent dans les régions inférieures et les matériaux transportés ont, à plusieurs reprises, barré le cours du Giffre d'en bas (Giffre du Fer-à-Cheval) en amont de Sixt. Aussi, les phénomènes torrentiels et les dépôts qui en résultent ont-ils une

importance considérable dans toute cette région et en particulier au sud de Sixt, dans la vallée du Giffre d'en haut, entre Sixt et Salvagny.

Tout le fond de la vallée est encombré, en effet, par des dépôts de transport d'origine variée. La carte géologique au 1/80.000^e les a marqués comme dépôts glaciaires (A¹gl). Il est certain, en effet, que des glaciers descendus par la vallée des Fonds, la vallée des Salles au sud, la vallée du Giffre d'en bas à l'est ont dû occuper autrefois cette région et y laisser des traces de leur érosion et de leurs dépôts. Les formations que l'on observe au sud de Sixt en particulier tout le long de la route d'Anterne jusqu'au chemin de Salles, au delà du Nant-Sec, et constituées par un mélange de boue grise, de blocs anguleux ou à peine roulés, de toute taille, disposés sans ordre, rappellent, en effet, beaucoup les formations glaciaires, bien que les cailloux polis et striés y soient très rares.

Après le retrait des glaciers, la vallée de Sixt, plus ou moins encombrée de dépôts glaciaires, a dû constituer, à partir de Faix, au sud, un grand lac qui a persisté tant que le Giffre n'a pas eu creusé, ou tout au moins déblayé, le défilé des Tines où la vallée est, en quelque sorte, barrée par les calcaires de l'Urgonien, qui descendent de la pointe de Ressachat sur la rive droite pour remonter ensuite sur la rive gauche. L'existence de ce lac est confirmée par la structure des petites buttes qui dominent la plaine alluviale récente entre le village des Faix et Sixt : elles sont, en effet, constituées par des alluvions sableuses ou calcaires bien stratifiées indiquant des eaux assez profondes et tranquilles où les matériaux apportés par les torrents voisins s'arrêtaient et se déposaient : ces buttes ont 20 à 30 mètres de hauteur et tout le fond de la plaine est constitué par des alluvions graveleuses.

Les torrents comme le Giffre d'en haut ou le Nant-Sec donnaient naissance, en débouchant dans cette plaine, à de puissants cônes de déjection, et ces dépôts se superposaient ou se mélangeaient aux dépôts glaciaires qui pouvaient exister et dont il est pour ainsi dire impossible aujourd'hui de les distinguer. Salvagny me paraît construit surtout sur l'ancien cône de déjection du Giffre. Au début, le Nant-Sec devait rejoindre le

cours d'eau principal ou le lac beaucoup plus au nord, vers les Faix, comme il est facile de s'en assurer par l'étude du terrain : peu à peu, son embouchure a remonté vers l'amont et il coule aujourd'hui dans toute sa portion inférieure sur l'ancien cône de déjection du Giffre auquel il a superposé son cône de date assez récente : l'homme est-il intervenu pour faciliter ce déplacement du torrent, ou bien s'est-il produit naturellement à la suite d'une crue comme cela est vraisemblable ? C'est là un point de détail que nous n'avons pas cherché à résoudre. La jeunesse du cône de déjection actuel du Nant-Sec se manifeste par les divagations que le torrent y produit et par l'existence, en amont du cône jouant le rôle de barrage d'un petit lac marécageux couvert de roseaux.

Si l'on étudie le cône d'alluvions du Giffre, l'on est immédiatement frappé par la grande ressemblance que présentent ses dépôts avec ceux que l'on observe le long de la route de Sixt à la Maison-Neuve : il est, en effet, constitué par des cailloux de toute grosseur, aux angles à peine émoussés disposés sans ordre, sans trace bien nettes de stratification inclinée vers le nord : ces dépôts imitent donc et rappellent beaucoup les dépôts qui ont pu être apportés par les glaciers locaux, aussi, la distinction des uns et des autres est, pour ainsi dire, impossible. Ainsi, par exemple, le gros bloc de calcaire jurassique (Dogger), sur lequel repose la pile droite du nouveau pont en ciment armé du chemin de Salles a pu, à notre avis, être amené dans sa position actuelle aussi bien par le glacier du Giffre que par le torrent lui-même, lors d'une crue au moment de la fonte des neiges.

Le Nant-Sec est sujet à des crues fréquentes, soit au printemps, soit en été. C'est à une de ces crues d'été qu'il nous a été donné d'assiter au mois d'août 1903. La pluie fine de la matinée avait déjà grossi légèrement le torrent et rendu ses eaux boueuses et la traversée du cône de déjection par la pluie d'orage était déjà difficile lorsque nous nous mîmes à l'abri, mon guide et moi, dans l'une des premières maisons de Salvagny. Au bout d'une demi-heure environ, lorsque nous nous disposions à gagner Sixt, sur le conseil des villageois, nous nous sommes décidés à revenir sur nos pas pour voir passer le flot.

L'eau ruisselait irrégulièrement à la surface des alluvions, fortement boueuse, et l'on entendait distinctement, suivant l'expression pittoresque des villageois le « chant des cailloux » que le courant entraînait et faisait s'entre-choquer. Ce bruit fut couvert par une sorte de roulement sourd qui grossit rapidement, annonçant l'arrivée par la gorge située sur notre gauche du flot descendu des pentes supérieures du Grenairon. Une vague, haute d'un mètre au moins, d'eau à moitié fluide d'où émergeait quelques blocs et un tronc de sapin arraché un peu plus haut et qui semblait en quelque sorte rouler sur lui-même, accompagné de billes de sapin déjà décortiquées passa devant nous avec une vitesse qu'il était difficile d'évaluer, emportant un morceau de la route, s'étalant sur les champs situés en contre-bas et les couvrant en quelques minutes d'un manteau de débris épais de près d'un mètre. Le phénomène dura quelques minutes et, à cette vague due probablement à un barrage momentané du lit du torrent en amont, succéda une accalmie : le Nant-Sec, presque aussi volumineux que le Giffre, avait cependant encore assez de force pour transporter pendant plusieurs heures de la boue et des cailloux volumineux. Plus les crues sont espacées, plus elles sont dangereuses. L'on comprend, en effet, qu'en temps ordinaire, les débris de toutes sortes dus à la désagrégation des différentes couches de calcaires jurassiques du Grenairon s'accumulent dans le lit du torrent et donnent naissance à des barrages qui ne retiennent que momentanément le flot, mais dont les débris communiquent à la vague de boue et de pierres, lorsqu'elle a réussi à passer, une nouvelle intensité.

Ce phénomène qui se produit fréquemment pour tous les torrents qui descendent sur le versant nord du Grenairon, dans la vallée de Sixt, a eu pour conséquence, comme nous l'indiquions plus haut, de remanier les dépôts glaciaires et de leur superposer des dépôts de transport torrentiels avec lesquels ils se confondent et dont il est impossible de les séparer.

Le Nant¹ de la Griaz (Pl. I, fig. 2)

Lorsque, après le défilé profond que l'Arve a dû creuser entre Servoz et le Fouilly, dans les terrains triasiques, houillers et granitiques qui constituent, sur la rive gauche la Tête-Noire (extrémité septentrionale du Prarion) et, sur la rive droite, l'extrémité méridionale de la montagne de Pormenaz, on arrive à l'entrée de la vallée de Chamounix, on a devant soi une plaine assez large, encombrée surtout au sud par de nombreux dépôts de transport : alluvions fluvio-glaciaires, moraines, blocs erratiques, alluvions des torrents.

L'Arve, depuis le Pont de Perrodat jusqu'au Pont Saint-Clair, coule immédiatement au pied de la montagne de l'Aiguillette (schistes sériciteux et micacés, micaschistes à mica blanc, mica-schistes granulitiques) et de la montagne de Coupeau (terrains houillers). Aussi, les torrents affluents de la rive droite sont courts et de faible importance. Il n'en est pas de même de ceux de la rive gauche qui descendent du versant septentrional de la chaîne du mont Blanc. Les uns sont alimentés presque exclusivement par la fonte de la glace des glaciers (Nant des Bossons, Nant de Taconnaz), les autres sont alimentés par la fonte des neiges et les eaux de pluie qui ruissellent sur les pentes abruptes du Gros Bécharde (Nant du Bourgeat), des Rognes, du mont Lachat et du col de Voza (Nant de la Griaz, Nant de Nayin, de Nallian, etc.). Tous ont dû, pour rejoindre le cours d'eau principal, l'Arve, entamer plus ou moins profondément les dépôts de transport d'origine variée qui existent au pied des pentes et aussi remanier ces dépôts d'âges différents dans lesquels il est presque impossible au géologue de faire la part qui revient à chaque espèce de formation.

Ces dépôts de transport ont forcé l'Arve à reculer vers le nord et à couler ainsi au pied des montagnes de la rive droite et ont permis, dans la portion de la vallée de Chamounix que

(1) *Nant* est le terme général dans une grande partie de la Suisse et de la Haute-Savoie employé pour désigner un torrent. Il serait d'origine celtique. *Dranse*, *Doire*, *Doria*, *Durance*, employés également, ont une origine bien connue, mais qui serait plus récente.

nous étudions, aux hameaux et aux villages, de s'établir seulement au sud, sur la rive gauche.

Le torrent du Bourgeat a un cône de déjection bien développé que la route et le chemin de fer entament légèrement et sur lequel sont bâtis les hameaux du Pont et du Bourgeat. C'est un torrent relativement calme et dont les ravages, lors de la fonte des neiges ou des pluies d'orages sont minimales. Il n'en est plus de même des torrents de la Griaz, des Trabets, de Nayin : leurs dégâts sont tristement célèbres dans l'histoire de la vallée de Chamounix. Ils ont creusé de profondes ravines dans les terrains meubles sous-jacents et leurs cours capricieux se modifient pour ainsi dire à chaque crue, attaquant tantôt une rive, tantôt l'autre, emportant fréquemment les ponts, menaçant à chaque instant les habitations qui se sont établies sur leurs cônes de déjection non loin de leur lit actuel. Aussi, l'administration des Eaux et Forêts, sous l'habile direction de MM. Mougin et Bernard, les a-t-elles soumis à une surveillance incessante et a-t-elle entrepris des travaux importants de régularisation et de reboisement des pentes des bassins de ces « mauvais torrents », comme les appellent les montagnards de la région.

Lorsque la vieille route de Chamounix existait seule, la traversée des ravines de ces torrents avec celle de l'Eau Noire, près de Servoz, donnait fréquemment lieu soit à des incidents, soit même à des accidents de personnes lorsqu'on voulait les traverser en temps de crue (1).

Ces crues subites après les pluies d'orages sont dues, à notre avis, à plusieurs causes. En premier lieu, le déboisement exagéré des pentes par l'homme s'est manifesté ici comme dans toutes les régions où les torrents sont redevenus ou sont restés destructeurs. Il est certain, en effet, que les forêts des Houches étaient autrefois bien plus étendues que de nos jours. Au XIII^e siècle, elles étaient une des richesses du pays (2) : elles consti-

(1) DE SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*, t. II ; M.-T. BOURRIT, *Itinéraire de Genève, des glaciers de Chamounix, du Valais et du canton de Vaud*, Genève, 1808, p. 52 ; J.-P. PICTET, *Nouvel itinéraire des vallées autour du mont Blanc*, Genève 1808, p. 54, et tous les guides publiés depuis lors y font tous allusion.

(2) A. PERRIN, *Histoire du Prieuré et de la vallée de Chamounix*, Paris, Fischbascher, 1887, p. 88-89.

tuaient des propriétés communales inaliénables soit pour préserver des avalanches et des érosions les parties inférieures de la vallée et les pâturages, soit pour fournir les bois nécessaires aux habitants dans des cas spéciaux : incendie des habitations ou leur destruction par les avalanches. Dès 1264, il était défendu d'établir des prairies autres que celles déjà existantes, mais, dès 1368, les gardes ne suffisaient pas à empêcher les déprédations. Depuis, le mal n'a fait que s'accroître, des prairies ont remplacé des portions considérables et les pentes supérieures surtout ont été de nouveau soumises à l'action du ruissellement (1). Le grand développement des terrains de transport sur la rive gauche de l'Arve montre que ces torrents ont dû, de tout temps, depuis le retrait des glaciers de la vallée, être des agents de transport et d'érosion très importants. Aussi, nous faut-il en chercher la cause à la fois dans la topographie du bassin d'alimentation et dans la nature des dépôts géologiques qui constituent toute la région des Houches.

Le village des Houches est situé au fond du synclinal qui constitue la vallée de Chamounix et qui se continue au sud par le col de Voza, mont Lachat, le col de Tricot jusque vers les Contamines, dans la vallée du Bon-Nant. Le village est bâti sur la rive gauche du cône d'alluvions du torrent de la Griaz. Les dépôts de transport (glaciaires et torrentiels), masquent jusqu'à une altitude de plus de 1.200 mètres les terrains sous-jacents. Ceux-ci présentent une disposition isoclinale (synclinale) renversée entre le Prarion à l'ouest, le Gros Bécard, la Montagne de la Côte, la Montagne des Faix, la Montagne des Fours, les Rognes à l'est. Toutes les couches plongent fortement à l'est, semblant s'enfoncer plus ou moins profondément sous le massif du mont Blanc. Une coupe transversale ouest-est donnerait la succession suivante :

1° Une bande de schistes houillers argileux à grains fins qui constituent la Tête-Noire et le flanc oriental du Prarion jusqu'au-dessus du col de Voza, où il existe quelques petites ex-

(1) La forêt devait autrefois s'étendre beaucoup plus haut. M. Bernard nous faisait remarquer, en effet, au-dessus du col Lachat, des troncs âgés de sapins desséchés indiquant peut-être des changements plus ou moins importants dans le climat.

ploiements d'ardoises. Ce houiller manque sur l'autre flanc du synclinal, soit parce qu'il est resté en profondeur et a été laminé, ou bien parce qu'il a été fortement métamorphosé et il serait alors représenté par les schistes sériciteux et micacés (X b) de la carte géologique.

2° Une bande de Trias affleurant depuis le village du Lac jusque vers les Chavants. Ce Trias est constitué essentiellement par une alternance de schistes vert pâle, d'arkoses chloriteuses feldspatiques (Besimaudites) et de quartzites blanc verdâtre avec, parfois, des traînées de jaspe (embranchement de la vieille route des Houches). Ces quartzites reposent en discordance sur le terrain houiller sous-jacent. Cette bande de trias, beaucoup plus plissée et tourmentée que ne l'indique la carte géologique, présente en outre en son milieu un massif granitique (1) (type du granit de Vallorcine) avec schistes à séricite et cornes vertes. Cette bande de trias cesse au sud des Chavants : le contact avec le lias est masqué par le glacier, et l'on voit au delà le lias reposer directement sur le terrain houiller jusque dans la vallée de Bionnassay, au nord du col de Voza.

Sur le versant oriental du synclinal, le trias qui apparaît au sud de Chamounix, au hameau du Mont, entre les glaciers des Bossons et de Taconnaz, puis un peu avant le Nant de Bourgeat, forme une bande étroite sensiblement dirigée nord-ouest, sud-ouest, venant se terminer en pointe (probablement par suite

(1) E. HAUG, M. LUGEON et P. CORBIN, Sur la découverte d'un nouveau massif granitique dans la vallée de l'Arve entre Servoz et les Houches (*C. R. Acad. Sciences*, 29 décembre 1902).

Pour la géologie de la région, voir :

DE SAUSSURE, *Voyages dans les Alpes*, § 706, § 1141.

RUSKIN, *Proceed. of the Royal Soc. Edinburgh in A. FAVRE, loc. cit.*, t. III §§ 548-549, pl. XIX, fig. 2, pl. XVIII, fig. 9.

ZACCAGNA, Sulla Geologia delle Alpi occidentali, 1888 (*Boll. del R. Comitato Geologico*, n° 11-12).

Réunion de la Société géologique à Genève et Chamounix (*Bul. Soc. Géol.*, 3^e série, t. III).

A. MICHEL-LÉVY, Note sur la prolongation vers le Sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges (*Bul. Serv. Carte géol.*, n° 27).

E. RITTER, La bordure du sud-ouest du mont Blanc (*Bul. Serv. Carte géol.*, n° 60).

H. DOUXAMI, Une excursion au glacier de Tête-Rousse (Haute-Savoie) (*Ann Soc. Lin. de Lyon*, LII, 1905, pp. 53-76).

d'un laminage) au sud du chalet du Planet avant le col Lachat, et ne reparait que plus au sud sur le col de Tricot.

Le faciès de ce trias est tout différent de celui du versant occidental. Il est constitué, en effet, par des cargneules associées à des dolomies de couleur grisâtre et à de grandes masses de gypses. Ces couches, qui sont renversées, reposent sur des calcaires rugueux légèrement siliceux, peu épais et sur les schistes ardoisiers du Lias inférieur. Le trias est surmonté par un schiste argileux verdâtre et les schistes micacés et sériciteux (X b). C'est le faciès que présente le trias supérieur beaucoup plus à l'ouest, dans la région des Alpes calcaires.

Ce trias, épais de quelques mètres, joue cependant un rôle important dans l'histoire du torrent de la Griaz : non seulement il lui a fourni son nom, car *Griaz* ou *Gria* signifie, dans le patois des Houches, gypse, mais c'est aussi la présence de ce trias qui a, en quelque sorte, imposé la situation qu'il occupe à l'affluent de la Griaz, les Arrandelys dont les crues sont bien plus redoutables que celles de la Griaz proprement dite.

3° Le lias constitue pour ainsi dire toute la région qui nous occupe : butant par faille à l'ouest contre le houiller du Prarion, s'enfonçant sous le trias ou les schistes sériciteux à l'est. Ce sont des schistes argileux et argilo-calcaires, parfois un peu micacés, facilement délitables : ils constituent tout le versant septentrional du col de Voza-les-Houches, et, à l'est, s'étendent du sud-ouest au nord-ouest, depuis les Contamines, par le col de Tricot, le col Lachat-le-Planet jusqu'à la vallée de l'Arve.

A leur partie supérieure, c'est-à-dire vers le centre du synclinal, on voit s'intercaler dans ces schistes des bancs de calcaire marneux renfermant de nombreux fragments de bélemnite qui représentent le lias supérieur et probablement aussi le Jurassique moyen (Dogger) (Lavouet, est du Pavillon de Bellevue).

Toutes ces couches sont facilement délitables ; partout où la végétation n'existe pas, elles se présentent ravinées dans tous les sens, creusées de sillons profonds qui, entre chaque pluie, s'encombrent rapidement des débris détachés des parois de toutes ces ravines.

En outre de ces débris de toute grosseur provenant de la

désagrégation de la roche sous-jacente, il existe çà et là en maints endroits des placages de dépôts glaciaires plus ou moins étendus (sentier qui conduit à la maison forestière du Planet et surtout entre le Planet et le col Lachat). Ils proviennent de la dernière extension du glacier de la Griaz, dont on retrouve encore une moraine au col Lachat et un glacier mort au plateau des Rognes et au plateau de Pierre-Ronde (1).

La partie orientale du bassin d'alimentation des torrents de la région des couches est constituée, comme nous l'avons déjà indiqué dans un travail antérieur, par une bande de schistes micacés et sériciteux d'abord inclinés à 45 degrés et dont l'inclinaison va en augmentant au fur et à mesure qu'on avance vers l'est. Ils constituent les murailles presque à pic de toutes les montagnes qui limitent à l'est le bassin des Houches et, au point de vue qui nous occupe sont aussi facilement délitables, à peine recouvert çà et là de quelques gazons. On les rencontre jusque vers les Rognes et ils sont alors surmontés par les mica-schistes du mont Blanc qui constituent le plateau des Rognes, de Pierre-Ronde, de Tête-Rousse, de la Griaz, du Gros-Béchar, du Dôme et de l'aiguille du Goûter.

Toutes ces roches sont facilement délitables : les éboulements y sont faciles et fréquents et, sur toutes les pentes, s'accumulent en épaisseur plus ou moins grandes des masses de débris d'éboulis très mobiles qu'aucune végétation ne consolide, car l'altitude est trop élevée et que le moindre filet d'eau peut mettre en mouvement.

Tels sont, résumés en quelques lignes, les caractères essentiels des terrains qui constituent la région des Houches et, en particulier, le bassin d'alimentation du torrent de la Griaz.



Le Nant de la Griaz se jette dans l'Arve, juste en aval du Pont-des-Gures (2), de la route départementale de Genève à Chamounix, à l'altitude de 965 mètres. Avant d'atteindre l'Arve, le torrent a profondément entamé son cône d'alluvions sur une

(1) H. DOUXAMI, *loc. cit.*

(2) Son ouverture est de 16 mètres et il est très biais. Altitude du pont, 975 mètres.

longueur de 1.100 mètres. L'altitude des premiers affleurements de lias étant à l'altitude de 1.200 mètres, la pente moyenne est de 225 pour 1.000. Le cours de la Griez est d'ailleurs loin d'être fixé et régularisé, même dans le voisinage de son embouchure, et malgré les plantations d'aulnes (et, à l'abri de ces derniers, de jeunes épicéas) effectuées par l'administration des Forêts. A une crue antérieure, le torrent dévia brusquement sur la gauche et vint ravager le village même des Houches : une digue de graviers, de branches et de troncs d'arbres a été construite en travers de la brèche qui avait été faite et a parfaitement résisté jusqu'ici. Entre l'Arve et l'église des Houches se trouve la vieille route de Chamounix qui franchit la Griez par un pont de bois à l'altitude de 1.001 mètres et à 5 à 6 mètres au-dessus du torrent.

Au delà du cône de débris, la Griez traverse d'abord la bande orientale des schistes du lias : sa pente s'exagère beaucoup et a déjà nécessité la construction de plusieurs barrages de protection. La gorge s'encaisse peu à peu et de gros blocs de schistes sériciteux, de micaschistes éboulés des parties supérieures encombrant son lit et masquent souvent la roche en place.

Lorsque le torrent atteint l'affleurement triasique, il se partage en deux branches principales : la branche de droite est le Nant de la Griez proprement dit, dont le ravin, creusé dans les roches cristallines du versant septentrional du mont Blanc, remonte jusqu'au glacier actuel de la Griez (alt. 2,263 m.) : lors de la crue du 28 juillet 1905, à laquelle nous avons assisté, cet affluent n'a causé aucun dégât et, le 29, ses eaux légèrement grossies et boueuses étaient à peine peu importantes que la veille, son lit ne présentait aucune trace d'érosion récente ou de passage de lave. L'affluent de gauche, connu sous le nom de Torrent ou *Nant des Arrandelys*, a une direction sensiblement sud-ouest, nord-est, c'est-à-dire parallèle à l'axe du synclinal des Houches, col de Voza. C'est en effet un cours d'eau monoclinal coulant à peu près au contact du trias et des schistes du lias : il réalise d'une façon parfaite ce que nous pourrions appeler le type du paysage torrentiel (1). Les schistes micacés et sériciteux qui affleurent sur la rive droite sont plus résistants

(1) M. BERNARD, *Les terrains et les paysages torrentiels (Haute-Savoie)*. Notice pour l'Exposition universelle de 1900.

à l'érosion torrentielle que les schistes et calcaires marneux du lias qui affleurent sur la rive gauche ; de plus, la présence du gypse du trias supérieur est venue encore renforcer le pouvoir de l'érosion torrentielle et imposer aux Arrandelys le lit torrentiel que ce Nant occupe aujourd'hui et dans lequel il s'enfonce en provoquant des éboulements sur les deux rives. Sur la rive gauche, la friabilité et l'altérabilité du lias jouent un grand rôle ; sur la rive droite, le gypse, en disparaissant, provoque des éboulements considérables dans la masse des schistes micacés.

En temps ordinaire, le torrent a un bassin de réception principal à peu près à la hauteur de la maison forestière du Planet lorsque cesse l'affleurement du trias : il y a un escarpement abrupt d'une centaine de mètres de hauteur constituée surtout par le lias schisteux : le trias, dont le rôle est là bien manifeste, n'affleure guère que dans le fond de ce cirque.

En réalité, le bassin d'alimentation des Arrandelys comprend en outre une partie des pentes liasiques du versant oriental du mont Lachat et du col du même nom, pentes qui prolongent au sud-ouest le ravin du torrent et, plus à l'est, les pentes rapides couvertes de débris situées sous le plateau des Rognes : ce sont les affluents provenant de cette région qui ont joué le rôle principal dans la lave du 28 juillet 1905.

La crue du 28 juillet 1905. — En compagnie de M. Bernard, inspecteur adjoint des Eaux et Forêts, chargé du service de reboisement dans la Haute-Savoie et d'un de ses collègues attaché au ministère de l'Agriculture, nous partions vers midi du village des Houches pour le glacier de Tête-Rousse. L'orage nous força à nous arrêter sur le plateau des Rognes et à nous abriter dans l'une des cabanes de pierre construites lors de la construction du chemin forestier de Tête-Rousse. Nous étions loin de nous douter que la pluie qui nous accompagna jusqu'à la cabane forestière de Pierre-Ronde allait donner naissance, en dessous de nous, aux dégâts que nous aurions à constater le lendemain, à notre descente de l'observatoire de Tête-Rousse, où le temps nous avait paru bien court grâce aux intéressantes observations et expériences entreprises sur le glacier

et dont M. Bernard avait bien voulu nous donner la première (1).

Notre descente fut singulièrement accélérée lorsque, dominant à près de 3.000 mètres la vallée de l'Arve, nos porteurs nous signalèrent que le Pont des Gurrees ne se voyait plus, que l'Arve semblait avoir inondé non seulement la gare des Houches, mais tout le pays avoisinant. Un mot apporté par un guide nous rassura en nous annonçant que tout se réduisait heureusement à des dégâts matériels et nous permit, en descendant, de nous rendre compte de la marche du phénomène et de faire les constatations suivantes qui nous ont paru assez intéressantes pour devoir être consignées.

De Tête-Rousse à Pierre-Ronde et au plateau des Rognes, le sentier avait été coupé ou obstrué comme cela arrive fréquemment après chaque orage, mais ces petits torrents temporaires n'avaient causé que peu de dégâts sur les pentes. Il n'en était pas de même à la descente des Rognes, juste au-dessus des pentes herbeuses du lias. Si l'on regardait la paroi des Rognes, on voyait cette paroi sillonnée par une dizaine de ravines qui, la veille, n'existaient pas ou étaient à peine indiquées. Ces ravines prenaient naissance à différentes hauteurs dans les éboulis ou la paroi des Rognes et augmentaient rapidement d'importance et de profondeur. Déjà, à la hauteur du sentier muletier, qui avait été emporté en maints endroits, il existait de véritables ravines pouvant atteindre 20 mètres de large et une profondeur de plusieurs mètres. Les parois presque à pic de ces ravines et la grandeur de la pente générale du sol en rendaient la traversée plus ou moins facile. M. Bernard nous fit observer que, dans la plupart de ces ravines, plusieurs flots successifs avaient dû se produire, car l'on pouvait observer deux ou trois coulées de laves superposées indiquant le passage d'autant de masses d'eau et de boue ayant attaqué tantôt l'une, tantôt l'autre des deux rives de la ravine.

Tous ces petits torrents adventifs sont venus converger juste

(1) Il est à souhaiter que ces observations et que les expériences instituées de la façon la plus ingénieuse par M. Bernard et qui apportent sur les phénomènes glaciaires des données nouvelles des plus intéressantes, soient publiées.

au sommet du ravin des Arrandelys et, vraisemblablement, les flots de chaque torrent se sont succédé à peu d'intervalles, de sorte qu'il a dû se rassembler dans le haut du ravin une masse considérable d'eau et de boue. Les pâturages supérieurs de Planet avaient admirablement résisté : seules les ravines dues aux torrents venus de plus haut étaient marquées.

Dans le lit même du torrent des Arrandelys, les apports nouveaux soit d'eau, soit de matériaux meubles ont dû être faibles : on observait cependant sur la rive droite quelques ravines toutes fraîches dans les schistes sériciteux et micacés et quelques-uns des affleurements de gypse paraissaient avoir été plus ou moins érodés depuis la veille.

Quoi qu'il en soit, la masse d'eau boueuse chargée de graviers, de cailloux et de blocs volumineux qui est arrivée au voisinage du confluent de la Griez et des Arrandelys, c'est-à-dire lorsqu'elle a rencontré les premiers ouvrages de défense récemment édifiés, devait être animée d'une force considérable par suite de sa masse et de la grande vitesse acquise sur ces pentes rapides. Les blocs volumineux charriés ont agi comme de véritables béliers d'une puissance incalculable sur les maçonneries des barrages, et ceux-ci n'ont pu résister longtemps à l'action destructive de la lave. Rien n'était plus saisissant — surtout pour nous qui les avons vu la veille en parfait état et capables en apparence de résister aux assauts les plus considérables — de voir l'état de ces barrages après le passage de la lave. Quelques-uns étaient simplement découronnés de leurs dalles supérieures de revêtement, d'autres réduits à un ou deux de leurs piliers latéraux ou complètement éventrés. L'on pouvait, devant ces dégâts produits en quelques minutes, se faire une idée de la puissance de la masse qui en était la cause, alors que la veille un petit ruisseau clair y cascadaient joyeusement et qu'aujourd'hui, calmé de nouveau, il ne gardait comme trace de sa colère de la veille que des eaux à peine plus abondantes, mais complètement noirâtres par suite de la boue qu'elles charriaient encore.

A l'arrivée dans la région du cône d'alluvions, le flot s'est déplacé encore très rapidement, salissant de ses éclaboussures les aulnes de ses rives à une dizaine de mètres de hauteur en-

viron. La digue de la rive gauche a parfaitement résisté : un peu d'eau boueuse seulement avait réussi à mouiller le sol au delà. Dans la région basse, tout le flot fut heureusement porté sur la rive droite (1) qui a été fortement attaquée et affouillée, surtout un peu en amont du pont des Houches, où des sapins et des aulnes ont été arrachés : ceux restés debout étaient couverts de boue jusqu'à une hauteur de 10 à 15 mètres, indiquant la hauteur atteinte par la masse en mouvement dont le bruit était, d'après les habitants, comparable aux plus forts roulements du tonnerre. Les matériaux ainsi arrachés au cône de déjection, sans ralentir sensiblement la marche du phénomène, ont dû singulièrement augmenter la masse transportée.

Le pont des Houches (alt. 1.001 m.), si souvent emporté par les crues de la Griaz et si souvent reconstruit par les Ponts et Chaussées, a résisté cette fois-ci, bien qu'en aval, des blocs de plus de 1 mètre cube aient été transportés soit en dessous, soit par-dessus le pont. La culée droite a cependant été attaquée, son soubassement a été légèrement affouillé et son couronnement (situé à 5 mètres au moins au-dessus du torrent) a été enlevé sur plusieurs mètres de longueur : les dalles de granit qui le constituaient ont été arrachées et transportées en aval du pont à plusieurs mètres de distance. La balustrade en fer qui servait de garde-fou a été arrachée et tordue sur toute la moitié droite du pont ainsi que la moitié correspondante du tablier en bois. Le reste du pont était couvert de boues avec quelques blocs peu volumineux (2).

Entre le pont des Houches et l'Arve, c'est-à-dire sur la partie la plus récente et la moins inclinée de son cône d'alluvions, le flot a pu largement s'étaler : le chemin de la Gare, le bois d'aulnes qui se trouvait sur sa rive droite ont été détruits et,

(1) Si, comme il y a une dizaine d'années — à la même date, le 28 juillet — il s'était porté sur la rive droite, vers l'un de ses anciens lits, le village des Houches aurait été dévasté et on aurait eu probablement, étant donné l'heure de la crue, 7 heures et demie du soir, des accidents de personne à déplorer.

(2) Ces dégâts furent vite réparés et, dès le 29 et le 30, les automobiles pouvaient utiliser ce pont et la vieille route pour descendre de Chamounix au Fayet.

sur 200 mètres de largeur environ, ce n'était plus qu'une plaine de boue tenace, assez solide, dix-huit heures à peine après la crue pour supporter le poids de plusieurs personnes et sur laquelle semblaient pour ainsi dire flotter des blocs de toutes tailles, des troncs de sapins et d'aulnes.

La vitesse du flot était assez grande, non seulement pour lui avoir permis de traverser la vallée de l'Arve et la barrer complètement, mais encore pour faire remonter l'extrémité de la lave jusqu'à la gare des Houches sur la voie du chemin de fer électrique du Fayet à Chamounix à l'altitude de 990 mètres et à une distance de la vallée de plus de 50 mètres. La voie ferrée était recouverte d'une couche de débris atteignant 1 mètre d'épaisseur : les blocs de rochers étaient tellement volumineux qu'il fallait les briser en plusieurs fragments pour pouvoir les transporter facilement. La vitesse était encore assez considérable pour avoir pu amener jusque-là des blocs de plusieurs centaines de kilogrammes : les rails de la voie descendante avaient été déplacés et le rail amenant le courant arraché et tordu (1).

La masse énorme de matériaux transportés par la Griaz s'étala juste en aval du Pont des Gurres sur près de 100 mètres de largeur et sur une épaisseur de 10 mètres environ, en travers de l'Arve qu'elle barra complètement au moins pendant quelques moments. Le Pont des Gurres vit son ouverture complètement obstruée, l'Arve entravée et arrêtée par le barrage résistant qui venait de se produire éleva peu à peu le niveau de ses eaux et il se forma en amont un lac s'étendant à plusieurs centaines de mètres en arrière. Le niveau de ce lac ne cessa de s'élever que lorsque les eaux purent s'échapper par-dessus le sommet du parapet du Pont des Gurres. Plusieurs dalles de granit se descellèrent et furent entraînées en aval. Un peu plus tard, les eaux trouvèrent sur la gauche un débouché moins élevé en coupant la route départementale n° 4 de Chamounix près la maison servant de remise qui s'y trouvait. Cette maison, bien

(1) La circulation fut interrompue jusqu'au matin du 29 et il y eut, lors de l'arrivée du flot, une véritable panique chez les employés.

La voie descendante put être utilisée dès le 29, mais il fallut plusieurs jours aux vingt-cinq ouvriers employés pour débayer la voie des débris apportés par la Griaz.

que minée par le pied, résista cependant, et les eaux purent alors commencer à déblayer la masse de débris apportée par la lave. Les poteaux téléphoniques reliant la gare aux Houches, les poteaux télégraphiques de la route de Chamounix avaient été arrachés et toute communication avec le reste de la vallée, en aval, fut ainsi supprimée pendant plusieurs jours : pour atteindre la gare, il fallait faire un détour de plusieurs kilomètres jusque par le Pont-Sainte-Marie et suivre alors la route profondément ravinée par les eaux qui, du barrage de la gare, avaient regagné l'Arve par cette voie.

La crue de l'Arve en aval fut insignifiante : l'usine électrique de la Compagnie P.-L.-M. installée au Pont-Sainte-Marie n'eut pas à souffrir : le canal d'adduction des eaux fut simplement encombré par les troncs d'arbres apportés par le torrent. On peut évaluer à plus de 20.000 mètres cubes la masse totale de débris qui a été déposée en aval du Pont des Houches depuis ce point jusque sur la rive droite de l'Arve, à la gare des Houches et au mois d'octobre, comme en témoignent les photographies que j'ai sous les yeux, les traces des dépôts apportés par ce flot de lave étaient encore nettement visibles sur les deux flancs de la vallée et l'Arve n'avait pas encore pu réussir à déblayer complètement son lit (1).

(1) Ces crues de la Griaz sont fréquentes et sont souvent plus considérables encore que celle que nous étudions : on avait prédit depuis longtemps que la gare des Houches placée juste en face de l'embouchure de la Griaz serait emportée : les avertissements, qui ont failli se trouver réalisés cette année avaient été prodigués à la Compagnie P.-L.-M. qui ne paraît pas en avoir tenu compte.

En étudiant les dépôts apportés par la Griaz en quelques minutes, nous ne pouvions aussi nous empêcher de penser au projet d'accès en chemin de fer au sommet du mont Blanc, de MM. J. et H. Vallot (*projet Saturnin Favre*) (*Chemin de fer des Houches au sommet du mont Blanc, Etudes préliminaires et avant-projet*, par J. VALLOT et H. VALLOT, Paris, Steinheil, 1899) utilisant la force de l'Arve captée juste en amont du Pont des Gurses. La Griaz, avec ses crues subites et redoutables par suite de la grande quantité de matériaux solides charriés et qui viennent fréquemment encombrer et même barrer en partie le lit de l'Arve, était bien connue de M. H. Vallot, aussi son avant-projet contenait-il (p. 64, etc.) l'établissement, en amont du Pont des Gurses, sur la rive gauche, d'un réservoir pouvant contenir 20.000 mètres cubes d'eau et qu'une vanne de chasse permettait de laisser, en vingt à trente minutes, sur les talus des remblais du torrent. Il nous semble que, malgré cette précaution, la crue du 28 juillet 1905 aurait occasionné des dégâts importants dans les installations projetées.



L'étude des dépôts formés par cette lave torrentielle de la Griez va nous permettre d'attirer l'attention sur un certain nombre de caractères des alluvions torrentielles sur lesquels nous avons déjà insisté dans ce qui précède (1). Ces dépôts étaient constitués par une boue fine, tenace, grise, très plastique lorsqu'elle est imbibée d'eau, mais devenant extrêmement dure par la dessiccation pour redevenir d'ailleurs très fluide et très instable lorsque l'eau l'a de nouveau complètement imprégnée. Cette boue provient surtout de la désagrégation des schistes du lias et du houiller et aussi de la remise en mouvement des dépôts de transport que nous avons signalés çà et là à la surface du bassin de réception du torrent de la Griez, des éboulis sur les pentes et dans le lit du torrent et enfin des matériaux d'origine variée (glaciaire et torrentielle) arrachés au cône de déjection. C'est grâce à cette boue que l'eau animée d'une grande vitesse a pu transporter des blocs de toutes tailles et les amener en aval du Pont des Houches et sur la rive opposée de l'Arve. A la surface de ces dépôts boueux, épais par endroits d'une dizaine de mètres et dans l'intérieur de cette boue se trouvent des troncs de sapins et d'aunes, des blocs rocheux de grosseur et de nature variées. Nous en avons mesuré qui dépassaient 3 mètres cubes, sur les deux rives de l'Arve, et nous y avons vu des fragments de calcaire liasique, de cargneules et de calcaires dolomitiques, de micaschistes, de granulite avec tourmaline, etc., en un mot, de toutes les roches qui se rencontrent dans le bassin d'alimentation du torrent. Si quelques blocs de micaschistes ont pu descendre directement avec le flot de l'arête des Rognes jusque dans la plaine, il est probable qu'ils provenaient d'éboulis anciens (2), des derniers

(1) La catastrophe de Saint-Gervais avait déjà permis en 1892, d'étudier, dans la plaine du Fayet, de tels dépôts.

(2) La présence d'un glacier mort sous le plateau des Rognes, occasionne, depuis quelques années, par suite de la fusion progressive, des éboulements extrêmement fréquents. Nous en avons constaté des traces en montant le 28 juillet dans les pâturages sous le mont Lachat.

dépôts glaciaires de la vallée et de la Griaz ou de ceux déposés dans le cône d'éboulis. C'est ainsi qu'à côté des blocs d'amphibolite et de granulite provenant des Rognes ou des flancs de l'aiguille du Goûter, il y avait aussi des blocs de protogine qui n'ont pu être empruntés qu'à des dépôts glaciaires anciens du glacier de l'Arve.

Tous ces blocs, surtout les plus volumineux, quelle que soit leur nature ou leur origine probable, étaient à peine roulés et leurs angles à peine émoussés. L'arrangement des matériaux est quelconque, la stratification n'existe pas et la boue grise qui cimente le tout a les plus grandes analogies avec la boue glaciaire qui caractérise les moraines de fond des glaciers (1).

De tels dépôts ont dû se produire évidemment dans toutes les régions montagneuses et à toutes les époques de l'histoire de la terre, et encombrer un grand nombre de vallées. Bien plus — et le flot de lave torrentielle que nous étudions en ce moment en est un bel exemple — ces dépôts torrentiels ont pu traverser toute la vallée malgré la présence d'un cours d'eau beaucoup plus important comme l'Arve, et sont même remontés à une certaine hauteur sur l'autre versant. Par suite, des portions de barrage peuvent ainsi subsister en travers des vallées et imiter à s'y méprendre une ancienne moraine de retrait d'un glacier (2). Aussi, dans la vallée de l'Arve en particulier, avons-nous déjà indiqué l'impossibilité presque absolue pour le géologue de faire, dans les dépôts du fond et du flanc de la vallée, la part qui revient à chacune des catégories de transport. Nous irons même plus loin et nous dirons que l'examen d'une lave torrentielle devait être pour de Saussure (et pour les rares géologues qui ne croient pas aux phénomènes glaciaires) un argument de grande valeur en faveur d'une débâcle générale ayant permis aux eaux d'amener des blocs erratiques jusqu'aux environs de Genève !

(1) Sur les flancs du Niederhorn, près Saint-Beatenberg, nous avons recueilli, il y a quelques années dans les alluvions d'un torrent au-dessus des dépôts glaciaires anciens, des cailloux arrondis et striés qui nous ont paru d'origine exclusivement torrentielle.

(2) M. L. CAREZ, Note sur les enseignements de la catastrophe de Bozel (Savoie) (*B. Soc. Géol. de Fr.*, 4^e série, t. V, p. 519), a tout récemment appelé l'attention des géologues sur ce « facies » des dépôts torrentiels.

*
**

Les laves et les dépôts torrentiels ne sont pas d'ailleurs les seules formations qui peuvent être prises pour des dépôts d'origine glaciaire : les éboulements de montagne jouent aussi fréquemment ce rôle, surtout lorsqu'ils se produisent en masse considérable, entraînant avec eux des pierres de toutes tailles aux angles aigus, des amas de terre et de débris végétaux.

C'est ainsi que, sur le versant méridional du massif de Platé, le long de la vallée de l'Arve, sous les Fiz, l'aiguille de la Derotzia, la pointe de Platé, les aiguilles de Varens et la Croix-de-fer, les éboulis anciens et récents se sont mélangés ou ont recouvert les dépôts morainiques apportés par le glacier de la Diosaz sur la rive droite du glacier de l'Arve. Les formes topographiques actuelles ne permettent aucune distinction entre ces dépôts d'origine différente que seuls les blocs cristallins venant des Aiguilles Rouges ou du massif du mont Blanc permettent de soupçonner.

De même le fond du cirque de Salles, derrière les Fiz, est encombré par une masse énorme de débris où sont mélangés en désordre les blocs d'urgonien, de gault, de sénonien, de calcaire nummulitique, de poudingue du Flysch et de grès de Tavernaz à peine cimentés, il est vrai, par la boue résultant de la situation des couches schisteuses du sénonien ou de nummulitique, mais rappelant une moraine d'une façon frappante (1). Dans la plupart des vallées du Platé, comme nous l'avons déjà indiqué dans un travail précédent (2), les éboulis et le glaciaire sont presque toujours confondus et difficiles à distinguer.

Nous nous rappelons avoir observé autrefois, avec MM. M. Bertrand et Revil sur le grand plateau qui sépare le col du

(1) Les avalanches de neige sont aussi très fréquentes sur ces pentes abruptes et augmentent chaque année le front de ces débris : quelques-unes des roches qu'on y rencontre n'existent plus dans l'arête qui les surmonte.

(2) H. DOUXAMI, Les phénomènes glaciaires et post-glaciaires du Désert de Platé (Haute-Savoie) (*Ann. Soc. Linn., Lyon*, 1903).

Cornet d'Arrèche des Chapieux (Tarentaise) un éboulement de trias, lias, brèche polygénique nummulitique du flanc méridional, qui avait traversé tout le plateau et dont les débris avaient été transportés à une centaine de mètres sur l'autre versant de constitution géologique toute différente et où ils constituaient en quelque sorte des blocs erratiques.

Il serait évidemment facile de multiplier ces exemples, aussi bien dans la chaîne des Alpes que dans celle des Pyrénées. Dans l'Himalaya, les laves de boues provenant soit des pluies, soit des neiges, atteignent, d'après les explorateurs, une intensité remarquable dans la plupart des hautes vallées. Mais le but que nous nous proposons en décrivant quelques-uns des phénomènes torrentiels dont nous avons été témoin dans nos courses alpines, était simplement, grâce à des faits bien précis et non douteux, d'attirer l'attention des géologues et des géographes sur l'origine de certains dépôts de transport à « faciès » morainique et de les mettre ainsi en garde contre certaines généralisations rapides, et de montrer que l'étude des dépôts de transport pleistocènes et récents — et, *a fortiori*, des dépôts de telle nature qui se sont formés aux périodes géologiques antérieures à la nôtre — ménage plus d'une surprise aux observateurs superficiels (1).

Lille, le 1^{er} mars 1906.

(1) Dans la curieuse région du Ries, en Franconie, les brèches à cailloux striés, considérés comme ayant une origine glaciaire et reposant parfois sur la surface polie et striée du calcaire jurassique, seraient dues, d'après M. Branco (*Das Vulkanische Vorries etc., Abhandl. der K. Pr. Akad.*, 1901, p. 1; 1902, décembre; *Sitzungsberichte der K. Preuss. Akad.*, 1901, p. 501) à ce que les masses qu'elles constituent, engendrées par la destruction volcanique de la couverture du Ries, ont été entraînées sous pression à la surface des terrains sous-jacents.

Dans les Karpathes méridionales, M. E. DE MARTONNE, pour y établir l'existence d'une période glaciaire (*C. Geol. int.* CR IX, session Vienne 1903, Vienne 1904, p. 691-702, 2 fig. cartes et schémas) s'est entouré avec raison de toutes les précautions géologiques et géographiques pour éviter les causes d'erreur que l'étude seule des dépôts superficiels aurait pu amener.

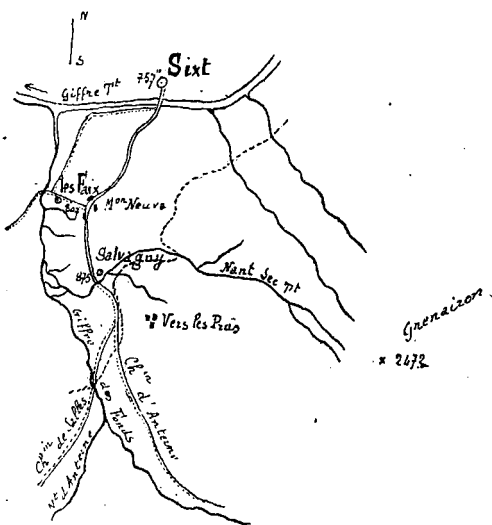


FIG. 1. — Le Nant-Sec et le Giffre

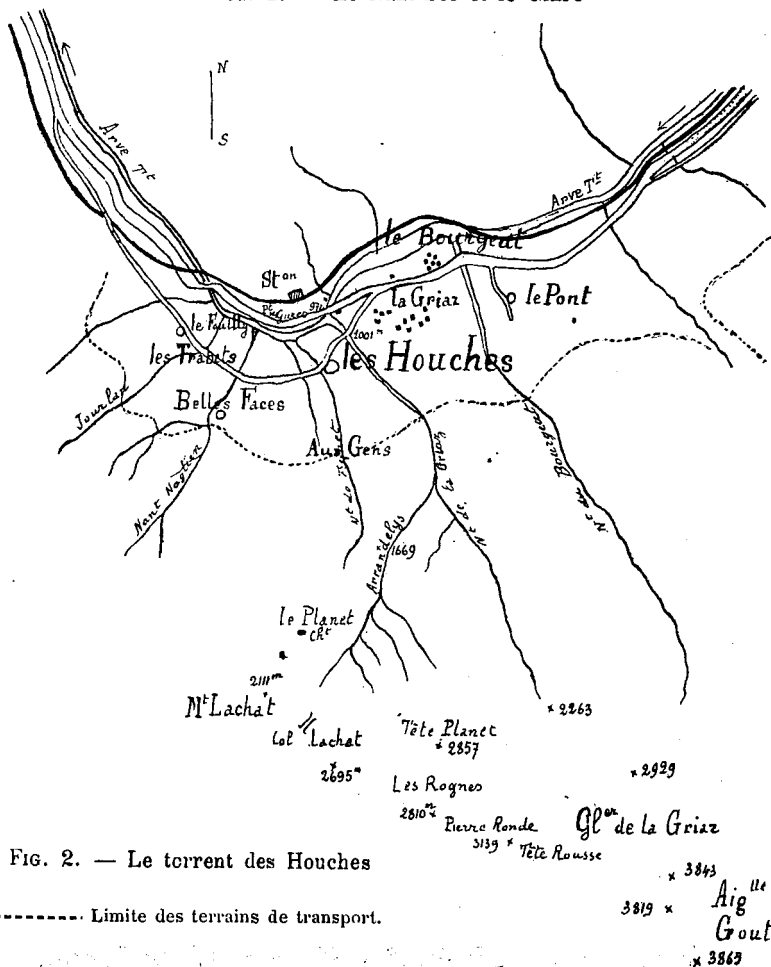


FIG. 2. — Le torrent des Houches

----- Limite des terrains de transport.