

## Les coulées de blocs du Parc national suisse d'Engadine (Note préliminaire)

André Chaix

---

**Citer ce document / Cite this document :**

Chaix André. Les coulées de blocs du Parc national suisse d'Engadine (Note préliminaire). In: Le Globe. Revue genevoise de géographie, tome 62, 1923. pp. 1-35;

doi : <https://doi.org/10.3406/globe.1923.5609>

[https://www.persee.fr/doc/globe\\_0398-3412\\_1923\\_num\\_62\\_1\\_5609](https://www.persee.fr/doc/globe_0398-3412_1923_num_62_1_5609)

---

Fichier pdf généré le 09/05/2018

# MÉMOIRES

---

## LES COULÉES DE BLOCS

DU

PARC NATIONAL SUISSE D'ENGADINE

(*Note préliminaire*)

PAR

**André CHAIX**

Dr ès sciences

---

### PRÉFACE

La *Commission scientifique du Parc national suisse* a chargé en 1917 M. le professeur Émile Chaix de faire une étude du Parc au point de vue de la géographie physique <sup>1</sup>, et c'est lors d'une de ses randonnées au Val Sassa qu'il remarqua pour la première fois une des *coulées de blocs*.

A sa demande, la Commission scientifique m'a chargé de continuer le travail sous sa direction. De là mes trois séjours au Parc national : 27 jours en juillet et août 1918, 24 jours en juillet 1919 et 15 jours en 1921. Lors du premier séjour il a fallu habiter 17 jours sous la tente au bas du Val Sassa

<sup>1</sup> *Les formes topographiques du Parc national suisse*, par Émile Chaix, professeur, 1918, dans une brochure contenant aussi *Die Flora des Nationalparkgebietes im Unterengadin*, von C. Schröter, Separatabdr. d. Jahrbuchs des S. A. C., 52. Jahrgang, ou Naturschutz, Oberalpstr. 11, Bâle.

et dans le troisième séjour, nous avons utilisé pendant une semaine la cabane de Punt Périf, au bas du Val dell'Acqua (Val dell'Ova). La plus grande partie de ces séjours a été consacrée à l'étude des coulées de blocs. M. Émile Chaix a eu l'obligeance de venir nous mettre au courant, lors de la première expédition ; puis il a fait avec moi le levé de la coulée de blocs du Val dell'Acqua ; M. Henri Mozer a fait avec moi tout le premier séjour, particulièrement pénible, et a contribué au levé topographique de la coulée du Val Sassa ; enfin M. Fernand Chodat a fait le deuxième séjour et a participé notamment à l'établissement des points de repères sur les coulées et ailleurs.

Il m'eût été impossible de faire cette étude des coulées et d'autres phénomènes de géographie physique dans le Parc national sans l'appui financier que la Commission scientifique du Parc national et l'Université de Genève ont bien voulu m'accorder, et sans l'aide scientifique et pratique de mes dévoués collaborateurs. Je leur exprime à tous ma profonde reconnaissance.

Le résultat des études scientifiques exécutées au Parc national devra paraître un jour dans les publications de sa Commission scientifique. Or les quelques communications que j'ai faites sur le sujet spécial des coulées de blocs ont prouvé que le sujet intéressait de nombreux observateurs, mais qu'il était mal compris. Il fallait donc que l'aspect des coulées fût présenté le plus vite possible par la photographie et la carte pour que le phénomène pût être identifié et étudié ailleurs, puis discuté par d'autres avant que le travail définitif fût livré. C'est pour cela que j'ai accepté avec empressement l'offre que la Société de géographie de Genève m'a faite d'insérer cette note dans ses Mémoires. Je la remercie vivement de la faveur qu'elle me fait.

---

## INTRODUCTION

Le phénomène des coulées de blocs a déjà été décrit dans les îles Falkland par J.-G. Anderson, dans les montagnes de San Juan, Colorado, États-Unis, par Whitman Cross et Howe, en Alaska par S.-R. Capps ; E. de Martonne le signale dans son *Traité de Géographie physique* et M. A. Alix en cite au-dessus du Col du Lautaret. En outre, des phénomènes analogues ont été mentionnés par Wl. Clerc dans l'Oural, par W. Salomon (Heidelberg) dans l'Odenwald, par Bertil Högbom en Finlande, en Scandinavie, etc, par Ch. Bénard en Nouvelle-Zemble, et le professeur Arn. Heim m'en signale en Nouvelle-Zélande, etc.

En Suisse, M. le prof. Arn. Heim a décrit des débâcles de torrents, des coulées de boue et des éboulements ayant certaines analogies de formes avec les coulées de blocs du Parc national<sup>1</sup> ; mais de véritables coulées de blocs, semblables aux « rock glaciers » des San Juan Mountains semblent n'avoir encore été mentionnées nulle part en Suisse. La rareté de ce phénomène proviendrait de ce que les particularités géologiques de la Basse Engadine ne se rencontrent guère dans le reste de la Suisse.

Après une excursion scientifique que M. le professeur Émile Chaix fit au Parc national en 1917, il signala le premier cette forme de relief bizarre, au fond du Val Sassa, mais n'eut pas le loisir de l'examiner avec précision. Pendant les études que nous avons effectuées dans le Parc national durant les étés 1918, 1919 et 1921, nous avons reconnu la présence de quatre coulées de blocs et nous avons étudié en détail les deux plus grandes d'entre elles.

Je commencerai par celle qui est le plus accessible et que nous avons examinée le plus longuement, celle du Val Sassa.

<sup>1</sup> Voir aussi Ét. Ritter, *Bordure Sud Ouest du Mont-Blanc*, 1897, p. 151, éboulement de la Grande Pierrière.

## CHAPITRE I.

## COULÉE DE BLOCS DU VAL SASSA

Le Val Sassa, entre 2000 et 2500 m. d'altitude, est bordé de deux crêtes rocheuses qui le dominent de 300 à 500 m. ; son fond est entièrement formé de picraille anguleuse, sur 2 1/2 km. de longueur et 400 m. de largeur au moins à vol d'oiseau ; plus haut il est occupé par une étendue de neige persistante qu'il serait exagéré de qualifier de glacier. (Suivre sur la carte du Val Sassa ci-jointe, et voir fig. 1, 2, 3 et 4).

Pour la facilité de l'exposé, je diviserai la coulée de blocs en trois secteurs inégaux : *secteur aval* jusqu'au dessous de F, *secteur moyen* jusque vers O, et *secteur amont* au-dessus de ce point.

L'ancienne extension d'un glacier du Val Sassa est nettement indiquée par deux fortes moraines latérales, qui courent sur toute sa longueur, au bas des pentes d'éboulis. Mais à leur partie inférieure, à l'endroit où on devrait avoir une simple moraine frontale, on trouve que le fond du lit glaciaire se prolonge en une épaisse langue de cailloutis qui est la partie la plus apparente de la coulée de blocs (jusque vers F sur notre carte). Comme on peut le voir sur la carte, ce *secteur aval* est une terrasse qui mesure 75 m. de largeur à son extrémité. Elle domine les éboulis avoisinants d'un peu plus de 3 m. sur ses bords ; ceux-ci sont limités par une pente de talus très nette et assez raide pour qu'il soit impossible d'y monter sans efforts et sans faire crouler une quantité de pierres.

Le front, avec sa pente raide qui domine d'une vingtaine de mètres, a une apparence assez frappante et ressemble à

celui d'une coulée de lave (fig. 2). A cause de son humidité, il est presque toujours plus foncé que le reste de la coulée ; on y voit des pierres semblables à celles des éboulis et une sorte de terre grise qui pourrait venir de leur trituration. Au bas de la pente on remarque une accumulation des blocs les plus gros (diamètre 50 cm.), qui s'en sont évidemment détachés; tout en haut, les pierres de la surface arrivent jusqu'au bord et semblent prêtes à culbuter. Sur la pente frontale, on remarque quelques petites surfaces d'arrachement. La pente frontale présente encore une particularité, très visible sur les photographies et sur la carte: c'est de former à sa partie supérieure un angle net avec la surface de la coulée, et, à sa partie inférieure, un angle tout aussi net avec le substratum. Il est évident que des formes semblables qui ne seraient pas sans cesse rafraîchies s'atténueraient complètement sous l'action de la pluie. Cette forme prouve que les écroulements partent d'en haut et indique, par conséquent, que la surface de la coulée va plus vite que ses couches inférieures. On comprend, dès lors, que ce front puisse avoir tous les caractères d'un devant de coulée de lave, puisque les vitesses sont réparties de la même façon.

Le *secteur moyen* diffère sensiblement du secteur aval par le fait qu'il est encadré par des moraines latérales. Les courbes de niveau de la carte indiquent suffisamment la position de la surface de la coulée par rapport aux terrains voisins. Vers F et G elle est encore un peu plus haute que les terrains environnants; vers J, K, L, elle est un peu en contre-bas des éboulis et en même temps passablement rétrécie; au niveau de N cet enfoncement est encore plus marqué. Les moraines latérales qui la limitent sont peu élevées et doubles vers F et G (fig. 3), puis deviennent simples et très élevées vers J, K, L. Nous verrons plus loin que les détails de la surface diffèrent un peu suivant les secteurs.

Dans le *secteur amont*, au-dessus de O et du point 2483, le fond de vallon est sans cesse occupé par des névés, et les deux moraines un peu convergentes que l'on voit surgir dans cet endroit ne sont pas placées dans le prolongement des précédentes et pourraient être d'une autre époque. C'est là que s'avance une deuxième langue de terrain en relief (N sur la carte et fig. 4). En 1918 et 1919, comme elle n'émergeait des névés que de 3 m. et que ses côtés étaient aussi ensevelis dans les neiges, nous ne nous sommes pas rendu compte de son importance. Mais en 1921, année sèche, la neige ayant disparu, nous avons reconnu que c'était une petite coulée de blocs, aux formes moins typiques que la grande sur le dos de laquelle elle repose. Ses formes plus émoussées font supposer que son mouvement est faible ou nul. Sa dimension réduite suffirait peut-être à expliquer ce manque de mouvement qui paraît bizarre dans une coulée d'origine plus récente que la grande. En effet, cette petite coulée pourrait être issue du lit qu'aurait occupé le glacier pendant la dernière crue notable, celle du dernier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle. Ce lit aurait été limité par les deux moraines convergentes dont l'une se termine au point 2483 de notre carte.

*Formes superficielles.* — La surface de la coulée de blocs du Val Sassa, ainsi que l'ancien lit glaciaire dont elle est le prolongement, présentent des formes de détail assez irrégulières et difficiles à définir.

Sur les bords, notamment dans le secteur aval, la masse de cailloux est fréquemment arrangée en petites crêtes arrondies ou bourrelets, hauts de 50 cm. ou 1 m., larges de quelques mètres ; ils courent dans le sens de la longueur de la coulée et parallèlement entre eux et sont séparés par les sillons. Ils forment deux zones marginales. Sur la carte du Val Sassa, ces sillons sont indiqués par des lignes interrompues.

Entre ces deux zones marginales, la partie médiane présente, surtout dans le bas de la coulée, vers F et G, des bourrelets arqués et concentriques sensiblement plus volumineux ; l'un d'entre eux arrive jusque sur le front lui-même.

Les données que nous possédons maintenant sur le mouvement des coulées de blocs nous permettent d'expliquer ces deux formes de détail très habituelles, qui sont aussi fréquentes sur la coulée du Val dell'Acqua <sup>1</sup>. Pour les petites crêtes parallèles au bord, je suggère deux explications : ou bien, le milieu de la coulée allant plus vite que les bords, il se fait des fissures de décollement parallèles les unes aux autres, puis l'eau de pluie y passant plus facilement qu'ailleurs y entraîne le matériel fin en profondeur, si bien que les espaces intermédiaires restent relativement en relief. Ou bien le mouvement de la partie médiane exerce une compression sur les côtés qui se « plissent » en rides perpendiculaires à la pression.

Les bourrelets arqués proviendraient de ce que la surface va plus vite que les couches sous-jacentes. Toutes les parties de la surface, gênées par le frottement sur les couches ralenties, auraient tendance à se mettre en rouleaux transversaux ; et comme les bords, eux aussi, sont ralentis, cette formation en rouleaux se ferait aussi dans la direction des bords, d'où la forme arquée des bourrelets.

<sup>1</sup> M. le prof. Arn. Heim nous fait remarquer que les formes de surface caractéristiques des coulées de blocs se retrouvent dans les éboulements, dans les coulées de lave, dans les glissements de terrains argileux, dans les avalanches de fond et surtout dans les débâcles de torrents comme celles qu'il a eu l'occasion d'étudier au Sœrenthal (Entlebuch) et au Lammbach (près de Brienz). Dans ce dernier cas la masse en mouvement avait l'air d'une coulée de lave ; elle contenait énormément de pierres anguleuses en comparaison de la quantité d'eau, et son front, haut de 2 à 5 m., avançait de 10 cm. à 1 m. par minute.

M. le prof. Mercanton, en faisant les mêmes remarques générales, insiste sur l'analogie avec les bourrelets transversaux qui naissent régulièrement au pied des rapides des glaciers (Gl. d'Arolla, Grindelwald supérieur en crue, Gl. du Géant, etc.). Selon lui le phénomène se produirait toutes les fois qu'un solide s'écoulerait dans les mêmes conditions.



La partie moyenne de la coulée présente quelques sillons transversaux dont l'aspect fait penser à des crevasses transversales de glaciers qui seraient oblitérées par une couche de cailloux (à l'W de G ; à l'W de H ; à l'E de K). Des exemples analogues et même assez nombreux se présentent dans le secteur supérieur de la coulée de blocs du Val dell'Acqua. Comme, dans les deux cas, elles sont situées plutôt en amont dans la coulée elles pourraient être des plans de décollement aux endroits où la partie inférieure avance plus vite que la partie supérieure.

Presque toutes les formes de détail décrites jusqu'ici sont mentionnées par E. Howe pour les coulées de pierres des San Juan Mountains et se retrouvent aussi sur des éboulements, des coulées de boue et des coulées de lave.

Dans le secteur moyen, les formes sont très accusées, mais plus irrégulières : il y a des monticules arqués semblables à de petites moraines frontales, des monticules en dômes hauts de 3 ou 4 m. (entre 2334 et J, ou 80 m. au S de K), et surtout quelques sillons longitudinaux profonds de 2 ou 3 m. et assez continus (à 100 m. au S de K, et entre 2372 et L). Il paraît vraiment impossible de mettre ces formes en relation avec le mouvement de la coulée, à supposer même qu'il existe encore dans ce secteur. Faute d'une meilleure explication, on peut se demander si les avalanches les auraient produites en apportant plus ou moins de pierraille et en fondant irrégulièrement ; ou bien si cette région, profondément en contre-bas des moraines latérales, ne présenterait pas simplement les irrégularités d'un lit glaciaire. Au Val dell'Acqua où ces monticules et ces sillons, plus accusés encore, sont représentés dans le secteur supérieur de la coulée, ces deux hypothèses paraissent seules plausibles <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Il ne me paraît pas possible que les longs sillons mentionnés ici aient la même origine que ceux que MM. de Quervain et Schnitter mentionnent comme effet de l'érosion glaciaire à la surface d'un drumlin au Bifertengletscher (Glaris).

Enfin, si l'on voulait signaler toutes les formes bizarres contenues dans le Val Sassa, il faudrait encore parler des bourrelets arqués et en terrasses que présente l'éboulis vers la lettre M de notre carte.

*Matériaux.* — Les matériaux visibles à la surface de la coulée de blocs du Val Sassa sont des pierres anguleuses, absolument semblables à de l'éboulis, et c'est seulement dans quelques endroits qu'elles sont mêlées à une sorte de terre, dans laquelle poussent, à grands intervalles, quelques touffes chétives de végétation<sup>1</sup>. Ces pierres sont en moyenne grosses comme les deux poings.

A 30 m. en arrière du front, nous avons fait un creux dans cette pierraille ; mais, avec les moyens insuffisants dont nous disposions, nous n'avons pas pu aller au-delà de 1 m. 20. Nous avons trouvé : à la surface une couche de 10 ou 20 cm. du matériel de surface décrit ci-dessus, sans trace de terre, qui avait été probablement enlevée par la pluie ; au-dessous, une zone assez mince de cailloux sensiblement plus petits<sup>2</sup>. On passait au-dessous à une masse compacte formée de boue gris-noirâtre et humide, mêlée de beaucoup de cailloux anguleux de tous calibres. Les constatations faites dans cette modeste fouille ont leur importance, car on comprendra mieux le mouvement de la coulée, sachant qu'elle contient de la boue. Du reste, en creusant à 50 cm. de profondeur dans la pente frontale, nous avons trouvé de nouveau cette même terre foncée et humide avec des cailloux. En voyant l'aspect du Val Sassa ou du Val dell'Acqua, qui sont entièrement remplis de cailloux anguleux, on se demande comment la coulée de blocs peut contenir tant de boue. Celle-ci pourrait provenir de la trituration des pierres par le glacier ou

<sup>1</sup> Notamment *Papaver rhaeticum* et *Hutchinsia petræa*.

<sup>2</sup> Ces petites pierres avaient une couleur blanc-jaunâtre tandis que celles de la surface sont gris-clair ; il s'agit là probablement d'une différence de lichens.

par le mouvement même de la coulée, et il ne faut pas oublier non plus que les couches du Rhétien, qui donnent à ces vallons leur aspect rébarbatif, contiennent cependant une multitude de lits schisteux très minces, intercalés entre leurs bancs calcaires.

Mêlés aux pierres anguleuses de la coulée, on rencontre de temps à autre des cailloux aux angles émoussés et aux faces griffées en tous sens. Dans les matériaux de la pente frontale on en trouve même beaucoup ; sur les flancs jusqu'à 200 m. de distance en amont du front, on en trouve déjà sensiblement moins, et, plus en amont encore, ils manquent complètement. Ces pierres doivent sûrement leur aspect aux frottements qu'elles ont exercés les unes sur les autres dans la progression de la coulée, car elles n'ont pas l'aspect de pierres striées d'une moraine de fond.

*Mouvement de la coulée.* — La première constatation de ce mouvement a été faite par un procédé primitif. J'avais planté un bâton juste au pied de la pente frontale. Après deux jours de pluie, les grosses pierres, qui étaient tombées, l'avaient couché par terre ; quelques jours après, il était complètement recouvert.

En été 1918, sous les auspices de la Commission scientifique du Parc national suisse, nous avons établi des repères sur la coulée du Val Sassa pour vérifier son mouvement et le mesurer<sup>1</sup>. L'un des observateurs se plaçait à un des points de repères rocheux, marqué d'une façon définitive et situé près de la lettre A de la carte ; puis, tenant un fil à plomb devant son œil, il le profilait sur un point de repère choisi dans les rochers d'en face, vers le point 2297. Sous sa direction le second opérateur peignait en rouge un certain

<sup>1</sup> Le détail de ces travaux et leurs résultats scientifiques ont été remis précédemment aux archives de la Commission scientifique du Parc national (cahier des repères).

nombre de pierres situées sur la coulée de blocs de façon qu'elles se détachent exactement dans l'alignement donné par le fil à plomb. Les erreurs qui pouvaient se produire avec ce mode de travail étaient au maximum de 10 ou 15 cm.

Nous avons visité cet alignement de 16 pierres en été 1919 et, comme le mouvement effectué était très sensible, nous avons peint une nouvelle rangée en brun, puis mesuré la progression. En été 1921, nous avons effectué le même travail et peint encore une rangée en jaune. La figure placée à l'angle de la carte du Val Sassa donnera une idée de cette progression, mais il faut prendre garde en l'examinant que les distances de progression ont été marquées à une échelle autre que les intervalles entre les pierres, et que les observations manquent dans l'année intermédiaire 1920.

On se rend compte par cette figure, ou par la table de chiffres page 12, que la progression s'est effectuée comme dans un glacier, une rivière ou tel autre fluide. Une large *zone médiane*, représentant peut-être la moitié de la largeur totale, a avancé avec un certain ensemble, faisant des chiffres variant entre 1 m. 30 et 2 m. pendant la première année, et allant de 1 m. 05 à 1 m. 37 pendant les années suivantes et donnant une moyenne totale, pour les huit points de la partie médiane, de 1 m. 35 par an. C'est cette zone médiane qui présente les formes en bourrelets arqués mentionnés à la page 7, et, parmi les points de repères, les plus fortement déplacés sont situés sur ces bourrelets.

Dans les deux *zones marginales*, représentant chacune un quart de la largeur, les vitesses vont en décroissant. Le repère extrême de la rive droite était resté immobile pendant la première année, puis avait avancé de 40 cm. de 1919 à 1921. Le repère le plus extrême de la rive gauche avait avancé de 85 cm. en 1918-19, puis il a roulé hors de la coulée entre 1919 et 1921, montrant par là que la masse a aussi

un mouvement divergent. Ce mouvement divergent doit forcément exister puisque le milieu va plus vite que les bords, et la forme parfaitement nette des talus de bordure prouve qu'ils se renouvellent par écroulement comme la pente frontale. On pourra voir sur la carte que les zones marginales, où les vitesses sont graduellement ralenties, coïncident avec celles où l'on rencontre des sillons à peu près longitudinaux. Pour ce qui concerne les derniers cent mètres de la coulée, on pourrait presque dire des sillons placés comme les crevasses marginales d'un glacier.

## PROGRESSION DES POINTS DE REPÈRES.

	VAL SASSA (V. graphique à l'angle de la carte)		VAL DELL' ACQUA RANGÉE AMONT (V. graphique à l'angle de la carte)		VAL DELL' ACQUA RANGÉE AVAL	
Côté de la rive gauche	Progression de		Progression de		Progression de	
	1918-19	1919-21	1918-19	1919-21	1918-19	1919-21
	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres
	0,85	tombée	0,23	0,55	0,65	
	0,65	0,25	0,65	1,80	1,10	1,90
	0,95	0,20	0,85	1,95	1,10	2,70
	1,—	0,90	1,05	2,20	1,10	2,30
	1,75	2,10	1,10	1,90	1,45	1,90
	1,50	2,40	0,95	2,70	1,35	2,40
	1,45	2,55	1,23	2,60	1,50	2,35
	2,—	2,30	1,—	2,50	1,48	2,35
	1,70	2,60	1,—	2,55	1,18	2,45
	1,75	2,25	avance totale des		1,50	2,70
	1,55	2,30	3 ans.		1,55	
	1,30	2,75	⏟			
	1,—	2,05	4,70			
	0,85	1,60	?			
Côté de la rive droite	0,60	0,55	4,30		Vu la disparition de quelques pierres, nous ne savons pas comment les chiffres doivent se correspondre dans cette rangée de repères.	
	0,—	0,40	3,20			
			1,60			
			1,70			

## COULÉE DE BLOCS DU VAL DELL' ACQUA

Le Val dell' Acqua (romanche : Val dell' Ova) a beaucoup d'analogies avec le Val Sassa. Partant d'une même chaîne, il descend vers le N-E (Val Sassa : NN-E) ; les éboulis occupent tout le fond du vallon sur une largeur de 900 m. à vol

d'oiseau, et on pourra constater sur notre carte une pente continue d'éboulis ayant 450 m. de long ! (Carte du Val dell'Acqua ci-jointe, et fig. 5, 6, 7 et 8).

La « coulée de blocs » se trouve entre 2200 et 2400 m. d'altitude. Vers l'endroit où elle se termine, la carte géologique indique, sur la courbe 2220, un peu de moraine frontale, barrant à demi le vallon. Cette masse, dont nous dirons deux mots avant de passer à la coulée elle-même, peut se voir sur notre carte, et se compose de deux éléments : 1° une crête peu inclinée, appuyée au flanc gauche de la vallée vers les points 2237 et 2250, et semblable à une moraine latérale, à part la position de sa crête qui n'est pas parallèle à l'axe de la vallée ; 2° une large colline, aux environs du point 2220, toute bosselée, à demi couverte d'herbe et de pins rampants, et toute parsemée de blocs si volumineux qu'on croirait voir des affleurements de roche en place, n'était la position irrégulière des couches qu'on y discerne. Bien qu'elle barre la vallée et qu'elle y crée un fort ressaut, cette colline a une orientation tout autre que celle que l'on pourrait attendre d'une moraine frontale (voir la carte).

En me basant sur l'aspect de la première crête, j'avais pensé sans hésiter qu'elle était une moraine latérale et, comme ses matériaux étaient identiques à ceux de la colline 2220, j'avais admis, avec la carte géologique, que le tout formait un système morainique. Mais, en examinant plus exactement les orientations, et en considérant la prédominance de rochers volumineux, bien différents du cailloutis de petit calibre qui compose les moraines plus haut dans la vallée, j'en suis venu à admettre que c'est plutôt une masse éboulée du Murtarus, situé plus au sud. Elle aurait rebondi suffisamment pour former deux collines distinctes. Il y a dans l'aspect des lieux, un fait qui paraît s'opposer à cette hypothèse : le Murtarus, d'où l'éboulement serait parti, ne présente rien d'analogue à une

niche d'arrachement. Il se pourrait cependant qu'elle ait existé, mais que l'effritement de la roche ait été assez rapide pour faire disparaître les parties escarpées qui formaient son fond, et les recouvrir d'éboulis jusque près de la crête.

La coulée de blocs du Val dell'Acqua est en somme plus belle et plus typique que celle du Val Sassa. Sur presque toute sa longueur (700 à 800 m.) elle est individualisée et en relief. Par places elle arrive à avoir 150 m. de largeur. Son front est encore plus grand et aussi typique que celui du Val Sassa : il a 50 m. de largeur et domine de 25 m. (fig. 6 et 7). Contrairement à ce qui se passe au Val Sassa, la coulée n'est nulle part profondément encaissée entre les moraines ; elle est cependant côtoyée par places par des renflements morainiques très faibles, comme on peut le voir entre les points 2405 et 2378 ou, sur la rive droite, entre les points 2396 et 2439. Partout ailleurs son talus, absolument franc et raide, domine de 10 et même de 20 m.<sup>1</sup>. Plus haut, à partir de la courbe 2450, la vallée ne présente plus de coulée, mais un simple lit glaciaire, vide, qui rappelle en plus grand le secteur supérieur de la coulée du Val Sassa. Ce lit glaciaire, bosselé et vallonné, est fortement dominé par des moraines dont la crête finit par être ensevelie par les éboulis (point 2552).

*Formes superficielles.* — La surface de la coulée de blocs du Val dell'Acqua présente toutes les particularités de relief que nous avons vues au Val Sassa. Mais, tandis que, au Val Sassa, nous avons eu le temps de dessiner sur la carte presque tous ces détails, au Val dell'Acqua, disposant de moins de temps, nous n'avons porté que les plus saillants ou les plus curieux d'entre eux. En se basant sur l'aspect des deux cartes, il ne faudrait donc pas croire que la surface de la

<sup>1</sup> On peut voir sur la carte qu'une partie du talus de la rive droite est dédoublée en deux ressauts disposés comme deux marches d'escalier.

coulée du Val dell' Acqua soit plus lisse et plus uniforme que celle du Val Sassa.

Pour faciliter l'exposé, je vais subdiviser la coulée en trois secteurs inégaux, dans le sens de sa longueur.

Dans le *secteur inférieur*, c'est-à-dire au-dessous du point 2337, la coulée a des inclinaisons plus ou moins fortes suivant les places ; elle porte des bourrelets arqués décrits précédemment (fig. 8). La carte porte seulement, en traits interrompus, les sillons qui les séparent les uns des autres. Deux de ces bourrelets particulièrement forts sont en forme de gradins et imitent une petite coulée superposée à la grande.

En circulant au voisinage de la partie frontale on est étonné d'entendre le bruit de deux cours d'eau distincts qui circulent, cachés sous la pierraille, l'un à gauche, l'autre à droite de la coulée, dans le vallonnement compris entre les éboulis et le talus de la coulée. Au Val Sassa le même fait s'est présenté devant le front ; mais c'est un jour de pluie seulement que le bruit du second cours d'eau se faisait entendre à quelques mètres de distance du premier. Les cours d'eau jumeaux qui sont près d'apparaître à ciel ouvert dans ces endroits proviennent forcément de la réunion des ruisselets que l'on voit descendre çà et là le long des parois rocheuses de la vallée et disparaître dans les cônes d'éboulis. Mais il est curieux de penser que ces eaux cachées sous la pierraille, au lieu de se rassembler en un drainage unique, se groupent en deux ruisseaux séparés qui courent parallèlement aux bords de la coulée sans pouvoir pénétrer sous elle. Cela indique que la coulée doit être formée de matériaux très imperméables, ainsi que le fond du vallon qu'elle parcourt.

Le *secteur moyen*, allant du point 2337 au point 2378, présente plusieurs bourrelets longitudinaux. L'un d'entre eux, particulièrement fort, passe par le point 2373 et se termine par une forte colline au point 2345. Son flanc droit plonge



dans un sillon, assez étranglé et profond, en forme de V, que l'on distingue sur 350 m. de longueur. La carte montre, vers le point 2373, la jonction de deux sillons semblables.

Le *secteur supérieur*, allant depuis le niveau du point 2378 jusqu'à la courbe 2450, présente une surface moins inclinée que les précédents, mais avec des formes plus bizarres, et que la coulée du Val Sassa ne possède nulle part. Parmi des ondulations de terrain plutôt amples, se trouvent trois dépressions fermées. La première, située à 70 m. au N-E du point 2399, a un fond assez plat de 10 à 20 m. de largeur ; une extrémité est occupée par une flaque d'eau. La deuxième, à 20 m. au S. du point 2399, est plus profonde, triangulaire, et coincée entre des pentes de pierraille très inclinées ; on peut voir sur la carte qu'elle est limitée à l'W par le front d'une sorte de petite coulée et qu'elle contient une petite nappe d'eau. La troisième est un tout petit cratère circulaire, à pentes raides, dont le fond forme un lac minuscule, plein d'eau grise, comme les deux autres. On est étonné de penser que, sous une pierraille si hérissée, le terrain est assez imperméable pour garder l'eau de ces trois lacs. Il est vrai que la présence d'une sorte d'argile a été constatée dans le creux pratiqué sur la coulée du Val Sassa ; il se pourrait qu'elle fût assez imperméable pour garder l'eau et, comme nous le verrons dans un instant, la région voisine de ces trois lacs semble être pleine de glace compacte, ce qui expliquerait encore mieux son imperméabilité. Pour ce qui concerne l'origine de ces trois dépressions, on peut se demander si elles seraient dues à la fusion de quelque reste de glace fossile, ou bien au hasard des renflements de terrain que peut présenter un lit glaciaire.

Un peu en amont de ces nappes d'eau, autour du point 2416, le relief présente un ensemble désordonné de renflements de terrain, parmi lesquels on remarque quelques sillons,

orientés n'importe comment. On entend auprès de quelques uns d'entre eux le bruit d'un ruisseau souterrain dont on ne parvient pas à apercevoir l'eau au milieu des pierres. Ce fait confirme une fois de plus l'imperméabilité de cette partie de la coulée.

Notre attention a été aussi attirée par un petit gouffre de 2 ou 3 m. de large, situé au bord d'un névé. C'était une sorte de crevasse descendant obliquement à 4 ou 5 m. de profondeur dans une masse composée de vieille neige et de pierres ; on entendait l'eau s'écouler là au fond.

En outre, dans le talus croulant que la carte indique à 40 m. à l'W S W du point 2399, on pouvait constater la présence de glace transparente, pétrie avec les cailloux. La présence de glace ou de neige mêlée de cailloux ne s'est présentée que là, et elle ne fait que poser des énigmes : comment cette glace ou cette neige seraient-elles venues là, sous ces amas pierreux ? seraient-ce des glaces fossiles, derniers vestiges du glacier disparu ? ou des neiges d'avalanches couvertes d'éboulis ? ou de l'eau qui aurait suinté de la surface et se serait gelée dans le terrain ? Dans ce dernier cas, si le sous-sol est assez froid pour geler l'eau d'infiltration, ce secteur de la coulée doit être immobile, car je ne conçois pas comment une masse de glace pourrait permettre la progression. Par contre son imperméabilité permettrait l'existence des lacs et ruisseaux mentionnés plus haut. Quoi qu'il en soit, je n'attribue pas une importance très grande à ces détails peu explicables du secteur supérieur de la coulée du Val dell'Acqua, vu qu'en cet endroit on a plutôt affaire à un lit glaciaire qu'à une véritable coulée de blocs.

*Matériaux.* — Pour ce qui concerne les matériaux, à part la présence de glace dans la partie supérieure, la coulée du Val dell'Acqua ne diffère pas sensiblement de celle du Val Sassa. Simplement la terre, plus abondante à la surface du

secteur inférieur, permet l'existence de touffes de végétation assez nombreuses, et les pierres griffées sont très abondantes sur le front et sur les flancs de la partie inférieure.

*Mouvement.* — Pour observer le mouvement de la coulée du Val dell'Acqua, nous avons peint, en 1918, deux rangées de repères sur sa surface, que nous avons revus en 1919 et 1921. La rangée inférieure part de la rive gauche et ne traverse pas complètement la coulée (névés lors de son établissement) : elle passe, à 50 m. en arrière du front de 1921, vers le point 2258. La rangée supérieure, plus complète, traverse un peu obliquement, suivant à peu près la direction de la courbe de niveau, à 130 m. en arrière du front.

Les résultats obtenus grâce à la rangée inférieure, tout en présentant de l'intérêt, n'ont pas toute la précision désirable : cela provient de ce que l'une de ses pierres avait déjà disparu en 1919 et qu'en 1921 il en manquait encore deux. Comme elles ne portaient naturellement aucun numéro, il était impossible de dire si elles avaient roulé hors du bord gauche, ou si elles étaient cachées sous la neige du côté droit. On verra, page 12, 3<sup>e</sup> colonne, que la zone marginale a marché plus lentement que le reste, et que les chiffres les plus forts seraient 1 m. 55 lors de la première année, et 1 m. 35 en moyenne pendant les années suivantes, ce qui est très analogue aux chiffres constatés au Val Sassa.

La rangée supérieure, comme on peut le voir dans le diagramme à l'angle de la carte du Val dell'Acqua, a donné un résultat plus complet, bien que 7 pierres aient été cachées par la neige lors de la vérification de 1919. On y voit les zones marginales ralenties, comme à la coulée du Val Sassa. Ces zones représentent 1/8 de la largeur, tandis qu'au Val Sassa elles en forment le quart ; par contre leur largeur absolue est presque identique : 17 m. et 17 m. 50 au Val Sassa et 20 m. au Val dell'Acqua. Les mouvements les plus

faibles sont de 23 à 25 cm. par an sur la rive gauche, et de 53 cm. par an sur la rive droite. D'une façon générale la moitié droite va plus vite que l'autre : c'est là que l'on trouve les progressions les plus fortes : 4 m. 70 en trois ans, soit 1 m. 56 par an (maximum au Val Sassa : 2 m.). C'est peut-être pour cela que le front n'est pas symétrique (voir la carte).

En comparant le diagramme concernant la coulée du Val Sassa avec celui de la coulée du Val dell' Acqua, on remarquera que, pendant la première année d'observations, c'est celle de Sassa et la ligne inférieure dell' Acqua qui ont été le plus vite, tandis que, pendant les deux années subséquentes, c'est au contraire dans les repères supérieurs dell' Acqua que la vitesse a été la plus grande. Il semble donc que les sécheresses de l'année 1921 n'ont pas eu d'influence sur l'allure des coulées, et les légères différences en question pourraient dépendre de la partie de coulée sur laquelle se trouvent les repères <sup>1</sup>. D'après certains indices, il me semble que les bourrelets doivent avoir un mouvement d'enroulement qui s'ajouterait au mouvement d'ensemble. Malheureusement, cette idée ne nous est pas venue tout de suite et nous n'avons pas pu la vérifier sur place.

#### COULÉES DE BLOCS AU PIED DU PIZ QUATER VALS ET DANS LE VAL TANTERMOZZA

Sous le Piz Quater Vals, dans le haut du Val Valletta, nous avons vu en passant que l'endroit, situé vers 2610 m. d'altitude, et marqué sur la carte géologique comme vallum de moraine frontale, avait plusieurs des caractères d'une

<sup>1</sup> A ce point de vue, l'avance de la coulée de blocs différerait de l'avance d'une coulée de boue. L'éboulement de Brienz (Grisons) a stationné parfois pendant des semaines, puis a avancé de quelques centimètres ou de quelques mètres par jour pendant des périodes plus humides.

coulée de blocs. L'ensemble a la forme d'une grande terrasse ; le front ressemble beaucoup à celui des autres coulées, avec cette différence qu'il est plus large et semble moins rafraîchi par des écroulements. Les matériaux sont plus gros et la surface, au lieu de présenter des bourrelets concentriques, n'a que des crêtes longitudinales, hautes et épaisses comme des moraines (plus de 2 m. de hauteur) ; elles sont rectilignes et vont en se rapprochant les unes des autres ; la ligne médiane le long de laquelle elles sont près de se rejoindre est marquée par une sorte de sillon. Le terrain sur lequel elle repose est moins incliné que dans les deux autres cas. Plus haut, tout est caché sous des névés, à droite et à gauche desquels s'élèvent d'anciennes moraines latérales.

Enfin, visitant le Val Tantermozza, en 1921, nous avons constaté la présence d'une coulée de blocs parfaitement typique dans le haut de ce vallon, sur la rive droite du torrent, à 1 km. 900 au N-E du Piz d'Esen, ou à 1 km. à l'E du point 2974 de la carte fédérale. Des pâturages de la rive gauche, on voit que les glaciers qui occupent le cirque contre le Piz Quater Vals ont laissé, au sortir de celui-ci, des accumulations morainiques un peu en forme de terrasse. L'extrémité N de ce vaste remblai se prolonge en une langue de terrain en relief qui, partie de 2640 m. d'altitude environ, descend en pente raide jusqu'à l'endroit où la base de son front vient toucher le ruisseau, soit à l'altitude d'environ 2390 m. (fig. 9 et 10). Sa pente est assez forte pour qu'on puisse l'embrasser entièrement d'un seul coup d'œil<sup>1</sup>. N'ayant eu le temps de prendre aucune mesure, nous avons estimé sa largeur à 80 m. et les talus extérieurs à 5 ou 10 m. La pente frontale nous a paru mesurer 40 ou 50 m. de longueur. Les photographies

<sup>1</sup> Si quelqu'un désirait voir une coulée de blocs sans avoir à se tordre les pieds sur des myriades de cailloux pointus, celle du Val Tantermozza serait particulièrement recommandable, puisqu'on peut l'observer les pieds sur le pâturage d'en face.

montrent que cette coulée ressemble, pour ses détails superficiels, à celle du Val Sassa et du Val dell'Acqua : un ou deux grands sillons longitudinaux, légère indication de bourrelets arqués se terminant par des talus croulants ; vers l'extrémité, du côté de la rive droite, quelques petits sillons placés comme des crevasses marginales. Enfin l'humidité lui donne une teinte plus sombre que les éboulis sur lesquels elle repose et son front porte des marques de glissements de terrain qui prouvent son mouvement autant que la raideur du front et des talus.

## CHAPITRE II.

### COMPARAISONS

M. le Dr Paul Beck, de Thoune, avait eu l'obligeance de nous indiquer quelques localités où il avait vu en passant des formes morainiques bizarres, qui auraient pu avoir quelque parenté avec les coulées de blocs du Parc national (à ce moment nous n'avions encore publié aucune illustration). Nous nous sommes rendus dans deux endroits indiqués par lui : l'un au-dessus de la Lenzerheide, l'autre près d'Arosa.

*Lenzerheide.* — Au-dessus de la Lenzerheide, dans l'Alpe Sanaspans <sup>1</sup>, nous avons trouvé un grand nombre de moraines frontales de glaciers locaux, très saillantes, arquées, doubles ou triples, présentant du côté interne une dépression de bassin terminal qui ne permettait pas de les confondre avec des coulées de blocs. Quelques unes, dominant la vallée comme des terrasses, ont de ce fait quelque analogie avec les coulées de blocs <sup>2</sup>. Seul un vallon, situé au fond

<sup>1</sup> Carte au 1:50 000, assemblage Albula, à 7 km. au SSE de Churwalden, soit à l'E de Lai.

<sup>2</sup> Par exemple à 1 km. au NW du Piz Naira.

de l'alpage, et descendant du Piz Naira au point 2395, présente des formes qui se rapprochent un peu plus des coulées du Parc national. Sur quelque 500 m. de longueur, entre le Piz Miež et Culmet, l'espace encaissé entre les moraines latérales contient une masse de blocs de grès du Buntsandstein assez volumineux, grossièrement arrangés en crêtes longitudinales <sup>1</sup>. Plus loin ce tapis de pierraille descend une pente forte avec un aspect chaotique et aboutit dans une cavité, près du point 2395, en imitant un peu les bourrelets arqués et le talus frontal d'une coulée de blocs. Les différences sont cependant considérables : le talus frontal ne présente pas, en haut, un angle vif, mais au contraire une forme arrondie qui indiquerait son immobilité ; l'abondance de l'herbe à plusieurs places, la dimension des blocs (30 à 50 cm.) et leur couverture de lichens confirment encore cette impression. Au total il me semble que cela pourrait être les dépôts d'un glacier local ou ceux de névés qui devaient couvrir le pied des parois voisines, formées de grès <sup>2</sup>.

*Arosa.* — Près d'Arosa nous avons également visité un endroit indiqué par M. le Dr Paul Beck <sup>3</sup>. Il s'agissait, comme au-dessus de la Lenzerheide, de moraines frontales de névés

<sup>1</sup> M. Rudolf Brauchli mentionne que les moraines de cette région ont parfois l'aspect de glaciers couverts de pierres. Tels sont, dit-il, notamment les champs morainiques entre le Piz Naira et le Piz Musch, et ceux qui descendent du Culmet et du Piz Musch vers l'Alpe dil Guert. — *Beiträge Geol. Karte, Neue Folge IL; Geologie der Lenzerhorngruppe, Berne 1921.*

<sup>2</sup> Géologiquement ce vallon se divise en deux parties : la moitié amont est comprise entre des schistes et des calcaires dolomitiques ; et la partie aval est en grès. Dans sa partie amont, le fond du vallon est tout hérissé de monticules terreux et c'est dans la partie aval seulement que l'on trouve l'aspect de coulée décrit ci-dessus. Si un mouvement général de reptation avait eu lieu, on ne trouverait pas une différence de paysage si tranchée entre les deux secteurs de ce vallon.

<sup>3</sup> L'ensemble se trouve à 6 km. à l'ENE d'Arosa et aux altitudes de 2100 m. environ (carte 1 : 50 000, assemblage Albula). 1° près des chalets de Thiejen, dans le cirque entre Mädrigerfluh et Thiejenfluh, à 1,6 km. à l'W de la Mädrigerfluh ; 2° sous les parois du Furkahorn, dans les pentes qui sont à 1,1 km. au S de Thiejerhaupt.

ou de glaciers locaux fort épaisses, représentant un front raide. Dans cette dernière localité le matériel dolomitique et terreux avait quelque analogie avec celui des coulées du Parc national, mais il était couvert d'herbe ou de rhododendrons. En outre ces remblais possédaient, du côté intérieur, un creux qui avait contenu le glacier ou le névé.

*Alpe Tschitta.* — Nous avons aussi visité l'Alpe Tschitta, située près du col de l'Albula, dans laquelle la carte au 1 : 50 000 indique un détail de relief bizarre <sup>1</sup>. Le manque de temps et un tir d'artillerie qui allait avoir lieu dans cet endroit nous ont empêché de nous approcher du phénomène à moins de 1 1/2 km. Nous avons seulement photographié cette langue de cailloutis dolomitiques, se terminant par une terrasse arrondie, mais nous n'avons pas pu nous rendre compte s'il s'agissait d'un phénomène de coulée, ayant un mouvement propre, ou simplement d'une masse de moraine de fond et frontale ayant un peu la forme d'une terrasse (fig. 11). Elle semble avoir plus de 400 m. de longueur, une centaine de mètres de largeur et 10 m. d'épaisseur. Elle forme terrasse de toutes parts et ne présente pas le creux que l'on aurait en arrière d'un amphithéâtre morainique. Elle a donc de fortes analogies avec les coulées de blocs. Il serait désirable qu'un homme de science de la région s'y rendît pour l'examiner et pour en faire quelques photographies de près. <sup>2</sup>

Ainsi ces quelques recherches nous ont montré que ces localités suisses ne possédaient pas de coulée de blocs à part peut-être l'Alpe Tschitta près de l'Albula.

<sup>1</sup> Alpe Tschitta, à 5 km. au S de Bergün. La bosse de terrain cartographiée comme une coulée de blocs se trouve à 900 m. à l'E du Piz Salteras, ou un peu à l'W du point 2547. Une forme semblable, que nous n'avons pas visitée, est marquée à 800 m. au S du Piz Salteras.

<sup>2</sup> Nous avons aussi visité l'éboulement d'Elm (Glaris) qui a présenté, à l'origine, les mêmes détails de surface que les coulées de blocs. Mais actuellement ces formes sont complètement effacées.



*Oural.* — Les « rivières de pierres », signalées par Wl. Clerc, Dr sc., dans la partie septentrionale des monts Ourals, semblent, d'après son texte et ses photographies, présenter les caractères suivants : 1° On les trouve sur des pentes très douces, et même s'étendant presque à plat ; 2° d'après les photographies, les blocs semblent pouvoir mesurer parfois presque un mètre, être anguleux, mais former dans leur ensemble une surface non ondulée. On voit dans une des illustrations que le front domine de quelques mètres seulement et, comme l'auteur ne dit rien des flancs, on peut en déduire, tout au moins, qu'ils sont moins frappants d'aspect que les talus des coulées du Parc national. 3° Elles proviennent, dans l'Oural, de sommets aplatis, couverts d'une masse chaotique de pierres ; de ces sommets qui leur servent de point de départ, elles descendent de différents côtés. Il leur arrive de confluer et elles apparaissent de loin comme un ensemble de glaciers. Au total elles présentent de grandes différences avec les coulées de blocs du Parc national.

*Iles Falkland.* — Une photographie, trouvée dans un album pour touristes, m'a renseigné assez clairement sur l'aspect des « streams of stones » fréquents dans les îles Falkland<sup>1</sup>. D'après cette excellente photographie, et d'après la notice qui l'accompagne, on peut se rendre compte que ces « streams of stones » sont passablement différents de nos coulées de blocs. 1° Leur surface dans son ensemble est plate et se trouve au niveau des autres terrains, si bien que la tourbière du voisinage empiète sur elles. 2° Les blocs, qui donnent à leur surface l'aspect d'un dédale, sont gros, au point que certaines vallées sont marquées comme impraticables (souvent 3 m. ; les plus petits, 30 à 60 cm. ; les plus gros, 6 m. 50). C'est de la

<sup>1</sup> Album : Falkland Islands (série : South America) illustrated by Gust. Schulz. — C. Gross et C<sup>o</sup>, 9, Mincing Lane, Londres E. C. ; une douzaine de photographies touristiques et une bonne notice explicative.

quartzite aux formes anguleuses, souvent en plaques. Vers leur extrémité inférieure elles sont formées de blocs plus petits, probablement à cause de la désagrégation qu'ils ont subie durant leur transport. 3° Leur largeur, qui mesure fréquemment 120 m., peut atteindre plus d'un kilomètre dans le bas. 4° Elles descendent de sommets de collines formées de quartzite en bancs.

Soit pour l'Oural, soit pour les îles Falkland, les auteurs admettent que la masse se meut lentement, mais n'ont ni preuve ni chiffres à fournir à ce sujet.

#### COMPARAISON AVEC LES « ROCK GLACIERS » DES SAN JUAN MOUNTAINS (COLORADO, ÉTATS-UNIS)

Les San Juan Mountains, dont les « rock glaciers » sont presque semblables à nos coulées de blocs, ont avec la région du Parc national suisse une étonnante analogie au point de vue lithologique. C'est peut-être pour cette raison que des phénomènes plutôt exceptionnels se retrouvent dans ces deux régions <sup>1</sup>. On rencontre, soit dans les San Juan Mountains, soit dans la région de la Basse Engadine des couches qui sont toutes à peu près d'égale résistance. Ces assises donnent des pentes raides, plutôt régulières, où le rocher affleure souvent, mais forme des escarpements petits, mal délimités, peu continus et coupés de couloirs <sup>2</sup>. Certains détails des San Juan Mountains rappellent absolument certains sommets du Parc national (Howe, Pl. II, fait penser au Piz Laschadurella ou au Piz Plavna). M. E. Howe mentionne en outre (p. 12) que les couches en question, qui sont des Rhyolites, se désagrègent par places d'une façon complète; et on remarque

<sup>1</sup> D'après E. Howe. Landslides in the San Juan Mountains, Col., U. S. Geol. Surv. Prof. paper 67, Washington 1909.

<sup>2</sup> Tandis qu'ailleurs dans les Alpes sédimentaires les alternances de roches dures et de roches tendres donnent des séries d'escarpements bien marqués.

en effet dans ses photographies la place considérable que les éboulis prennent dans les paysages. Ces deux caractéristiques se trouvent dans tout le Parc national avec les couches rhétiennes et triasiques qui y affleurent : montagnes aux contours peu caractéristiques et éboulis interminables.

Pour ce qui concerne les coulées elles-mêmes, les photographies des San Juan Mountains montrent les ressemblances frappantes qui existent avec celles — plus petites il est vrai — du Parc national : même forme de front, de talus latéraux, de bourrelets concentriques, de mamelons désordonnés ou de crêtes parallèles aux bords. C'est dans leur point de départ que les deux séries de phénomènes diffèrent. Les coulées américaines sont la prolongation même des éboulis ; elles partent de points quelconques, de crêtes rectilignes escarpées ou non, d'angles de montagnes, quelquefois de cirques, mais elles n'ont rien à faire avec les phénomènes glaciaires. Aux Grisons, au contraire, les quatre coulées que nous avons vues occupent en partie les lits d'anciens glaciers entre leurs deux moraines latérales, et les éboulis actuels semblent ne pas jouer de rôle dans leur formation.

En résumé, les « rock glaciers » des San Juan Mountains sont presque semblables à nos coulées de blocs dans leurs formes d'ensemble et de détails, tandis que les phénomènes de l'Oural et des îles Falkland sont fort différents.

### CHAPITRE III.

#### HYPOTHÈSES DIVERSES CONCERNANT LA FORMATION DES « ROCK GLACIERS », ETC.

M. E. Howe explique la formation des « rock glaciers » des San Juan Mountains par des éboulements de nature un peu spéciale : éboulements de masses extrêmement désagrégées,

avec une sorte de ricochet horizontal comme contre-coup de l'effondrement vertical ; il cite à l'appui deux éboulements récents, notamment celui d'Elm (Glaris), dans lesquels cette projection horizontale a été observée.

D'après J. G. Anderson (cité par M. E. Howe) il existe dans les régions polaires des coulées de boue, transportant beaucoup de pierres, qui proviendraient de la saturation du sol en eau au moment de la fonte des neiges ; ces coulées auraient un lent mouvement, analogue à celui des glaciers, que Anderson appelle la *solifluction*. Les « rivières de pierres » des îles Falkland seraient, d'après lui, un cas analogue. En tout cas elles diffèrent beaucoup de celles des San Juan Mountains du fait qu'elles sont très allongées par rapport à leur largeur et qu'elles se rassemblent en réseau comme les rivières.

Enfin M. E. Howe cite l'opinion de MM. Salisbury et Chamberlain qui concerne aussi les San Juan Mountains. D'après eux, les débris meubles d'une pente raide pourraient prendre une sorte de mouvement d'écoulement dont la vitesse se rapprocherait de celle des glaciers.

M. E. Howe, sauf pour une des plus petites coulées, nie avoir jamais trouvé un indice qu'un mouvement de ce genre ait eu lieu soit dans le passé, soit actuellement <sup>1</sup>. A notre avis, les photographies de l'auteur donnent une tout autre impression.

M. Wl. Clerc, sans donner une explication précise de sa manière de voir sur la formation des rivières de pierres de l'Oural, indique cependant que le mouvement de ces masses serait dû « à la présence, dans les couches inférieures, de boue gelée et de glace que le soleil ne peut faire fondre ».

Enfin, pour les îles Falkland, Sir Wyville Thompson (cité

<sup>1</sup> Je n'ai pas pu avoir sous les yeux les travaux cités par Howe, non plus qu'une publication citée par E. de Martonne : Capps (S. R.), Rock Glaciers in Alaska (J. of Geol. XVIII, 1910).

par Gust. Schulz) explique de la façon suivante l'origine de leurs « streams of stones » : les blocs de roche désagrégée tomberaient au bas des pentes dans un sol végétal qui se contracterait et se dilaterait par des alternances de sécheresse et d'humidité et qui finirait par les engloutir. Dans les vallées, les cours d'eau enlèveraient le sol entre ces pierres et sur elles <sup>1</sup>.

#### HYPOTHÈSES CONCERNANT LES COULÉES DE BLOCS DU PARC NATIONAL

M. le professeur Émile Chaix, lors de sa première visite au Val Sassa, avait l'impression qu'il pouvait y avoir là, sous cette masse de cailloux, un « glacier fossile ».

M. le professeur P.-L. Mercanton, d'après les documents très incomplets que je lui ai communiqués, a l'impression qu'il y a eu (ou qu'il y a peut-être encore) un résidu de glace glaciaire sous le cailloutis. La fusion lente de cette glace aurait fourni (ou fournirait encore) l'eau de lubrification de la masse, conjointement aux eaux de fonte venues de plus haut.

Après avoir longuement examiné les choses sur place avec M. le professeur Émile Chaix, nous sommes arrivés à une explication un peu différente, à laquelle M. le professeur Mercanton s'est rallié ultérieurement, et qui va être exposée ici. Pour rendre cette hypothèse définitive il aurait fallu faire un forage dans une des coulées de blocs. Les frais exorbitants d'une entreprise de ce genre nous en ont empêché.

D'une façon générale nous considérons les coulées de blocs du Parc national comme des dépôts contenus autrefois dans des lits de glaciers et qui sont en train de ramper vers l'aval.

<sup>1</sup> Wyville Thompson, Report of the « Challenger » expedition. — Selon moi, cette explication a l'inconvénient de ne pas tenir compte du fait que les îles Falkland reçoivent des pluies très fréquentes (200 jours), il est vrai peu abondantes (50 cm.), et de ne pas expliquer comment toute cette pierre s'en irait loin de ses collines d'origine.

*Val Sassa.* — Nous avons eu recours à l'obligeance de M. le professeur P.-L. Mercanton qui a bien voulu examiner certains de nos documents et nous dire à quelle période on pourrait peut-être attribuer les moraines voisines des coulées. Tout en suggérant que certains dépôts pourraient être les bords consolidés laissés au passage par la coulée, particulièrement vers l'extrémité inférieure et en prolongement des moraines anciennes, M. Mercanton admet que les deux crêtes parallèles qui longent le secteur moyen du Val Sassa (depuis 2400 ou 2450 m. jusque presque en bas de la coulée) pourraient correspondre aux plus grandes extensions historiques, probablement à celle du début du XIX<sup>e</sup> siècle. Les deux moraines convergentes situées plus en amont, dont l'une se termine au point 2483, et qui se prolongent largement en dehors de notre carte, se seraient formées pendant la dernière crue sensible, c'est-à-dire celle du dernier tiers du XIX<sup>e</sup> siècle (crue qui commença vers 1885 dans le massif du M<sup>t</sup>-Blanc et se termina en Autriche une dizaine d'années après).

Le front du glacier du commencement du XIX<sup>e</sup> siècle devait se trouver à une centaine de mètres en arrière du front actuel de la coulée. En disparaissant, ce glacier a dû laisser sur son lit une forte couche de cailloutis mêlé de boue schisteuse et peut-être aussi, selon M. Mercanton, un culot de glace séparé du glacier en amont. Dès lors cette masse de matériaux aurait commencé à ramper vers l'aval par le fait même de sa grande abondance, et sa partie terminale serait ainsi sortie du cadre des moraines. L'ancien glacier n'aurait pas eu d'autre rôle que celui de préparer un matériel capable de ramper. Ce lent mouvement se continue encore de nos jours à raison d'un mètre environ par an, comme l'ont montré les observations faites pendant trois années consécutives. A supposer que ce mouvement ait été le même précédemment, comme il y a une centaine de mètres entre la fin des moraines latérales et le

front actuel, il y aurait cent ans que ce mouvement aurait commencé : ce qui cadre assez bien avec l'âge probable des moraines.

Il est vrai qu'on pourrait aussi se demander, selon une indication de M. le professeur Heim, si les deux longues crêtes qui encadrent la coulée de blocs n'auraient pas été en leur temps les flancs même de la coulée, que celle-ci aurait laissés en place à mesure qu'elle avançait. Elle les aurait abandonnés à cause de leur ralentissement et parce qu'ils contenaient moins d'humidité que la partie centrale<sup>1</sup>. Mais s'il fallait admettre cette hypothèse on se buterait à deux difficultés : comment la coulée de blocs aurait-elle déposé, sur chaque bord, deux crêtes de retrait de hauteur identique (voir fig. 3 et carte, secteur moyen)? et où la coulée aurait-elle pris naissance? à 400 m. ? à 800 m. en arrière du front actuel ?

Comme cela a été mentionné plus haut, la petite coulée (N) du Val Sassa serait partie du lit glaciaire compris entre les moraines convergentes plus récentes que l'on pourrait attribuer à la crue de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle ; mais la couverture de neige de cette région empêche de préciser à partir d'où elle s'est individualisée et par conséquent quel trajet elle aurait effectué pendant ses 30 ou 40 ans d'existence.

*Val dell' Acqua.* — Au Val dell'Acqua, la même explication nous paraît possible. Lors de la crue du début du XIX<sup>e</sup> siècle, le glacier devait s'avancer sur une partie de l'emplacement de la coulée de blocs. Il devait déposer des moraines latérales qui se montrent vaguement vers le secteur supérieur, c'est-à-dire en amont du point 2378 sur la rive gauche et

<sup>1</sup> Dans une lettre (1919) M. le prof. A. Heim m'indique que des cas de ce genre se sont produits et que des coulées boueuses ont abandonné des crêtes de bordure emboîtées les unes dans les autres et graduellement plus basses. Il a vu au Sœrenthal (Entlebuch) une coulée s'arrêter contre une simple barrière, parce que celle-ci avait permis à l'eau de s'échapper et avait ainsi rendu la masse rigide.

au dessus de la courbe 2370 sur la rive droite. Plus bas, jusqu'à un point que nous ne pouvons plus distinguer, il devait faire un dépôt, à la fois moraine de fond et moraine latérale, qui devait déjà avoir la forme d'une terrasse quelque peu analogue à la coulée actuelle<sup>1</sup>. Le flanc gauche de la coulée, à 150 m. en arrière du front et plus en amont encore, présente sur sa moitié inférieure une teinte un peu spéciale due à un matériel plus fin (fig. 8); même chose sur le flanc droit au même niveau. Serait-ce la partie morainique sous-jacente à la coulée? Tout ces matériaux morainiques auraient commencé à avancer après la disparition du glacier et continueraient encore.

A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, lors de sa dernière crue, le glacier aurait occupé l'espace compris entre les hautes moraines, vers 2450 m. d'altitude et au-dessus. Mais, contrairement à ce qui se passe au Val Sassa, ce lit glaciaire récent n'aurait point fait de coulée, ou bien celle-ci serait venue se déformer dans la région plate du secteur amont au point de n'être plus reconnaissable.

*Tantermozza et Quater Vals.* --- Au Val Tantermozza et sous le Piz Quater Vals, nous admettons aussi que les coulées se sont faites par le déplacement de dépôts glaciaires qui avaient peut-être déjà à l'origine une forme de terrasse. Sans cela on aurait peine à s'expliquer le volume considérable de matériaux qui figure dans ces langues terminales.

*Causes du mouvement.* — Voyons maintenant pour quelles raisons les coulées de blocs, avec leur inclinaison très modérée, auraient un mouvement, tandis que les éboulis

<sup>1</sup> D'après les photographies du prof. A. de Quervain et de M. E. Schnitter, on voit que la moraine frontale et profonde, déposée par le Bifertengletscher (Glaris) en 1820, a la forme d'une terrasse d'une dizaine de mètres d'épaisseur (Das Zungebecken des Bifertengletschers — Mém. Soc. Helv. Sc. Nat. Vol. LV, Mém. II<sup>e</sup>, 1920).



bien plus raides n'en n'ont pas <sup>1</sup>. Ce serait, tout d'abord, parce que la coulée contient de la boue de schistes, qui coule en entraînant les pierres. En outre le gel aiderait au mouvement pour toutes les parties où il se fait sentir : l'eau provenant de la surface (fonte de neige ou pluie) emmène toujours plus profondément les matériaux fins qui bouchent ainsi tous les interstices. Si le gel agit dans cette masse, la dilatation de l'eau d'infiltration est capable de produire une poussée sensible <sup>2</sup>. Jusqu'à quelle profondeur cette influence du gel se fait-elle sentir ? Si c'est seulement près de la surface, c'est elle qui provoquerait le mouvement plus rapide des parties supérieures que nous avons constaté précédemment. <sup>3</sup>

On en vient forcément à se demander si les éboulis actuels alimentent la coulée en matériaux. En tout cas cela est impossible dans toute la partie où la « coulée de blocs » du Val Sassa est encadrée entre les hautes moraines et là où celle du Val dell'Acqua forme terrasse. Et comme plus haut, au dessus du point O au Val Sassa, et vers le replat supérieur au Val dell'Acqua, on ne voit pas l'éboulis passer graduellement à la coulée, qu'ils se présentent, au contraire, comme deux choses bien distinctes, on en conclut que la coulée ne provient pas des éboulis actuels.

<sup>1</sup> Pendant trois ans d'observation, les immenses éboulis du Val del Botsch, au Parc national, n'ont point montré de mouvement (Commission scientifique, cahier des repères).

<sup>2</sup> Le commandant Ch. Bénard constate, dans la N<sup>lle</sup> Zemble, qu'un triage s'opère dans les terrains détritiques ; cela laisse les cailloux en surface et fait descendre la boue. Il mentionne aussi qu'à la période du dégel certains terrains désorganisés commencent à glisser et qu'on a des vallées entières qui descendent vers la mer comme des glaciers de boue et de cailloux — *Un été chez les Samoyèdes*, 1914, Libr. Plon.

<sup>3</sup> M. J. Vallot, dans ses Annales de l'Observatoire du Mt-Blanc, a établi expérimentalement que vers 3000 m d'altitude, avec une température annuelle moyenne de — 7°, la température intérieure des glaciers doit être 0° durant toute l'année, ainsi que F. A. Forel le supposait. En hiver une couche de 5 ou 10 m seulement subit l'influence du froid, et la couche influencée par la chaleur de l'été est encore moindre.

Quant aux avalanches, elles parcourent presque tout ce terrain et, à la fin de l'été, leurs restes couvrent encore de grands espaces jusque vers 2450 m. dans les deux coulées, c'est-à-dire vers leurs points de naissance. Mais il est difficile de se faire une idée de leur action. En effet d'une part on constate que la neige de ces avalanches est pure, tout au moins en surface, et d'autre part certaines parties des coulées sont littéralement criblées de petite pierraille qui est entroposée bizarrement sur tous les blocs<sup>1</sup>. En outre, au lieu d'être placés vers l'amont des coulées, ces genres de terrains se rencontrent n'importe où : au Val Sassa cela forme toute une zone, partant des rochers, passant vers L, et aboutissant parmi les gros blocs sous le point 2372 ; au Val dell'Acqua, c'est plutôt vers le bas, du côté droit ; cela se rencontre aussi sur certaines zones des éboulis. On ne peut donc pas dire que l'apport de pierres fait par les avalanches puisse être une source de matériaux suffisante pour rajouter des pierres à l'amont à mesure qu'elles s'écoulent vers l'aval.

Ainsi nous arrivons à l'impression que les coulées de blocs du Parc national ont commencé leur mouvement sur des terrains évacués par des glaciers, par le glissement lent de ce qui constituait leur moraine de fond, et que le mouvement actuel est la continuation de ce mouvement primitif, mais qu'aujourd'hui la coulée ne se ravitaille plus en matériaux.

<sup>1</sup> J'ai eu cependant l'occasion de voir un reste d'avalanche tout noir de petites pierres à l'W de M au Val Sassa et vers le point 2439, dans le secteur supérieur du Val dell'Acqua.



## BIBLIOGRAPHIE

- André ALIX, Nivation et sols polygonaux dans les Alpes françaises (*La Géographie*, T. XXXIX, N° 4, Avril 1923).
- J. G. ANDERSON, Solifluction, a component of subærial denudation (*Journ. of Geology*, XIV, 1906, p. 91).
- Commandant Charles BÉNARD, Un été chez les Samoyèdes, juillet-octobre 1914 (*Paris, libr. Plon*).
- Rudolf BRAUCHLI, Geologie der Lenzerhorn-Gruppe (*Beiträge Geol. Karte, Neue Folge II, Bern 1921*).
- S. R. CAPPS, Rock Glaciers in Alaska (*Journal of Geol.*, XVIII, 1910, p. 359).
- Wl. CLERC, Sur les pierriers des Monts Oural (*Lu dans l'assemblée générale de la Société Ouralienne pendant l'automne de 1915*).
- Arnold HEIM, Éboulement de Brienz, Grisons (*Geologie der Schweiz, Bd II, Lief. 11, p. 809 ou Neujahrsbl. Nat. G. Zurich 1882*).
- E. HOWE, Landslides in the San Juan Mountains, Col. (*U. S. Geol. Surv. Prof. paper 67, Washington 1909*).
- Emmanuel de MARTONNE, Traité de Géographie physique, p. 416 (*libr. Armand Colin, Paris 1913*).
- Étude morphologique des Alpes Orientales (Tauern) et des Carpathes (Tatra), (*Impr. nat. 1911, p. 11*).
- A. de QUERVAÏN et E. SCHNITZER, Das Zungebecken des Bifertengletschers, avec carte (*Mém. Soc. Helv. Sc. Nat., vol. LV, Mém. II<sup>e</sup>, 1920*).
- Étienne RITTER, Bordure Sud Ouest du Mont-Blanc (*Bull. carte géol. France, N° 60, Tome IX, 1897, p. 151*).
- W. SALOMON, Die Bedeutung der Solifluktion für die Erklärung deutscher Landschafts- und Bodenformen (*Geol. Rundschau, Zeitschrift für allgemeine Geologie, Leipzig, 1917*).
- Gust. SCHULZ, Album Falkland Islands, South America (*C. Gross & Co, Londres*).
- Wyville THOMPSON, Report of the « Challenger » expedition.
- J. VALLOT, Annales de l'Observatoire du Mt-Blanc, 1900, T. IV et V ; et 1905 T. VI.
-

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
PRÉFACE . . . . .	1
INTRODUCTION . . . . .	3
CHAPITRE I. Coulée de blocs du Val Sassa . . . . .	4
Coulée de blocs du Val dell'Acqua . . . . .	12
Coulées de blocs au pied du Piz Quater Vals et dans le Val Tantermozza . . . . .	19
CHAPITRE II. Comparaisons. . . . .	21
CHAPITRE III. Hypothèses diverses concernant la formation de « rock glaciers », etc. Hypothèses concernant les coulées de blocs du Parc national . . . . .	26
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	34

---