

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE NEUCHÂTEL

EXTRAIT DU TOME XXIV — ANNÉE 1896

(Séance du 26 mars 1896)

L'AVALANCHE DE L'ALTELS

le 11 septembre 1895

PAR

LÉON DU PASQUIER

*Membre de la Commission des glaciers de la Société helvétique des sciences naturelles,
Secrétaire de la Commission internationale des glaciers*



NEUCHÂTEL

IMPRIMERIE DE H. WOLFRATH & C^{ie}

—
1896

L'AVALANCHE DE L'ALTELS

le 11 septembre 1895

PAR

LÉON DU PASQUIER

Membre de la Commission des glaciers de la Société helv. des sciences naturelles,
Secrétaire de la Commission internationale des glaciers.

*Die Gletscherlawine an der Altels*¹, tel est le titre d'un rapport fait à la demande de la Commission des glaciers de la Société helvétique des Sciences naturelles, par M. Heim. Ce rapport a été publié grâce à l'initiative de la Société des Sciences naturelles de Zurich, grâce aussi à une subvention spéciale de 500 francs accordée à notre Commission par le Département fédéral de l'Industrie et de l'Agriculture.

C'est sans doute le travail le plus important traitant de l'avalanche de l'Altels; il restera la principale source de renseignements pour les spécialistes intéressés, qui y trouveront entre autres la bibliographie du sujet jusqu'à la fin de 1895.

D'abord écrites en vue de notre séance publique du Locle, le 24 octobre 1895, puis remaniées ensuite d'observations nouvelles faites sur les lieux en 1896, les pages qui suivent ont un double but: mettre le public de langue française au courant d'un phénomène dont on a beaucoup parlé, et que la presse quotidienne a souvent travesti; compléter et rectifier le rapport de M. Heim en quelques points, sur lesquels il était impossible de se faire, immédiatement après la catastrophe, une opinion solide.

C'est dire qu'elles ne feront pas double emploi avec le *Neujahrsblatt* de Zurich.

¹ *Die Gletscherlawine an der Altels am 11ten September 1895.* Im Auftrag d. Gletschercommission der Schweiz. Naturf. Ges. bearbeitet unter Mitwirk. der Herren Dr. Léon Du Pasquier, Prof. in Neuchâtel, und Prof. Dr. F.-A. Forel, in Morges, von Dr. Alb. Heim Prof. in Zürich. (*Neujahrsblatt d. Naturf. Ges. in Zürich*, auf 1896.)

INTRODUCTION

Le 11 septembre 1895, à 5 h. 10 du matin, une partie du glacier de l'Altels se détachait, glissait le long du flanc régulièrement incliné de la montagne et venait finalement s'abattre sur le fond de la Spitalmatte, où elle ensevelissait sous une couche de glace et de débris cent vingt têtes de bétail. Les six habitants de l'alpe étaient eux-mêmes ensevelis ou tués d'autre manière.

Les témoins oculaires directs de l'événement n'existent plus, nous avons donc à reconstituer le phénomène d'après les indications assez vagues des quelques personnes qui pensent en avoir perçu quelque chose et d'après l'étude des produits de la catastrophe.

Mais d'abord, deux mots d'orientation topographique, après lesquels nous passerons successivement en revue : les formes de la rupture, de la trajectoire, du cône d'avalanche, la nature mécanique du phénomène, ses causes probables et les moyens d'y parer à l'avenir.

SITUATION

Le groupe Altels-Balmhorn est une partie de la zone interne des hautes alpes calcaires, revêtement du massif cristallin du Finsteraarhorn. Il est formé par les assises du dogger, du malm et quelque peu de crétacé inférieur à plongement nord-ouest. Séparé, par la vallée de Gasteren, du Doldenhorn et du prolongement nord-est des chaînes calcaires intérieures, il l'est à l'ouest par la coupure Gemmi-Daubensee-Spital-

matte des chaînes plus extérieures. Au sud-est, il domine de ses bancs calcaires escarpés le lias de la vallée de la Dala, et regarde les terrains cristallins du massif du Finsteraarhorn.



Fig. 1. — CARTE DE L'AVALANCHE DE L'ALTELS

(d'après l'Atlas Siegfried, avec l'autorisation du Bureau topographique fédéral)

Echelle 1 : 50 000

Le cône de l'avalanche est indiqué en pointillé, la rupture en blanc avec courbes de niveau approximatives ponctuées, la trajectoire en traits interrompus, la zone du souffle par un faisceau de traits pointillés convergeant vers le point initial.

Toute la région qui entre en ligne de compte ici est caractérisée par le plongement régulier des couches vers le nord-ouest, et cela sous des angles de 30° à 40° environ.

Le vallon de Spitalmatte est un chéneau isoclinal, le prolongement de la vallée de la Kander et l'avant-dernier palier au-dessous du col de la Gemmi.

On peut se demander si cette coupure Gemmi-Spitalmatte n'est pas un tronçon d'une ancienne vallée de la Kander, dont la tête, actuellement disparue, se serait étendue au sud de la Gemmi. Cette décapitation aurait amené la prédominance de l'affluent de Gasteren, considéré dès lors, grâce au volume de ses eaux, comme la vraie origine de la Kander.

Quoi qu'il en soit, le lieu d'en discuter n'est pas ici.

Le chéneau de la Spitalmatte est flanqué à droite (sud-est) par la puissante pyramide jurassique de l'Altels, à gauche par un escarpement de têtes de couches crétaées et tertiaires de 300 mètres de hauteur, l'*Ueschinenwand*. Du fond de Spitalmatte, situé à 1900 mètres environ d'altitude, la masse de l'Altels s'élève d'abord assez rapidement; à 250 mètres au-dessus, une rupture de pente donne lieu à une terrasse, la *terrasse de Tatelen*; puis la pente reprend, et par une inclinaison d'une quarantaine de degrés finit par atteindre, à 3636 mètres, le sommet de la montagne. En termes de fortification, le vallon de la Spitalmatte est un *fossé*; au sud-est, l'*escarpe* aboutissant à la *berme* de Tatelen; au nord-ouest, la *contrescarpe* de l'*Ueschinenwand*.

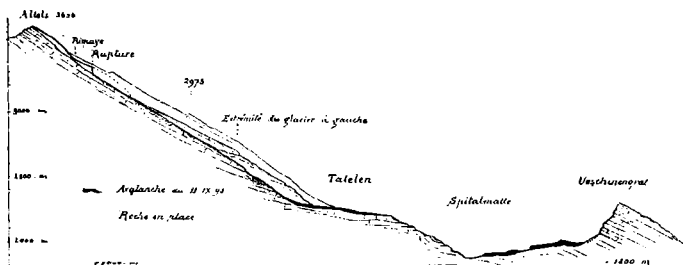


Fig. 2.

Profil transversal suivant la trajectoire de l'avalanche.

Vu de l'Ueschinenegrat ou de quelque point situé au nord-ouest, des sommets du Jura, par exemple, le versant de l'Altels se présente sous la forme d'un grand triangle plus ou moins équilatéral, couronné de neige dans son tiers supérieur; du Jura, la partie enneigée est presque seule visible.

La base du triangle de neiges persistantes se maintient depuis nombre d'années à l'altitude de 3050-3100 mètres; sur la gauche de cette base (sud-ouest), descend une queue glaciaire de près de 1 kilomètre de long, sur 150-200 mètres de large, arrivant jusqu'à l'altitude de 2700 mètres environ. L'extrémité de ce petit glacier s'appuie à un renflement local des couches rocheuses.

LES TÉMOIGNAGES

A 5 h. 10 du matin, une servante de l'auberge de Schwarenbach entendit un bruit semblable à celui du tonnerre et crut ressentir une commotion. De Schwarenbach, la Spitalmatte est cachée derrière un pan de rochers; en outre, le 11 septembre, à 5 h. 10 du matin (heure centrale), l'obscurité de la nuit est à

peine suffisamment dissipée pour qu'on puisse distinguer à cette distance de 2,5 kilomètres autre chose que les grands traits du paysage. Néanmoins, on dit avoir vu de Schwarnbach, planant au-dessus de la Spitalmatte, le nuage blanchâtre qui accompagne les avalanches.

Les mêmes observations ont été faites à Kandersteg (5 à 6 kilomètres de distance). Le bruit y fut distinctement perçu par plusieurs personnes, tandis que d'autres, qui étaient pourtant en plein air, n'entendirent rien. Ici également, les uns crurent à un coup de tonnerre, d'autres à un tremblement de terre, d'autres encore à une avalanche. Ceux qui, comme M. Reichen, agent-voyer, ont pu faire quelques observations, rapportent que de derrière le Gellihorn (qui masque la Spitalmatte pour Kandersteg) s'éleva une colonne brumeuse qui parut ensuite s'épanouir et retomber sur Kandersteg. Un homme qui se mettait en devoir de monter à la Gemmi reçut quelques gouttes de pluie; mais, remarquant au-dessus de lui un nuage, il n'y attachâ pas grande importance; pourtant, pour les observateurs plus éloignés, le ciel était encore serein et le resta jusque vers 9 ou 10 heures. Les habitants de la vallée d'Ueschinen, collatérale à celle de la Spitalmatte, à 1,5 kilomètre environ au nord-ouest, furent, dit-on, atteints par une légère chute de poussière. Au Torrenthorn, 8 kilomètres au sud de la Spitalmatte, le bruit fut entendu par des ascensionnistes. Il fut perçu encore à Frutigen (16 kilomètres au nord, dans la direction de la vallée). Nous ne connaissons pas d'autres témoignages qui ajoutent quelque chose à ceux-ci.

Ce ne fut que plus tard seulement, à 7 heures, que

des bûcherons qui avaient travaillé dans la forêt d'arolles de la Spitalmatte, en retournant à leur ouvrage, découvrirent le sinistre. Au lieu de l'alpe verdoyante, un monceau de glace et de pierres; au lieu des chalets, une trainée de décombres; au lieu des gaies sonneries de la veille, un silence de mort, les cadavres mutilés des bêtes et des hommes! Ce fut aux bûcherons qu'incomba la mission d'annoncer la catastrophe à Louèche et à Kandersteg.

L'alpe de Spitalmatte, en effet, quoique située à la limite des cantons du Valais et de Berne, et en majeure partie sur ce dernier, était louée à une corporation de Louèche. Suivant un vieil usage, le bétail aurait dû quitter l'alpe le surlendemain, 13 septembre.

LA RUPTURE

La masse détritique et glaciaire qui recouvre la Spitalmatte une fois constatée, il n'est pas malaisé d'en découvrir la provenance.

Au sud-est, le triangle neigeux qui couronne l'Altels a subi une modification importante, visible au loin: sa base, autrefois horizontale, a pris la forme d'un grand arc de cercle, de 400 mètres environ de flèche; à distance, du Jura, par exemple, l'ancien triangle apparaît actuellement comme la partie inférieure d'une gigantesque tour Eiffel; du reste, pas d'autres changements appréciables. (Voir planche à la fin.)

La catastrophe est donc due à la chute subite d'une partie de ce triangle, c'est-à-dire à une *avalanche*..., qu'il s'agisse, du reste, de névé ou de glacier, peu importe pour le moment.

Il paraît évident, à première vue, que la forme en arc de cercle affectée par la rupture est statiquement nécessitée par le fait que les deux angles de base du triangle étaient appuyés, tandis que le milieu ne l'était pas; la rupture a formé voûte en dessous d'une ligne de pression aboutissant aux angles de base; elle est arc-boutée en ces deux points. Elle s'est faite d'un coup et après la première chute de 5 heures du matin, il n'y en a plus eu; ce qu'on a dit de chutes subséquentes n'est qu'un produit de l'imagination toujours féconde des journalistes.

L'étude sur place de la rupture confirme cette idée; l'irrégularité de courbure qui se manifeste dans le bord de l'arc paraît être un produit des circonstances locales. Quelques inégalités d'ordre secondaire pourront encore être égalisées par le temps et donner lieu à de très petites avalanches partielles qui n'atteindront pas le fond de la vallée; sauf cela, la cassure paraît franche et pour le moment définitive.

Voici les dimensions de cette brèche cintrée: corde entre les angles de base, 600 mètres; superficie, 145 000 mètres carrés; épaisseur de la glace, 0 à 40 mètres; épaisseur moyenne, environ 25 mètres; volume de glace épanché, environ 3 800 000 mètres cubes.

Une question importante se posait: la rupture était-elle dessinée à l'avance par des crevasses? Je crois pouvoir hardiment répondre *non*: la région de la clef de voûte coïncide avec une fissure antérieure, de trace horizontale, sur 60 à 80 mètres de longueur seulement, le reste de la rupture est franc. Sur la gauche, à mi-hauteur, quelques crevasses de trace à peu près horizontale atteignent la rupture, peut-être se prolongeaient-elles auparavant plus loin dans la partie

éboulée, mais elles n'ont pu jouer aucun rôle, leur direction n'était certainement pas celle de l'arc de rupture. (Voir planches 1 et 2 à la fin.)

La crevasse principale du glacier, la *rimaye*, est restée intacte; elle n'a pas été atteinte par le phénomène.

Dans la région de la rupture, l'inclinaison du substratum rocheux formé des surfaces de couches jurassiques dépasse peu 35°.

A en juger par celles des pieds-droits restants, l'inclinaison de la surface du glacier était plus forte. Il se terminait en un front convexe, ce que confirment les photographies prises peu de temps avant l'avalanche et le dire des guides. L'inclinaison superficielle du glacier diminue légèrement en dessous de la rimaye, pour augmenter au-dessus jusqu'à 55° et plus; dans le voisinage du sommet, la pente est notablement plus faible. La rimaye marque donc, ici comme bien souvent ailleurs, un changement de pente; c'est à tort qu'induits en erreur par un raccourci de perspective, certains auteurs, qui n'ont examiné la rupture que d'en bas, ont cru constater une coïncidence entre ce changement de pente et le haut de la rupture. Une autre crevasse, large et profonde, sépare, vers la courbe 3150, la langue glaciaire de gauche de la partie supérieure du glacier; c'est pourquoi la rupture empiète sur la prolongation de la langue.

GLACIER OU CHAMP DE NEIGE ?

Nous avons admis jusqu'ici que la rupture avait eu lieu aux dépens d'un *glacier*, glacier de versant (Hängegletscher) s'entend. Quelques observateurs des plus

compétents pensent qu'il s'agit plutôt d'un simple névé, le glacier n'étant représenté que par la langue de gauche.

Pour ma part, les observations que j'ai faites dans le cône de l'avalanche ne m'ont montré que de la glace compacte, en grains polyédriques emboîtés, cristallographiquement orientés, comme le prouvent les figures de Tyndall. Dans la région de la rupture, la surface est à vrai dire du névé, mais les neuf dixièmes de la hauteur des falaises de cassure présentent des bandes bleues et tous les caractères de la glace du glacier. Je considère donc la partie inférieure du triangle neigeux de l'Altels comme un véritable glacier, mais j'admets que la ligne de neige superficielle passe actuellement par la rupture elle-même, peut-être à mi-hauteur entre la base et la clef de voûte. La base est à 3050-3100 mètres, la clef vers 3330-3340 mètres d'altitude. L'altitude moyenne de la surface totale (y compris la langue de gauche) est très voisine de 3200 mètres.

LA TRAJECTOIRE

Le chemin parcouru par l'avalanche dans sa descente vers la Spitalmatte est formé de trois tronçons de nature différente. (Voir profil p. 7.)

1. Dans le haut et jusqu'à la terrasse de Tatelen, c'est une large voie dallée par les surfaces de couches du jurassique et encaissée entre les deux hautes falaises en têtes de bancs coupées de l'Ober-Tatlis-horn et des rochers désignés sur la carte par la cote 2975. Là seulement la trajectoire est un *couloir*; large,

dans le haut, de près de 900 mètres, il se rétrécit vers le bas jusqu'à 750 mètres, et est en partie occupé sur la gauche par la langue glaciaire de 150 à 200 mètres de largeur, dont il a été plusieurs fois question déjà. La pente assez régulière, de 30-35°, des surfaces de couches de la voie, est interrompue vers 2650 mètres par un ressaut oblique en dessous duquel elle diminue vers la terrasse de Tatelen. En dessous de l'ancienne extrémité du glacier, soit environ dès 3100 mètres d'altitude, la surface est couverte de fines rainures lapiaires recoupées par quelques fissures très étroites, mais néanmoins bien marquées. Du reste, tout le versant de l'Altels est entièrement débité par des joints dont le système principal est dirigé suivant des plans verticaux, normaux à la direction des couches; un système subordonné présente des joints suivant des plans perpendiculaires, moins inclinés que les surfaces de couches. Tout cela donne au sommet de l'Altels une nature très raboteuse.

2. La *berme* de Tatelen constitue le deuxième tronçon de la trajectoire; elle est formée par des terrains meubles, éboulis, restes d'avalanches en partie gazonnés et à travers lesquels pointe rarement la roche en place.

3. Puis vient l'*escarpe* convexe, occasionnée par un léger ploiement des couches et par des érosions; c'est le tronçon à forte pente (jusqu'à 50°) de la trajectoire.

Enfin la Spitalmatte.

LE CONE

C'est au pied de cette trajectoire, de nature relativement simple et régulière, que s'étend le chaos des débris de l'avalanche. Il n'a qu'une lointaine analogie avec un cône d'éboulis ordinaire; sa surface extrêmement irrégulière, formée d'un dédale de monticules, de bourrelets et de dépressions, rappelle plutôt celle d'un véritable grand éboulement en masse (Rossberg, Kandergrund, etc.), ou même par places un paysage morainique. Il paraît certain que le sous-sol a grandement influencé cette formation superficielle, et il est hors de doute que ce sous-sol lui-même n'est en grande partie qu'un produit d'éboulements d'avalanches... peut-être de glaciers, antérieurs.

Notons comme traits caractéristiques de ce cône d'avalanche :

1. un bourrelet au pied des rochers de l'Ueschingrat;

2. deux ruptures dans le détritit qui n'a pu se maintenir sur certaine partie en forte pente du sous-sol (indiquées comme boutonnières dans la carte, page 151);

3. une grande coulée en retour, dirigée du pied de ces ruptures vers l'est, c'est-à-dire vers le Schwarzbach;

4. un vrai cône d'éboulis de glace sortant du ravin qui coupe l'escarpe sous Tatelen, cône qui a donné lieu à :

5. un petit lac de barrage. (Voir pl. 1, à la fin.)

Le cône n'est pas absolument limité à la Spitalmatte. Sur Tatelen déjà existent des dépôts; les anfractuosités ont été comblées. Sur l'escarpement d'Ueschinen, quelques applications détritiques, comme faites à la truelle de maçon, disent assez que l'avalanche a déferlé contre cette paroi. De loin, c'est comme si un grand coup de balai avait nettoyé la trajectoire, projetant sur la Spitalmatte et contre l'Ueschinengrat, le gros des détritiques, mais en en laissant assez sur Tatelen, pour y produire un certain nivellement.

Quant à la nature du détritiques de l'avalanche, c'est un conglomérat vacuolaire de fragments de glace et de pierres de dimensions variables. Entre les blocs de glace plus que céphalaires et la fine poussière de trituration, tous les intermédiaires sont représentés. Le mélange de glace et de pierres ou de poussière rocheuse est parfois très intime, les coupes fraîches dans la masse présentent souvent une teinte grisâtre générale. (Voir pl. 3 à la fin.)

La quantité relative de glace et de pierres dans le cône est difficile à déterminer. Evidemment, la glace prédomine de beaucoup. Les observateurs qui ont étudié les lieux immédiatement après la catastrophe, alors que tout était encore blanc, n'ont pas suffisamment tenu compte du détritiques rocheux. Ceux, au contraire, qui s'y sont rendus plus tard, alors que par suite d'une ablation intense la couche neigeuse superficielle avait disparu et que tout avait pris la teinte noirâtre uniforme des débris de malm, se sont exagéré l'importance de la masse rocheuse entraînée.

M. Heim, qui est des premiers, donne, dans son rapport, 1-2 % de pierres. Ce chiffre me paraît trop bas; d'après ce que j'ai vu en juillet 1896, il doit être au moins triplé ou quadruplé. M. Heim lui-même, qui a dès lors visité de nouveau les lieux, m'écrit aussi : « ... Schutt ist mehr als ich dachte ... »

Outre les pierres, le conglomérat de glace contient des débris végétaux et une bonne partie des cadavres entiers ou déchiétés du bétail.

Le sol sous-jacent n'est à découvert qu'en de rares endroits, mais il paraît avoir en général peu souffert. Par places, tant sur Tatelen que sur la Spitalmatte, l'ancien gazon existe encore, il est seulement couché dans le sens du mouvement; ailleurs il a été enlevé.

La superficie du cône est de 1 200 000 mètres carrés, ce qui donne une épaisseur moyenne de débris qui serait peu supérieure à 3 mètres, s'ils étaient tassés.

LA ZONE PÉRIPHÉRIQUE

Quoique le cône soit le lieu des dépôts profonds de l'avalanche, les dégâts n'y sont pas restés localisés, au contraire.

Tout autour du cône proprement dit s'étend une région de largeur variable, grêlée de pierres et de débris de glace, s'étendant quelquefois jusqu'à près d'un kilomètre du cône.

C'est en particulier sur la gauche, là où le chéneau de Spitalmatte se rétrécit en forme de cul-de-sac partiel, que la zone périphérique a été le théâtre des grands dégâts dus au courant d'air, au vent de l'avalanche, au *souffle*, comme nous dirons.

En face, dans la direction du mouvement, l'Ueschinengrat, à 2300 mètres, soit encore plus de 400 mètres au-dessus du Schwarzbach, a reçu des pierres pugilaires, tandis que, comme je l'ai dit plus haut, la pluie de poussière atteignait les chalets d'Ueschinen (1,5-2 km. du cône.)

A droite, où le vallon est largement ouvert sur les paliers inférieurs de Gasteren et Kandersteg, la zone périphérique grêlée est plus étroite, les effets du souffle n'y sont que très peu de chose.

Sur Tatelen, cette zone est limitée par deux droites formant les prolongements des falaises de l'Ober-Tatlishorn et des rochers 2975, qui encaissent le couloir. Le souffle paraît n'y avoir joué aucun rôle.

La dimension du cône, augmentée de celle de la zone périphérique atteinte par la grêle de pierres, est de 2 750 000 mètres carrés.

LES EFFETS DU SOUFFLE

Ces effets ont été si considérables et entrent pour une si grande part dans l'ensemble des dégâts matériels causés par l'avalanche, qu'il vaut la peine d'en dire encore quelques mots. (Voir pl. 4 à la fin.)

Les effets du souffle sont donc localisés dans le fond du chéneau de Spitalmatte; ils ne se sont fait sentir ni sur Tatelen, ni sur l'arête d'Ueschinen, où de petits arolles et d'autres objets mobiles n'ont subi aucun déplacement.

Dans le chéneau lui-même, ils ont porté presque exclusivement sur le cul-de-sac partiel d'amont, où se trouvaient les forêts d'arolles et les chalets.

Les forêts sont rasées. Les arbres, coupés par le pied ou à une certaine hauteur, suivant qu'ils étaient directement exposés au vent ou situés dans des dépressions, sont couchés dans le sens du mouvement, la cime à l'extérieur; ils sont en partie ébranchés et entièrement pelés sur leur face libre. Les chalets sont détruits, les parties tout à fait inférieures de leurs pans de mur subsistent seules, le reste est enlevé, les poutres forment, sous le vent, une traînée de quelque cent à cent cinquante mètres de long, prolongée encore par les débris plus menus des toitures. A l'extrémité de la traînée se trouvaient, plus ou moins mutilés, décapités, enroulés autour des bois, les cadavres de quatre hommes qui occupaient les chalets au moment de la catastrophe. Les deux autres qui ont disparu étaient probablement sortis déjà et auront été ensevelis avec le bétail.

Un chalet nouvellement construit au milieu de la Spitalmatte, sur l'emplacement du cône actuel, a eu sa poutre projetée dans les rochers de l'Ueschinenwand, où elle se trouve encore à mi-hauteur de la paroi; les menus débris de toiture sont seuls parvenus au sommet de l'arête.

Un fait est frappant, c'est la convergence presque rigoureuse des arbres, des débris de chalets, etc., vers un point situé au-dessus du thalweg, en avant du ravin qui coupe l'escarpe sous Tatelen. (Cette convergence est indiquée par les traits pointillés de la carte, page 151.)

La superficie de forêts entièrement dévastées est de 9 hectares environ.

LA DYNAMIQUE DU PHÉNOMÈNE

Nous ne savons absolument rien des signes précurseurs de la rupture, mais il est peu probable que pareil phénomène se soit produit sans aucun avant-coureur. Il est possible que les extensions, les ruptures partielles du glacier qui ont dû précéder la rupture définitive aient passé inaperçues aux habitants de la Spitalmatte; il est possible qu'ils s'en soient doutés, mais que, comme dans tant d'autres cas analogues, ils se soient crus assez éloignés et à l'abri de tout danger.

Quoi qu'il en soit, on peut se représenter à peu près comment, le 11 septembre au matin, la rupture étant consommée, le segment se détacha, glissant, le centre en tête et formant la grande masse, le long de sa trajectoire. Peu à peu, le mouvement devint de plus en plus rapide, jusqu'à acquérir une vitesse vertigineuse.

Arrivée sur Tatelen, la grande masse de tête subit un léger relèvement, par le fait de l'aplatissement du versant; au lieu de suivre la contrescarpe, elle fut projetée à travers les airs de l'autre côté du thalweg, reprit terre sur la pente nord-est de la Spitalmatte, et s'en vint, gravissant cette pente, déferler enfin contre la paroi d'Ueschinen, retombant en arrière et donnant lieu au bourrelet de détritrus qui se trouve amoncelé ici. Mais le sous-sol, en partie trop incliné pour que la masse pût s'y maintenir, occasionna la coulée de retour de droite. Pendant ce temps, la queue de la traînée de matériaux en mouvement s'arrêtait en partie sur Tatelen ou venait dans sa

marche plus lente s'étaler au pied de l'escarpe, en forme de cône d'éboulis normal, barrant légèrement le cours du Schwarzbach.

Il est fort heureux que le thalweg se trouve précisément dans l'angle mort sous Tatelen, autrement un barrage bien plus considérable se fût produit, dont les conséquences pour la vallée de la Kander eussent pu être graves.

Tout ceci doit s'être passé en moins de temps qu'il n'en faut pour le décrire. MM. Heim et Brückner estiment à environ 120 mètres par seconde la vitesse de la masse au pied de la pente; le temps écoulé entre la rupture et l'arrivée de l'avalanche sur la Spitalmatte peut être évalué à une minute.

L'origine du souffle est clairement indiquée par ses effets, le souffle n'est point un simple courant d'air précédant l'avalanche, car il n'existait pas sur Tatelen et n'existait plus sur l'Ueschinengrat. C'est un produit de la compression de l'air du chéneau de Spitalmatte par la masse de l'avalanche, alors que celle-ci traversait les airs au-dessus du thalweg; de là, l'air s'échappa dans toutes les directions, la seule ouverte est celle d'aval, c'est là que les dégâts sont les moindres, tandis qu'ils sont considérables dans les parties d'amont en cul-de-sac.

Ainsi les traces de la catastrophe, telles qu'elles étaient conservées quelques jours après et que nous les avons décrites, sont suffisamment claires pour nous permettre de reconstituer les grands traits au moins de la marche du phénomène.

On est un peu plus embarrassé à première vue, pour se rendre compte de la provenance du détritit pierreux du cône, car, d'une part, la glace du glacier de l'Al-

tels est très pure; de l'autre, il ne semble pas que la trajectoire ait jamais été très encombrée de pierres. Il faut cependant remarquer que, grâce aux divers systèmes de joints qui fissurent la masse de l'Altels, il a pu être entraîné quelques matériaux le long de la trajectoire, sans que pour cela elle présente de traces évidentes d'érosion. De plus, les parois latérales de l'Ober-Tatlishorn donnent lieu à des talus d'éboulis qui se montrent actuellement en partie fraîchement coupés à la base, il est hors de doute que c'est l'avalanche qui a entraîné une partie de leurs matériaux. Enfin, le bas de la trajectoire, à son raccordement avec Tatelen, présente des masses de détritrus dénuées de végétation, d'où une partie des matériaux pierreux de l'avalanche peut avoir été tirée.

Admettant que les 120 hectares du cône soient couverts d'une couche de pierres de 8 à 10 centimètres en moyenne, la hauteur moyenne de pierres enlevées sur la trajectoire, de 170 hectares, serait d'environ 6 à 7 centimètres seulement.

LES CAUSES

La connaissance exacte des causes qui ont amené la rupture du glacier est évidemment de la plus haute importance pratique. Elle seule nous permettrait de prévoir le retour de pareilles catastrophes et de juger des moyens propres à les prévenir.

Remarquons d'abord qu'il s'agit, dans le cas spécial que nous étudions, d'une véritable rupture sèche, sans aucune accumulation d'eau, car il n'existait nulle part des traces de ruissellement, en dessous du gla-

cier les surfaces de couches étaient sèches. C'est une rupture par gravité.

En second lieu, constatons que le phénomène est périodique à l'Altels, puisqu'il se produisit déjà en 1782.

On est ainsi conduit à se demander si la périodicité en question dépend des circonstances topographiques, comme c'est le cas dans tant d'autres chutes de glaciers.

Nous pouvons hardiment affirmer qu'il n'en est rien et que ce n'est pas lorsque le glacier de l'Altels atteint certaines dimensions limites que son extrémité s'écroule. Les premiers levés au 1 : 50 000, datant des années 1846-1849, dont j'ai pu prendre connaissance au Bureau topographique, montrent clairement qu'alors le glacier était notablement plus grand, descendait bien plus bas qu'actuellement.

Dès l'avalanche de 1782, le glacier s'était donc non seulement régénéré, mais encore il était, peu avant 1850, plus grand qu'il n'a été par la suite, sans qu'un éboulement soit intervenu alors.

M. Heim s'est demandé quelles étaient sur la pente des surfaces de couches de l'Altels les conditions d'équilibre d'une masse de glace de dimensions semblables à celles de la brèche actuelle. Sur la base d'un calcul de M. Huber, il affirme que pareille masse de glace ne pouvait rester immobile sur son fond de 30° d'inclinaison par simple cohésion avec les parties supérieures, mais que, pour pouvoir se maintenir, elle devait être gelée au sous-sol

Il est permis de se méfier des coefficients introduits par M. Huber dans son calcul, ils appartiennent à cette catégorie de valeurs encore trop peu

connues et déterminées dans des conditions qui ne sont peut-être pas celles de la nature. Néanmoins il me paraît certain que le glacier était en grande partie congelé sur le rocher. En effet, tandis que les surfaces de couches présentent, comme je l'ai dit, en dessous de 3100 mètres, des traces de lente corrosion des eaux de ruissellement, ces traces disparaissent de plus en plus au-dessus; il n'y avait donc pas de ruissellement d'eau sous le glacier, ce qui ne pouvait arriver que pour autant que la température y était inférieure à zéro.

Il me paraît donc que lors même qu'on ne considérerait pas comme une nécessité physique la congélation du glacier au sous-sol, un observateur attentif de la nature de ce sous-sol s'en convaincra sûrement.

Reste à savoir comment et ensuite de quoi a pu se produire un décollement qui, comme nous l'avons vu, n'est pas un phénomène hydrologique.

A cette question, M. Heim répond: Par réchauffement du sous-sol, par une ascension de la géoïsotherme $\pm 0^{\circ}$, après l'été très chaud de 1895 et ensuite de l'effet cumulatif des étés chauds de 1893, 1894 et 1895.

Le fait est que d'une part il paraît assez clair que la décongélation ne peut provenir d'en haut, de la glace elle-même, obligée de conserver une température égale ou inférieure à zéro. D'autre part, les recherches de M. Forel ont montré que la catastrophe de 1782 avait suivi aussi un été anormalement chaud... Assurément, on connaît d'autres étés très chauds qui n'ont pas été suivis de catastrophe, comme par exemple celui de 1834; mais, dit M. Heim, ils suivaient d'autres étés de nature toute différente: il n'y avait pas effet cumulatif.

Cependant la possibilité d'une ascension appréciable des géoïsothermes dans l'espace de trois ans, par simple conductibilité, sur des points éloignés des surfaces d'insolation de 200-300 mètres, c'est là un phénomène physique bien difficile à admettre.

M. Heim pense, à la vérité, que cette variation a été appuyée par l'effet des eaux d'infiltration chaudes provenant des abrupts du versant ensoleillé de la montagne. Mais..., outre qu'il y a là peu de neige à fondre, la surface de ces parois étant bien petite et leur inclinaison si grande que la neige ne s'y maintient jamais; le peu d'eau produit là ne s'infiltré assurément qu'en quantités infimes; aussitôt produit, il doit ruisseler. Puis, ces eaux d'infiltration des têtes de couches sud, je les cherche en vain là où elles pourraient reparaitre sur le versant nord...

Enfin, malgré l'effet des eaux d'infiltration, il est constant que l'oscillation annuelle de la température ne se fait sentir, dans nos latitudes, que jusqu'à 25 ou 30 mètres au plus de profondeur; peut-être va-t-elle un peu plus loin sur les hautes montagnes isolées de la nature de l'Altels, où l'oscillation a davantage d'amplitude; mais, qu'une période trisannuelle se fasse sentir à travers 200-300 mètres de roche, c'est peu probable.

En d'autres mots, le phénomène d'ascension de la géoïsotherme, s'il entre réellement en ligne de compte, doit avoir été beaucoup plus long que ne le pense M. Heim. Un élément capable de jeter quelque lumière sur cette question, c'est :

L'HISTOIRE DES VARIATIONS DU GLACIER

Le premier document précis dont j'aie connaissance est le levé au 1 : 50 000 de 1846, dont la minute existe au Bureau topographique. Dès lors, plus rien jusqu'en 1881-1882, date de la revision de la carte; le glacier a considérablement décréu. Une photographie de septembre 1881 corrobore la carte topographique. Je possède trois autres photographies datant de 1887, 1893 et 1895, prises toutes de Schwarenbach, à des moments où, à en juger par les pentes du Tatlishorn et de 2975, l'enneigement devait être à peu près normal.

Ces vues démontrent une crûe appréciable du glacier, au moins dans sa partie centrale et orientale, tandis que la langue de gauche n'a guère varié, probablement par le fait qu'elle s'arrête à une augmentation de pente, où elle se brise. La crûe doit avoir pris fin en 1893, car la photographie de 1895 nous montre le glacier un peu retiré mais présentant un front plus épais.

Or, au dire des guides, tous les glaciers de la région sont en retraite constante depuis longtemps, l'enneigement des hautes cimes, entre autres de l'Altels et du Balmhorn, diminue de plus en plus, en sorte qu'on atteint ces sommets en suivant des arêtes rocheuses de plus en plus longues. Quelques observations faites dans le groupe Altels-Balmhorn en 1889 et en 1895 me conduisent personnellement au même résultat.

Donc, d'une part, augmentation dans les dimensions du glacier, au moins jusqu'en 1893, mais, d'autre part, recul de l'enneigement.

Il semble que nous assistions à un phénomène de très lente extension du glacier, qui, n'étant pas attribuable à une augmentation de masse, de pesanteur, ne pourrait être dû qu'à un accroissement de plasticité sous l'influence d'une élévation de la température moyenne de la glace — on sait, en effet, l'influence considérable de la température sur la plasticité de la glace.

Cette idée est corroborée par une observation du guide S. Ogi, qui me disait, lors de ma première visite de septembre 1895, qu'en 1895 le front du glacier était très raide, il avait « l'apparence d'une goutte ».

Si cette hypothèse est fondée, nous aurions dans l'extension plastique du glacier de l'Altels l'indice d'une lente élévation de la température moyenne annuelle depuis 1881 au moins. Il s'agirait d'une oscillation climatique de longue durée, capable d'agir profondément sur les géoisothermes.

L'idée de M. Heim, de décollement par suite d'ascension des géoisothermes, n'est pas improbable, à condition d'admettre que cette ascension se produit depuis de longues années; M. Heim l'a dès lors reconnu lui-même dans l'échange de vues que nous avons eu à ce sujet à la séance de la section de géologie de la Société helvétique des sciences naturelles, à Zurich, en 1896.

Du reste, il ne me paraît pas possible de se prononcer actuellement d'une manière tout à fait définitive sur cette question. Bien des observations restent à faire, et il serait très désirable que nous eussions à notre disposition des matériaux un peu plus complets sur la température du sol à diverses altitudes et à différentes profondeurs.

L'étude de la régénération du glacier présentera aussi un certain intérêt. La brèche se remplira-t-elle par descente des masses de glace et de névé surincombantes ou par accumulation pure et simple de neige fraîche sur place? L'expérience de 1896 est peu concluante à cet égard, le temps ayant été trop exceptionnellement défavorable pendant tout l'été, de telle façon que non seulement la brèche ne s'est pas dégarnie de neige, mais qu'elle en présentait même davantage vers la fin de septembre que deux mois auparavant.

MESURES PROPHYLACTIQUES

Comme toutes les catastrophes glaciaires de nature périodique, l'avalanche de l'Altels se reproduira... une fois ou l'autre.

Peut-on en empêcher le retour?

Si la cause de la catastrophe est due à l'ascension des géoïsothermes dans l'intérieur de la montagne, on ne peut évidemment couper le mal à sa racine. Par contre, on pourrait, théoriquement du moins, augmenter assez le frottement de la glace sur le fond rocheux pour lui permettre de s'y maintenir

Pour cela, il faudrait créer des aspérités artificielles suffisantes, soit en découpant la pente en une série de gradins successifs, soit en y implantant des pieux de fer, comme on le fait pour les avalanches. Mais... il est évident que l'un ou l'autre de ces moyens conduirait à des frais absolument hors de proportion avec les avantages qu'on en retirerait.

Quant à empêcher artificiellement le glacier de se régénérer, à le faire se briser sur une rupture de

pente créée *ad hoc*, comme le propose M. Forel, on ne le peut si, comme cette année (1896), la neige s'accumule sur place.

Il semble donc qu'aucun moyen pratiquement réalisable ne permette une correction du glacier de l'Altels.

Il faut laisser les catastrophes suivre leur cours et se borner à les rendre aussi inoffensives que possible : en reconstruisant les chalets à l'abri des caprices du glacier, en faisant passer le chemin si fréquenté de la Gemmi dans l'angle mort sous Tatelen, en évacuant l'alpage de bonne heure lorsque l'été est chaud, enfin et surtout en observant le glacier, car la production absolument subite de pareils phénomènes n'est pas admissible.

Les catastrophes glaciaires qui ont déjà été à plusieurs reprises très dévastatrices pour différentes régions du territoire alpin (Bies, Giétroz, etc.) sont pour la plupart des événements périodiques qu'il serait facile de prévoir et contre lesquels il serait facile de se prémunir; mais, pour cela, il faudrait des observations régulières, un système d'observations faites par le moyen d'organes capables. Jusqu'ici, rien d'officiel n'a été fait. La connaissance même de nos glaciers, abstraction faite de notre carte topographique, est due exclusivement à des entreprises de caractère privé. Les travaux de mensuration du glacier du Rhône, entrepris jadis par le Club Alpin suisse et qui sont destinés à porter leurs fruits dans tout ce qui touche à la connaissance des glaciers, sont actuellement en mains de la Commission des glaciers de la Société helvétique des sciences naturelles, qui ne vit et ne travaille que grâce à des contributions de caractère privé.

Il semble que dans ce domaine l'initiative privée ait donné ce qu'elle pouvait produire et que ce soit maintenant à l'Etat à organiser ce service.

Un premier pas a été fait dans cette voie, d'abord par le service des forêts du canton du Valais, puis par notre Inspecteur fédéral en chef des forêts, qui s'est rendu compte clairement de l'importance pratique considérable d'observations glaciaires et en a chargé ses agents. Par cette voie, nous arrivent chaque année une quantité d'observations de bonne qualité sur les variations subies par certains glaciers, observations qui sont enregistrées dans les rapports annuels de M. Forel. (*Jahrb. des S. A. C.*) Mais... le nombre des glaciers en observation n'est encore qu'une infime minorité; tant qu'il en sera ainsi et tant que les observations organisées se borneront à l'extrémité inférieure des glaciers, les résultats pratiques resteront nécessairement maigres, surtout en ce qui concerne la prévision des catastrophes.

Il paraît évident que le service forestier est déjà suffisamment chargé chez nous pour qu'il soit impossible d'en attendre davantage. Les Commissions météorologique et géologique qui auraient scientifiquement intérêt à étudier les glaciers de plus près, sont très mal dotées et ne peuvent souvent faire face honorablement à la tâche principale qui leur incombe.

Nous vivons en un temps de folle dilapidation des deniers publics, que nous avons apprise des puissances voisines, sans toutefois en apprendre les correctifs. Le protectionnisme élève ses barrières, facilitant en apparence la lutte pour la vie, créant en réalité un équilibre économique instable et néfaste... encore si ses produits étaient utilement consommés,

mais tant s'en faut. L'utilisation de l'énergie disponible dans la nature, la régularisation de son travail, l'accumulation de ses ressources subites qui, actuellement, ne sont que des fléaux; tout cela demande du temps, des connaissances, des ressources que nous aurions si elles n'étaient pas si souvent vilipendées... et cela profiterait au grand nombre tout autrement que la majoration constante des budgets militaires, dont on n'entrevoit pas la fin, mais dont on reconnaîtra bientôt les désastres.

BIBLIOGRAPHIE

Heim, loc. cit., p. 4.

Maria. M. Ogilvie. The «Gemmi» Disaster (Nature 1895, vol. 52, p. 573-575). Bonnes figures de l'extrémité de la coulée de retour, de la structure de la glace, etc. Données numériques peu exactes.

F. Toula. Die Gletscherlawine a. d. Altels u. d. Schwund des Karlseisfeldes. (Votr. d. Ver. Verbr. naturw. Kenntn. i. Wien 1896. XXXVI. Heft 10). Pour l'Altels, basé sur le rapport de M. Heim.

C. S. Du Riche Beller. The Ice Avalanche on the Gemmi Pass (Engineering, 14 oct. 1895). Anciennes dimensions du glacier tout à fait fausses.

Léon Du Pasquier. L'avalanche du glacier de l'Altels (Annales de Géographie 1896, p. 458-468).

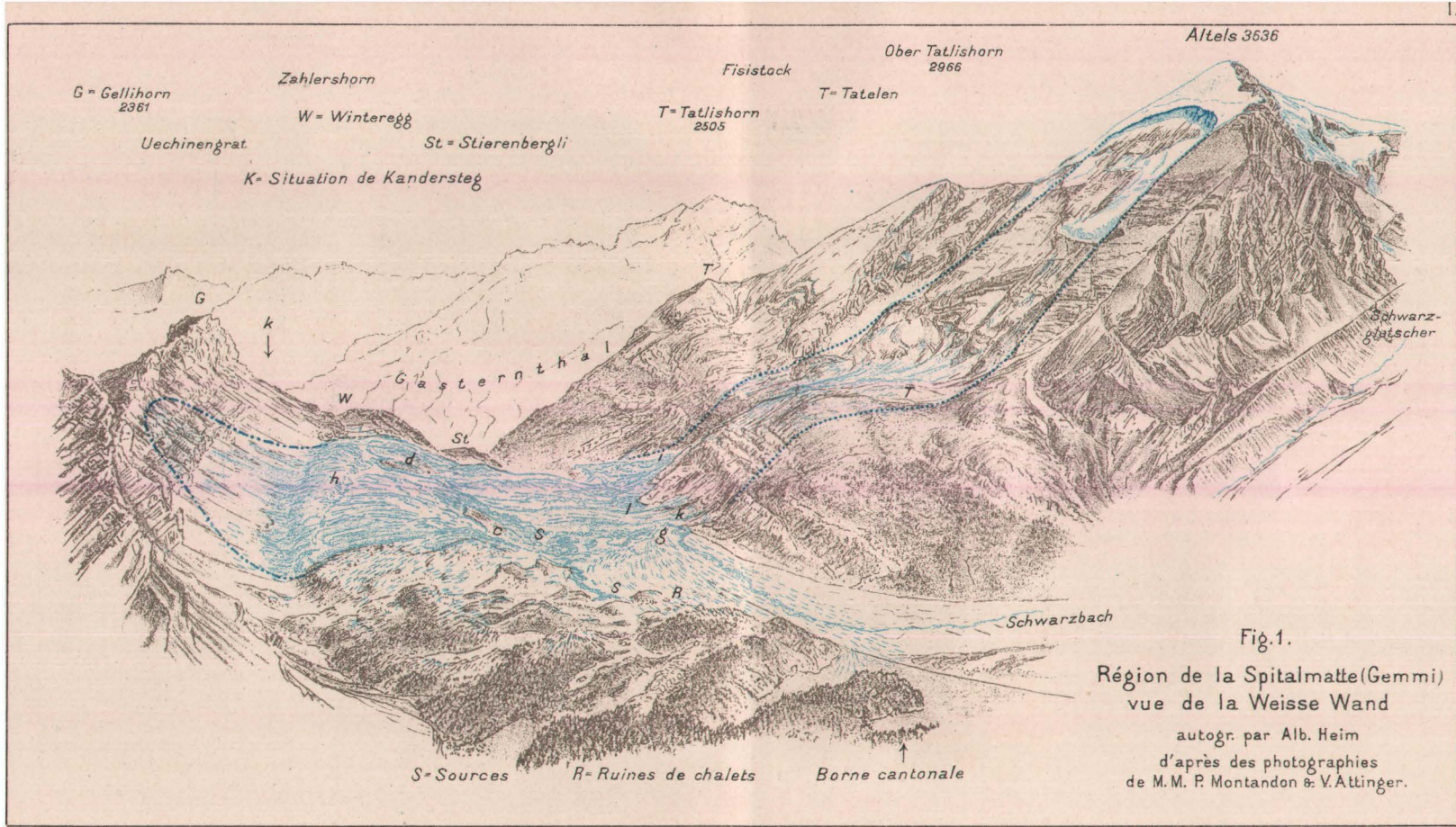


Fig.1.

Région de la Spitalmatte(Gemmi)
vue de la Weisse Wand

autogr. par Alb. Heim
d'après des photographies
de M. M. P. Montandon & V. Attinger.



LA RUPTURE

Phot. Attinger frères, Neuchâtel. 28. IX., 1895.



STRUCTURE DE L'AVALANCHE

Phot. Alb. Büchi, 13. IX., 1895.



EFFET DU SOUFFLE

Phot. Prof. Brückner, Bern. 18. IX., 1895.