

L'éboulement du Grugnay, près Chamoson (Valais)

par le Dr H. Schardt, professeur.

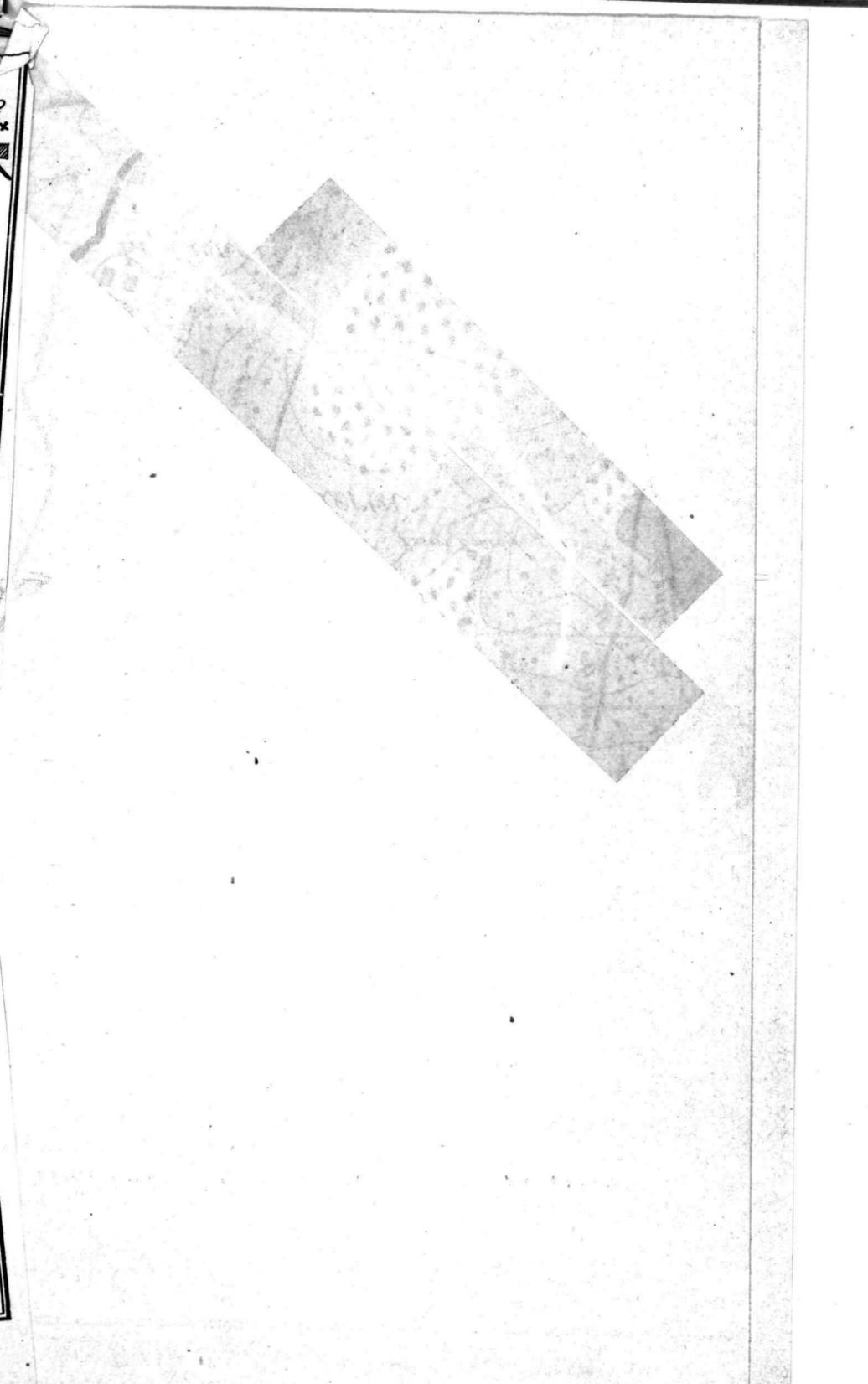
Avec une carte et trois planches en photypie.

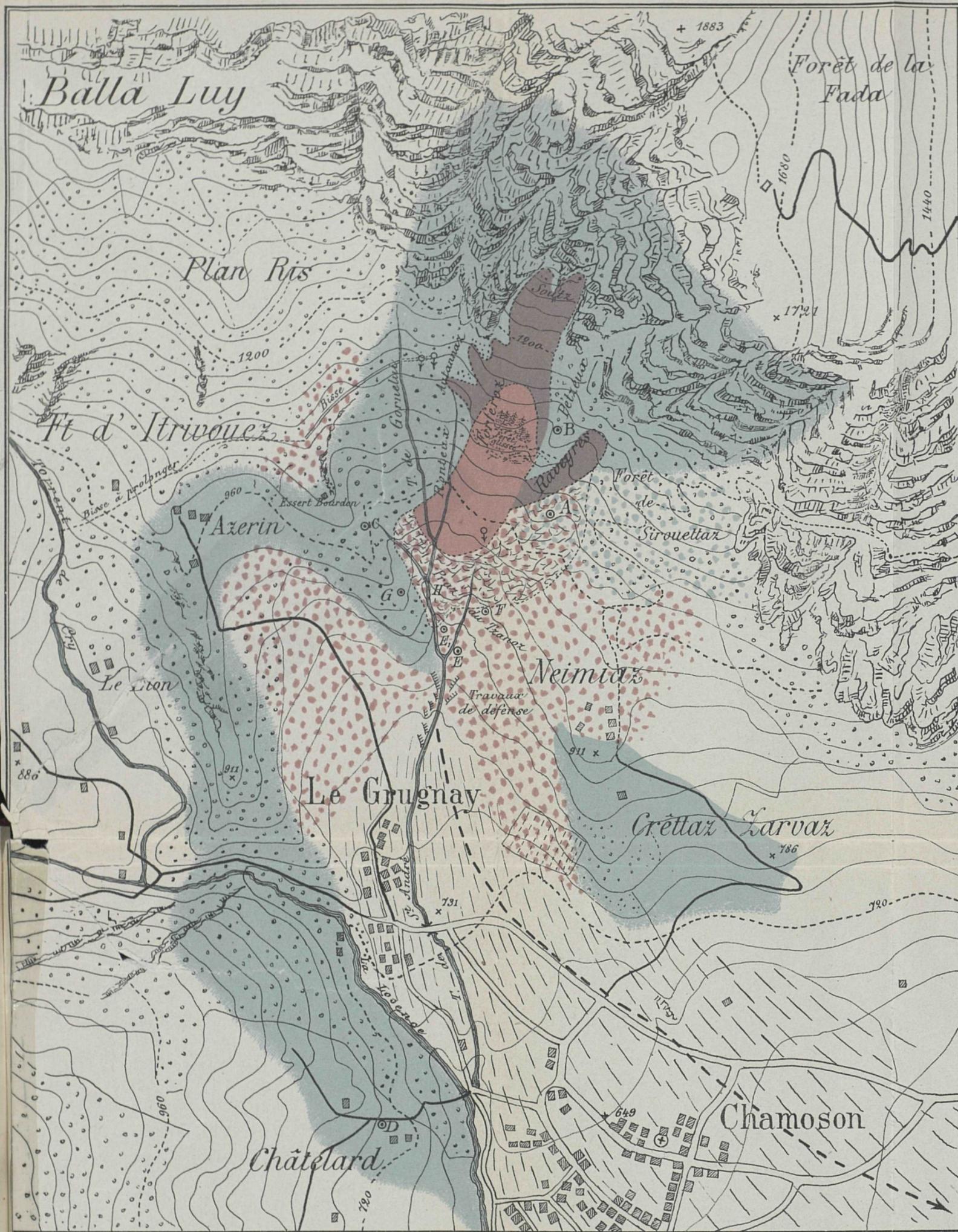
Introduction. Les mouvements de terrain, compris sous le nom d'éboulements, se divisent en deux groupes : Les chutes de rochers (Felsstürze) et les glissements de terrain (Erdschlipfe).

La différence entre ces deux formes d'éboulements tient autant à la nature du terrain mis en mouvement qu'à la déclivité de la surface sur laquelle le mouvement s'accomplit. Une tête rocheuse ou une paroi abrupte qui s'effondre verticalement représente le type de la première forme, tandis que le glissement d'un coteau de terre argileuse relativement peu incliné nous fournit un exemple frappant de la seconde. Mais entre deux il y a toutes les formes de passage possibles, malgré le contraste absolu, semble-t-il, qui distingue la chute du rocher, avec son bruit assourdissant, ses nuées de poussière, sa soudaineté, du mouvement silencieux, ondulant et souvent extrêmement lent du glissement de terrain.

La différence essentielle entre les deux, c'est l'absence de surface de glissement chez la plupart des éboulements rocheux. Cependant il y a aussi des glissements de rocher, où la masse en mouvement se meut sur un plan incliné, du moins au début ; mais le moment

vient où la vitesse acquise produit une rupture complète de la continuité de la masse en mouvement ; elle se disloque, les diverses parties se culbutent et se bouleversent avec grand fracas ; le glissement devient un roulement, un fleuve de blocs qui s'entrechoquent, comme dans une vraie chute de rocher. C'est donc aussi la nature du matériel en mouvement qui caractérise la différence entre les éboulements rocheux et les glissements de terrain. Sur une même pente, un terrain rocheux qui glisse se comporte autrement qu'une masse argilo-terreuse, ainsi que cela est facile à comprendre. D'autre part, l'intervention de l'eau souterraine ou d'infiltration peut produire des modifications considérables dans l'évolution d'un glissement de terrain, si bien qu'au lieu d'un glissement lent, il se produit un écoulement rapide, où, dans une masse argileuse semi-fluide sont entraînés des blocs de grande dimension. C'est le Murgang des Suisses allemands, » l'ovaille » comme les Vaudois nomment ce phénomène qui n'est ni un glissement de terrain, ni un simple débordement de torrent ; le plus souvent c'est un glissement ou un éboulement initial qui en a été la cause. L'enchaînement des déplacements de terrain avec les phénomènes hydrologiques ne se borne pas seulement aux ovailles ou torrents boueux, mais par leur mode de déplacement, les glissements de terrain rappellent sous plus d'un côté le mouvement des cours d'eau, voire même des glaciers, suivant la quantité d'eau qui entre en activité. Je rappellerai à cette occasion le glissement séculaire de terrain qui descend à l'est du village d'Epesses, dès le pied des rochers qui dominent la voie ferrée Lausanne-Berne, jusqu'au bord du lac Léman, où les vagues enlèvent au fur et à mesure les matières argileuses en laissant subsister les gros blocs. Or, ces gros blocs formant le promontoire de *la Motte*, proviennent de la falaise rocheuse en amont de la ligne de Berne ; ils gisent là comme la moraine frontale d'un glacier !





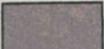
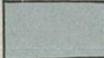
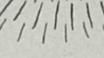
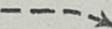
CROQUIS

de la Situation
DE
L'ÉBOULEMENT
DU
GRUGNAY
sur Chamoson

d'après les observations faites
en Janvier et Février 1906.

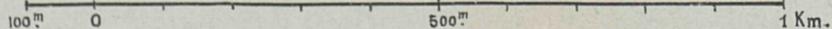
par *H. Schardt, prof.*

LÉGENDE :

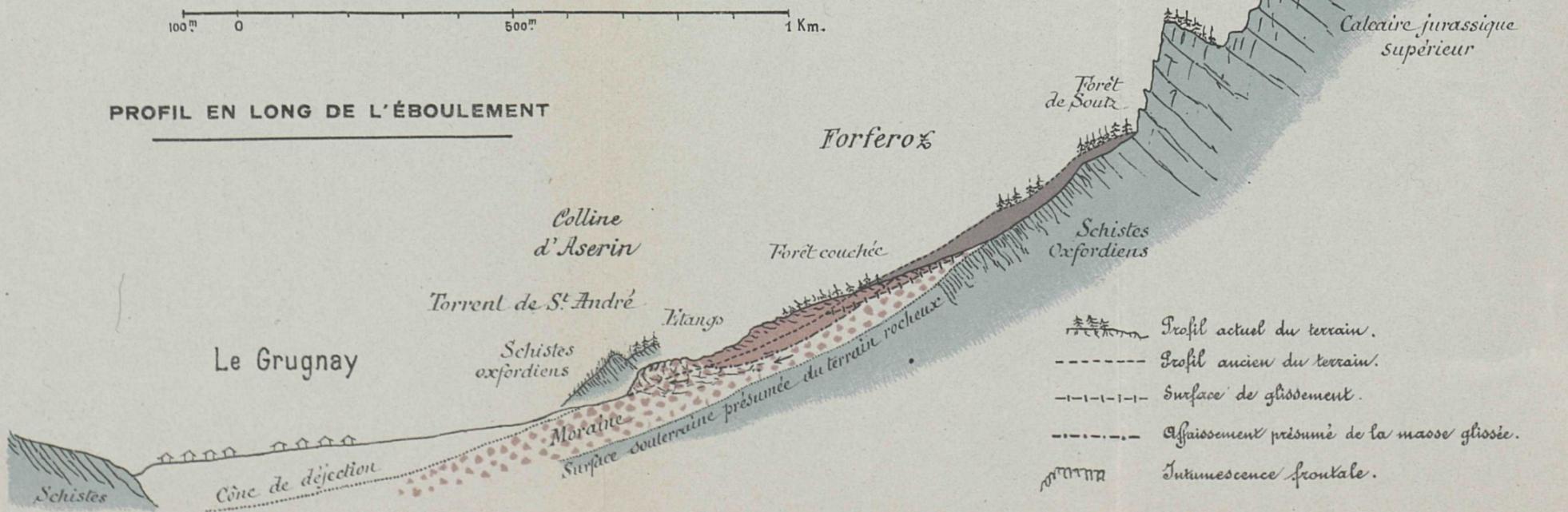
-  Zone d'arrachement.
-  Éboulement ou glissement primaire.
-  Glissements et dislocations secondaires de la moraine, par l'effet de la surcharge.
-  Sources.
-  Terrain rocheux (Jurassique)
-  Moraine.
-  Éboulis.
-  Cône de déjection.
-  Points de vues photographiques.
-  Trajectoire de la coulée de 1290 à 1308.

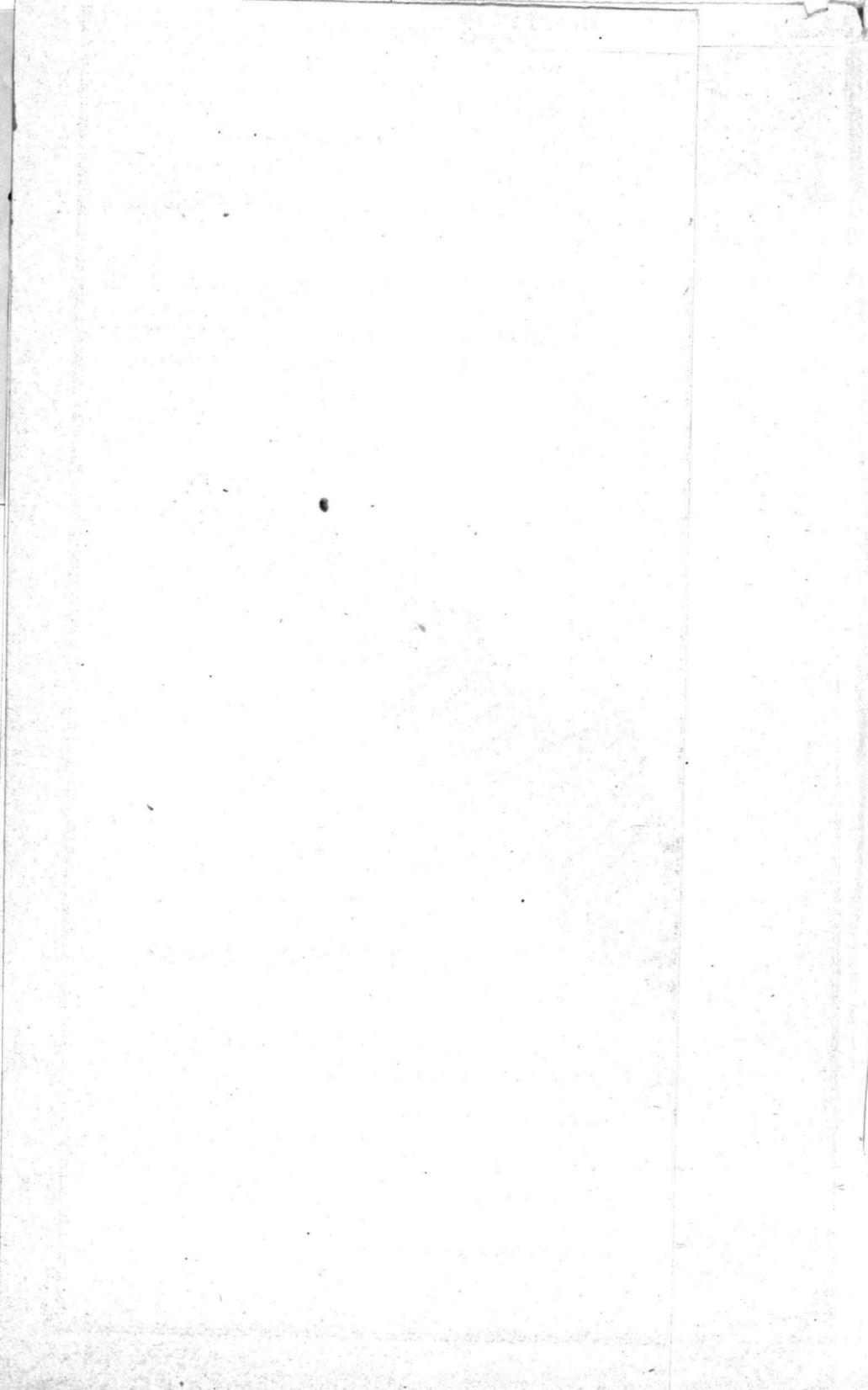
Arête de la Côte Versan
(Haut de Cry)
1883^m

Echelle 1:10000



PROFIL EN LONG DE L'ÉBOULEMENT





1. L'éboulement de Chamoson. — Sa situation.

Après ces quelques lignes d'introduction, constatons que le mouvement de terrain qui s'est produit dans la région de Chamoson dès le 15 janvier 1906 rentre franchement dans la catégorie *des glissements de terrain*. C'est sans bruit aucun qu'il s'est annoncé le matin du dit jour et c'est lentement, pendant près d'une semaine, que s'est accompli le principal trajet, transportant la masse glissée, dès son lieu d'origine jusqu'à son gisement nouveau, situé environ 300 m. plus bas et après avoir fait un trajet horizontal de 300 m. également pour la partie supérieure, de 200 à 250 m. pour la partie inférieure. Les phénomènes accessoires et consécutifs se sont également accomplis sans la moindre sonorité. Ils ont été si singuliers et ont produit par leur importance une impression telle sur la population qu'il y a là un des exemples les plus remarquables à analyser ; de plus, la poursuite de l'étude pendant quelque temps s'impose vraiment, soit au point de vue scientifique, soit en vue de fixer définitivement la marche du glissement qui n'est d'ailleurs pas le premier phénomène de ce genre dont cet endroit a été le siège.

Avant d'envisager l'événement lui-même, il importe de se rendre compte aussi bien que possible de la situation antérieure. C'est ce que nous pouvons faire à l'aide de la carte topographique suisse 1 : 50000 (carte Siegfried). La carte, jointe à cette notice, est un extrait, agrandi 5 fois, de celle-ci. Les courbes de niveau n'ont pas été modifiées sur l'emplacement du glissement ; un nouveau levé pourrait fixer les modifications produites. Les indications recueillies sur les lieux, d'après les récits des habitants, nous permettent de compléter la description des lieux avant le glissement de terrain.

L'endroit de la vallée de la Losentze où s'est produit le glissement de terrain se trouve situé sur le flanc N.

de celle-ci, juste au-dessus du hameau du Grugnay, commune de Chamoson. Ce hameau se trouve à côté du torrent de *St-André*, sur la hauteur entre celui-ci et la Losentze. Ce torrent de *St-André* est formé lui-même par trois affluents : 1^o Le ruisseau de *Gornelui* dont les sources se trouvent au pied de la grande paroi des *Autannaz*; 2^o les eaux temporaires descendant du couloir du *Rontoux*; 3^o l'eau de plusieurs sources qui jaillissent au pied du coteau de *Forferoz*. Ce flanc de la vallée que surmonte la paroi vertigineuse du Haut-de-Cry est entamé encore par une série d'autres ravins, entre autres celui de Cry, situé plus au N. W.; ce formidable ravin est resté tout à fait en dehors du mouvement qui nous occupe.

Situation. Le coteau sur lequel s'est produit le glissement est constitué dans le bas par une grande épaisseur de *Schistes tendres* foncés, très délitables, qui appartiennent probablement au terrain *oxfordien* et peut-être même au *Dogger*. Des *calcaires grumeleux* (couches de Birmensdorf), les surmontent par places (Chamosentze). On trouve sur la limite des deux des couches foncées riches en minerai de fer colithique (Chamosite) autrefois exploité. Enfin l'énorme massif de *calcaire bien stratifié* qui forme la paroi de Cry et qui va s'abaisser jusqu'au bord de la vallée par la *Tête Versan* et la *Roussiaz*, appartient au *Jurassique supérieur* ou *Malm*. Le haut de l'arête de Cry, entre le *Tzériet* et la *Tête Versan*, est même formé d'un couronnement de *Néocomien*.

Le ravin du torrent de *St-André*, dans lequel s'est produit le glissement de terrain, est encaissé entre deux contreforts dont celui de l'est porte le hameau de *Neimiaz*, d'où part un sentier qui permet de franchir l'arête au *Roussiaz*. L'autre contrefort s'élève par *Essert Bourdon*, près *Aserin*, jusqu'au Plan Ris, au pied de la Paroi de Balla Lui. Primitivement, c'est-à-dire avant l'époque glaciaire, le torrent de *St-André* devait être

beaucoup plus encaissé. Il coulait à un niveau bien plus bas, entre les collines d'Aserin et de Neimiaz. Mais l'envahissement des glaciers a comblé cette dépression avec de la *moraine*, alimentée en bonne partie par les terrains des coteaux voisins, d'où la nature argileuse et la couleur foncée de ce dépôt englobant des blocs calcaires. Cette argile est le produit de l'érosion glaciaire sur les schistes jurassiques. Plus haut on trouve cependant aussi des blocs du Haut-Valais, gneiss et granit protogine du massif de l'Aar. Les dépôts morainiques ont d'ailleurs un très grand développement dans tout le vallon de la Losentze ; les terrasses de Chamosentze, celles de Loutze et de Bertze en sont formées.

II. Situation avant le glissement de janvier 1906.

Le ravin d'où proviennent les eaux du torrent de St-André est formé, comme nous venons de le dire, d'un enfoncement entre deux contreforts rocheux de schistes jurassiques, entre lesquels se trouve un remplissage morainique. Ce remplissage formait à la hauteur de Neimiaz, 911 m., et un peu plus haut une belle terrasse presque plane dite *Proz du Tzanz*, ¹⁾ sur laquelle il y avait des plantations, des jardins potagers et tout autour de beaux noyers. C'est à l'O. de cette terrasse que se trouvait encaissé, à 50-60 m. de profondeur, le lit du torrent de St-André, dominé d'un côté par le coteau argileux de la moraine (remplissant l'ancienne dépression beaucoup plus enfoncée); de l'autre côté il y avait le talus rocheux de schistes jurassiques fortement incliné. Quelques pins sur ce dernier, des vernes et autres broussailles sur la moraine

¹⁾ Pré du Chêne.

masquaient le terrain dénudé. *On voit donc que le torrent ne coulait pas dans l'axe de l'ancienne dépression*; mais qu'il était refoulé sur son bord O. C'est du côté O. également que vient l'appoint d'eau le plus constant par le Gornelui; le Rontoux et le Forferoz ne débitent de l'eau qu'en temps de pluie, ou lors de la fonte de la neige.

Les pentes dominant le plateau au bas du Forferoz présentaient un aspect fort différent. Derrière Neimiaz, où la moraine est couverte d'éboulis en gros blocs, se trouve la forêt de *Sirouettaz*, ¹⁾ formée de pins et de sapins. Le petit ravin de Raveyres offre des vernes et quelques sapins. Mais l'arête étroite et fort inclinée du côté du Forferoz, qui porte le nom de *Petzeux*, est formée de schistes jurassiques, sur lesquels se sont établis des sapins. Une petite arête moins saillante, mais également formée de schistes jurassiques et couverte de sapins clairsemés, se trouve entre le ravin du Rontoux et le Forferoz. *La dépression du Forferoz, d'où est descendu le glissement du terrain, n'était auparavant que fort peu enfoncée.* Elle formait un talus bordé de part et d'autre par les pentes rocheuses garnies de sapins du Rontoux et du Petzeux; son milieu était assez libre de gros arbres; par contre une brousse de vernes garnissait la plus grande partie de sa surface. Tout au haut, où apparaissait le rocher presque à nu, au pied de la paroi rocheuse, se trouvait sur une terrasse la forêt de *Soutz*, faisant jonction entre celle du Petzeux et celle du Rontoux, à la cote d'environ 1300 m.

Au bas du Forferoz, presque au milieu de la dépression, au-dessus du chemin qui conduisait à Aserin, se trouvaient les sources collectées dans un bisse alimentant l'étang de Neimiaz. Le jaillissement de l'eau de ces sources, la présence de vernes, sur tout le talus

¹⁾ Ce nom ne figure pas sur la carte, où se trouve celui de Larzay, nom inconnu par les habitants.

ÉBOULEMENT DE CHAMOSON

Haut de Cry, 2951.

Tête Versau.



Grugnay.

Chamoson.

Phot. H. Schardt, 11 Nov. 1906.

Fig. 1. Vue générale de l'éboulement prise d'un point situé à 700 m. au S. de Chamoson.

entre les deux forêts de Petzeux et du Rontoux, témoignent de la nature argileuse du sous-sol dans cette zone intermédiaire. Cette dépression du Forferoz n'était autre chose qu'un ravin *jadis plus profond mais rempli de moraine argileuse et de détritits schisteux et argileux éboulés*. Dans la partie supérieure il y avait même un talus d'éboulis couvert de gros blocs.

Il ressort de même de la carte topographique *que le couloir du Forferoz n'était que très peu encaissé*, et n'était bien accusé comme ravin que tout près de l'arête du Petzeux au point d'émergence des sources de Neimiaz. Les courbes de niveau paraissent plutôt former un relief saillant entre les deux zones de forêt de chaque côté.

Aujourd'hui cet aspect est profondément modifié. Un ravin, profond de 30-40 m. par places, est creusé entre le Rontoux et la forêt de Petzeux; il se continue en amont jusqu'au pied de la paroi calcaire. La forêt de Soutz n'existe plus et ses arbres brisés et culbutés gisent 300 m. plus bas sur l'éboulement, cause de ce changement.

III. Description du glissement de terrain et de ses conséquences.

La masse de terrain glissée s'étend dès le pied même de l'escarpement qui domine le Forferoz sur toute la largeur de la zone de ce nom et sur probablement 300 m. de longueur. Il n'est pas possible de fixer avec précision le pied du glissement, car la masse glissée n'est pas entièrement sortie de sa niche; une partie, en particulier tout le terrain portant la forêt de Soutz, est restée dans la niche d'arrachement.

En comparant la carte avec la photographie 1 et surtout avec la photographie 2, on peut se faire une idée de l'importance du déplacement de terrain qui s'est

produit. En admettant une épaisseur de seulement 25 mètres et une largeur de 100 m. en moyenne, on trouve un volume de 750000 m³.

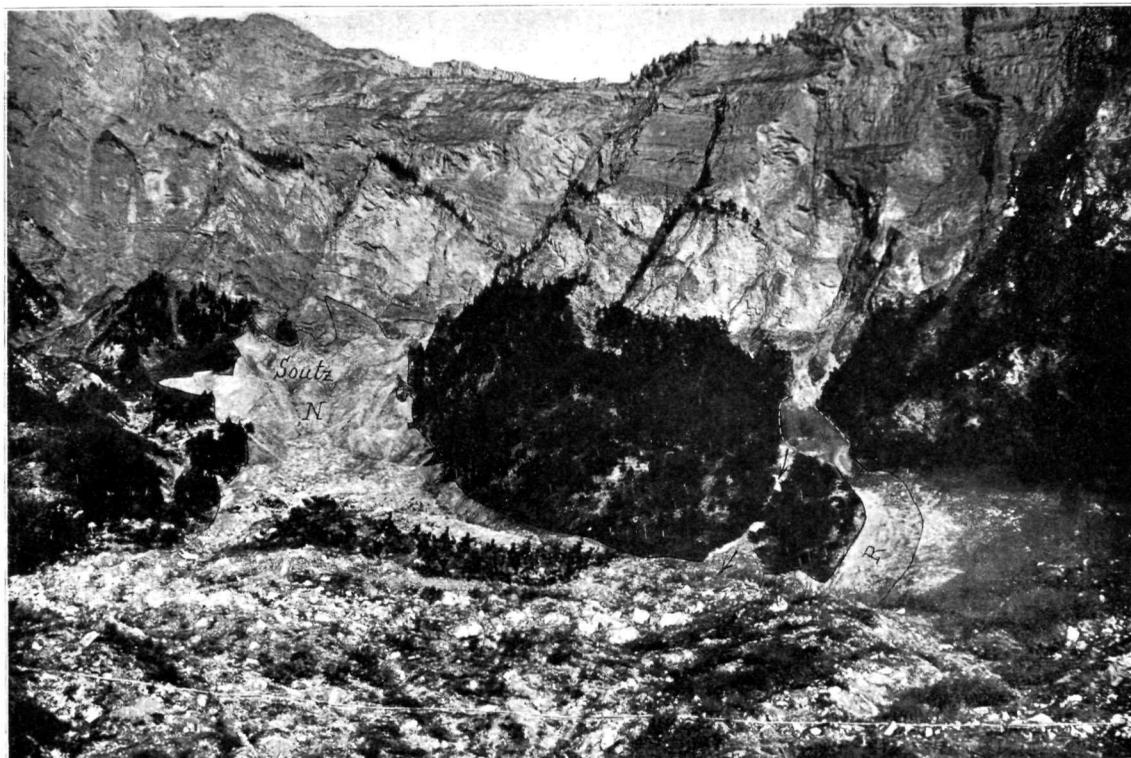
C'est le lundi matin, 15 janvier, que les habitants de Neimiaz s'aperçurent du glissement aux arbres qui allaient à la dérive, avec le terrain qui les supportait. Les jours suivants le mouvement gagnait en hauteur et du mardi au mercredi toute la forêt de Soutz, au pied du rocher, se mettait en mouvement.

C'est alors que la population commença à s'alarmer. Ce premier mouvement s'étendait sur tout le milieu du couloir du Forferoz et dans le haut jusqu'au pied de la paroi de rocher, puis il se produisit bientôt des glissements latéraux au fur et à mesure que le glissement principal sortait de la niche. En effet du côté du Rontoux, un glissement subséquent entama la petite arête séparant le Rontoux du Forferoz.

La niche d'arrachement du premier et principal glissement est extrêmement nette et bien délimitée, surtout sur son contour supérieur (voir les photographies). Ici le terrain ayant porté la forêt de Soutz a été entièrement arraché; les rochers sous-jacents sont dénudés, et dès bords d'arrachement nets en dessinent les contours. Plus bas, on voit sur les deux bords du couloir d'écoulement les stries de friction pareilles à des stries de polis glaciaire. La photographie 2 permet de les distinguer sur les deux bords du couloir.

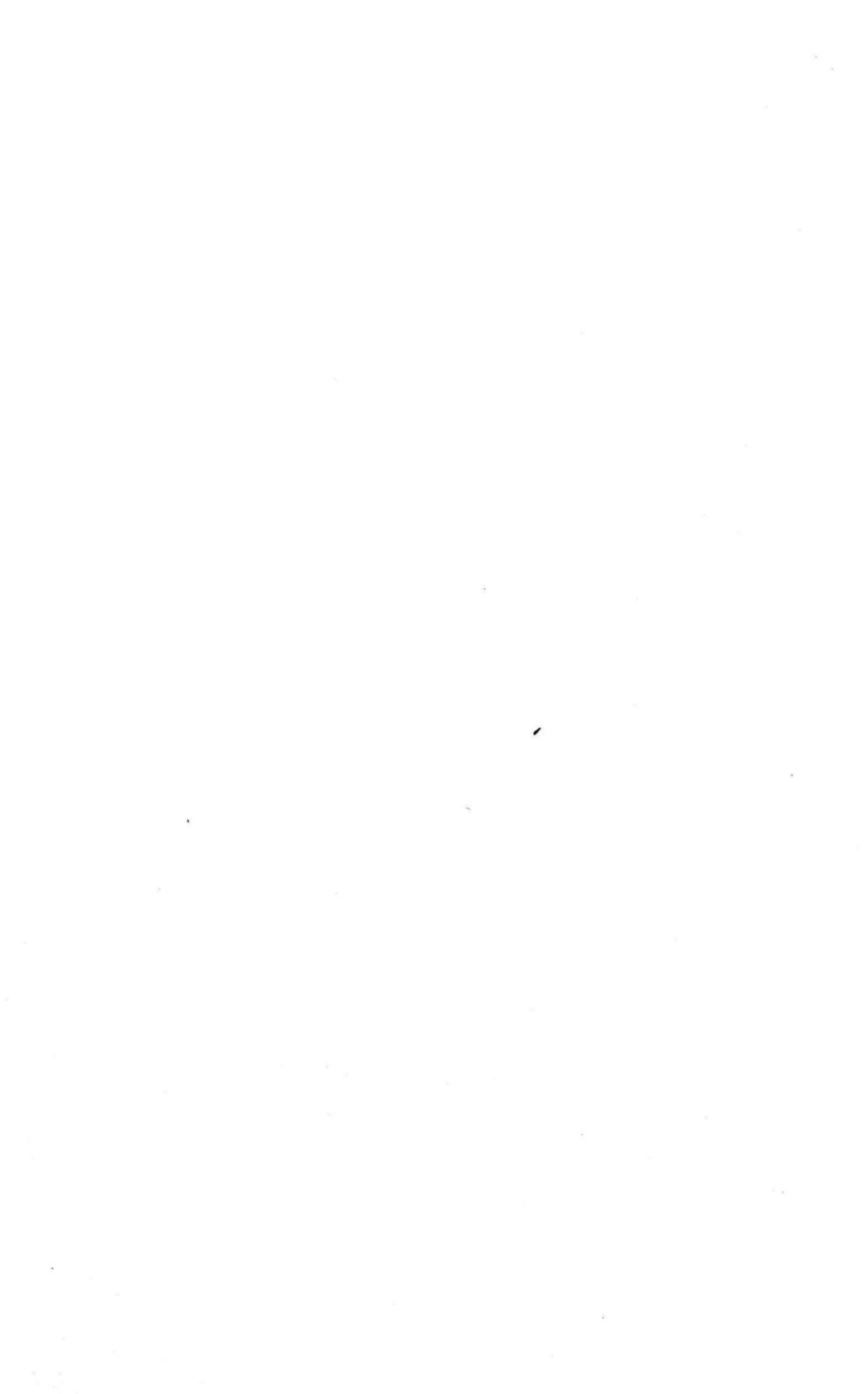
Le mouvement de descente de la masse glissée vers sa situation actuelle n'a pas eu lieu subitement, mais il s'est produit progressivement. La forêt de Soutz qui était le 18 janvier encore bien haut dans la niche était le 22 environ 200 m. plus bas, à ce qu'on a affirmé; il est certain que pendant cette première semaine, du 15 au 22, le mouvement du terrain a été assez rapide, ainsi que cela ressort des dates qui m'ont été fournies par M. de Kalbermatten, ingénieur de section du Département des Travaux publics du canton du Valais. Un

ÉBOULEMENT DE CHAMOSON



Phot. H. Schardt. 11 Nov. 1906.

Fig. 2. Vue de la niche d'arrachement (N) et de la partie supérieure de l'éboulement avec la forêt de Soutz. A droite, l'éboulement de Raveyre (R), vue prise du point G.



géomètre qui plaça, le samedi 20, des jalons en travers la zone glissante constata une vitesse de 60 cm. par 15 minutes. Le chiffre de 200 m. correspondant au déplacement de la forêt de Soutz du 19 au 22, soit pendant 4 jours = 96 heures, représenterait une vitesse moyenne d'un peu plus de 2 m. par heure, donc assez rapprochée de la valeur observée lors de la pose des jalons. Un bloc qui avait été remarqué le vendredi 19, se trouvait environ 50 m. plus bas le lundi suivant ; il s'était donc déplacé avec une vitesse de 0 m. 70 environ par heure. Les jalons placés le samedi accusaient un déplacement de 20-30 m., soit une vitesse de 0 m. 40 à 0 m. 60 par heure. Le fait le plus important qui découle de ces chiffres c'est que *la vitesse du grand glissement s'est ralentie graduellement déjà pendant la première semaine.* De 2 m. à 2 m. 50 qu'elle était le samedi 20 janvier, elle s'est graduellement réduite à 0 m. 40 par heure.

Phénomènes accessoires et consécutifs. — Mais si le glissement présentait une tendance à se ralentir, donc à s'arrêter, des complications des plus extraordinaires se sont produites successivement.

Avec la forêt de Soutz, descendue pendant la première semaine d'environ 250 m., une masse considérable de brousses de vernes a glissé avec le terrain sur le coteau inférieur, le palier du Proz du Tzanz, mais sans atteindre directement la partie transversale du torrent de St-André. Le front du glissement proprement dit s'est arrêté visiblement à environ 100 m. en amont du lit transversal du torrent, à peu près à l'endroit où se trouvait la jonction avec le ruisseau du Rontoux. Là se voit un entassement inextricable de vernes, de terre bouleversée, d'où émergent quelques sapins brisés. Mais la partie transversale du lit du torrent de St-André, là où celui-ci était très encaissé (50-60 m.) entre la moraine et le contrefort d'Aserin, *était, le 22 janvier encore, entièrement libre*, ainsi que l'a constaté M. l'in-

génieur de Kalbermatten, lors de sa visite avec M. l'ingénieur Bürkli. Ce même jour, *le couloir de Raveyres sur le bord E. du Forferoz était encore presque intact* ; on pouvait suivre son fond couvert de vernes et de quelques sapins. D'importants mouvements subséquents se sont produits du 22 au 28 janvier, jour de ma visite sur les lieux avec M. de Kalbermatten.

Ce jour-là en effet, le ravin de St-André dès la jonction avec l'égout des eaux de Neimiaz jusqu'au torrent du Rontoux, donc la partie transversale du lit, la plus encaissée, était *complètement fermé* et occupé par du terrain glissé. Un peu au-dessous de la jonction du Rontoux, on pouvait voir *sur l'emplacement même de l'ancien lit une colline bombée* (photog. 3), sur laquelle les vernes étaient disposés en divergeant comme des rayons. C'était une partie de forêt ayant bordé auparavant le ravin que la poussée avait écrasée contre la colline d'Aserin, après avoir comblé le lit du torrent. C'était donc une masse de terre morainique *qui primitivement n'avait eu aucune tendance à glisser* qui s'était mise en mouvement *sous l'effet de la surcharge du premier glissement*. Pour provoquer une telle action secondaire, il fallait donc que le premier glissement, tout en s'avancant encore quelque peu, *ait eu la tendance à s'enfoncer dans le terrain sous-jacent, jusqu'ici intact, en l'écrasant sous son poids et en le faisant refluer de tous côtés*. Le premier effet de cet écrasement devait être la fermeture du lit du torrent dans sa partie transversale, ou presque transversale, au glissement et l'écrasement de cette nouvelle masse glissante contre le coteau rocheux d'Aserin.

Mais ce coteau étant résistant, l'effet de la poussée consécutive à l'écrasement s'est surtout porté, *comme par ricochet*, du côté S. E., dans la direction de Neimiaz. En effet tout le coteau boisé entre Raveyres et les anciens jardins de Neimiaz, le verger de noyers, les prairies qui les entourent, sont sur une largeur de 100

à 150 m. entièrement crevassés et en voie de bouleversement. Le terrain semble se gonfler sous une pression venant de bas en haut qui n'est autre chose que la *résultante de la pression verticale exercée par la masse glissée*, maintenant posée en surcharge sur la terrasse moranique argileuse du Proz du Tzanoz. Le bas de la forêt de Sirouettaz au-dessous de Raveyres est particulièrement intéressant sous ce rapport. Le sol dont la surface est couverte d'éboulis en gros blocs, est en voie de bouleversement ; pourtant du côté amont rien n'a glissé. Les gros blocs se soulèvent et culbutent, le terrain moranique sous-jacent vient au jour, les arbres se penchent, comme si le terrain tout entier remuait sous l'effet d'une fermentation intérieure. Sur le bord S. E. et E. de cette zone bouleversée, aux confins de la terrasse intacte de Neimiaz, on voit comme un déferlement de la zone bouleversée sur le terrain resté indemne. Le bord du premier, surélevé de 2 m. et plus, vient recouvrir les prairies pareillement à une vague. Plus à l'intérieur, l'effet secondaire de la surcharge produit superficiellement des glissements de la nappe végétale en forme de chevauchement, de plis rompus recouvrants et couchés.

Le phénomène le plus remarquable qui s'est produit pendant la deuxième semaine, du 22 au 28 janvier, a été le *glissement de Raveyres*. Lors de la visite du 22 janvier, MM. les ingénieurs de Kalbermatten et Bürki ont trouvé, comme il est dit plus haut, la petite combe de Raveyres encore presque intacte, bien que quelques crevasses dans la partie inférieure fussent déjà visibles, de même que dans la forêt couverte de gros blocs éboulés entre Raveyres et Neimiaz. Or, le 28 janvier, le vallon de Raveyres était complètement bouleversé, et en train de se vider d'un remplissage de moraine et d'éboulis argileux glissant sur une surface de schiste ; un gros paquet de matériaux était déjà descendu sur le glissement principal et entièrement confondu avec

celui-ci. Une coulée de débordement avait traversé la forêt de Petzeux et atteint également la grande coulée. (Voir photographie; parcours marqué par deux flèches.)

Dans le haut de Raveyres, le remplissage en voie de descente était rompu par gradins, faisant voir, grâce à une nappe de neige, une succession d'escaliers bien visibles dans le milieu du couloir, tandis que le bord N. E. offrait à découvert une magnifique surface de glissement (voir photographie 1). Le 14 février, le couloir de Raveyres était complètement vidé. Le glissement de Raveyres, qui avait pris de l'extension surtout du 22 au 28 janvier, est particulièrement remarquable par le départ d'une grande masse de terre qui est descendue sur le grand glissement, s'enfonçant entièrement dans celui-ci. Ce glissement a dû avoir lieu avant le vendredi 26 janvier, car il avait neigé ce jour-là et la neige fraîche saupoudrait encore le 28 la partie supérieure de la niche d'arrachement.

Mouvement du 28 janvier au 12 février. — Deux photographies prises du même endroit sur le sentier d'Aserin sous Essert-Bourdon ont permis de se rendre compte du fait très important que pendant les 14 jours du 28 janvier au 12 février, il ne s'est plus produit de mouvement bien perceptible dans la grande masse de terrain glissé. La différence de la position de trois points repérés sur les deux photographies est en partie attribuable au fait que la deuxième photographie a été prise d'un point situé un peu plus à gauche, d'où résulte une légère obliquité angulaire et l'on peut donc conclure que le glissement a continué *très faiblement* pendant les quinze jours dès le 28 janvier. Une nouvelle photographie prise le 11 novembre 1906, donc après neuf mois, a permis de s'assurer que le mouvement n'a plus du tout continué depuis le 12 février.

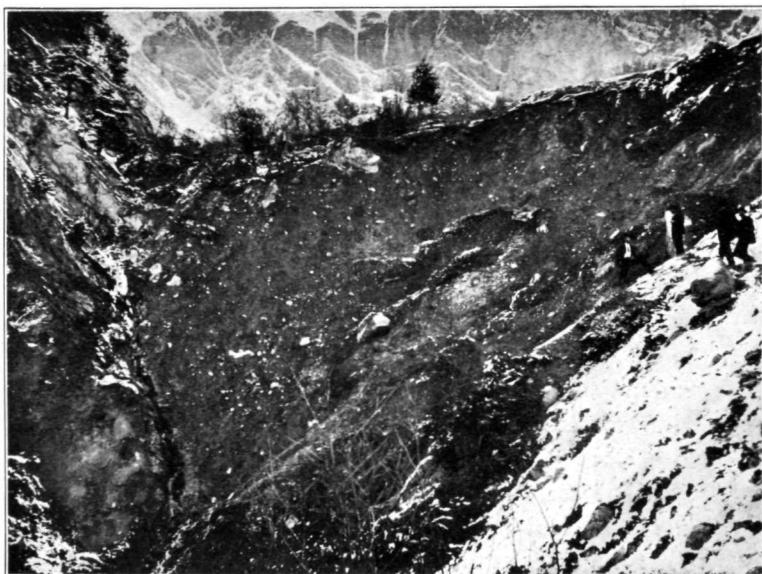
La constatation la plus importante à tirer de ces observations est plutôt rassurante, puisque *le glissement*,

ÉBOULEMENT DE CHAMOSON



Phot. H. Schardt, 28. I. 1906.

Fig. 3. Colline bombée formée par refoulement du terrain sur l'emplacement du lit du torrent.
Vue prise du point H.



Phot. H. Schardt, 12. II. 1906.

Fig. 4. Partie frontale de l'obstruction du lit du torrent par de la moraine refoulée. Point E₄.

au début très rapide, s'est ralenti de plus en plus jusqu'à devenir presque inappréciable au bout de trois semaines.

Néanmoins les habitants du Grugnay ont continué à s'alarmer et à craindre une catastrophe. Entre le 28 janvier, où la situation me paraissait en voie d'amélioration et le 12 février, l'émigration des habitants de ce hameau a continué, malgré que dans son ensemble la masse glissante tendit visiblement à se stabiliser. C'est qu'un facteur nouveau avait de plus en plus fait sentir son influence : *L'intervention de l'eau du torrent et celle de quelques sources* qui alimentaient auparavant le hameau de Neimiaz et dont le canal fut coupé dès la deuxième semaine. La fermeture du ravin transversal du torrent de St-André s'est produite d'une façon complète, ne laissant à l'eau du torrent aucun passage souterrain; cela se voyait clairement par la continuité du ruisseau superficiel, qui conservait, dès le Rontoux, où il rencontre le terrain glissant, jusqu'au front du glissement sa continuité et le même débit d'environ 200 à 300 l. m. Il est vrai que sur une certaine partie de son parcours, au-dessous de l'embouchure du Rontoux et plus bas, au-dessus de la colline bombée (photographie 3), l'eau formait quelques étangs qu'on parviendra facilement à évacuer par des tranchées. Mais il était néanmoins bien apparent que l'influence de l'eau elle-même ne pouvait être bien grande sur le mouvement de la masse de terre qui a obstrué et fermé l'ancien lit. Il n'en est pas tout à fait de même du côté de Neimiaz, où l'eau des sources, coulant à travers le terrain crevassé et boursofflé, pénètre visiblement dans l'intérieur de celui-ci. Elle revient au jour au contact du terrain disloqué et de la moraine intacte. Il se détache de ce fait des plaques de moraine assez volumineuses de part et d'autre du contact et ce terrain vient s'accumuler au pied du front de la moraine disloquée, où l'eau du torrent les délaie en nourrissant des *coulées de boue*.

Ce sont ces coulées de boue, d'abord insignifiantes et peu volumineuses, qui ont depuis le 28 janvier augmenté la crainte de la population.

Ce phénomène devait être la conséquence forcée et nécessaire du glissement secondaire qui a obstrué le lit encaissé du torrent de St-André ; cependant ce n'est pas une véritable « ovaïlle » (Murgang).

En effet, au lieu d'un ravin largement ouvert, on voit maintenant entre la berge schisteuse d'Aserin et la moraine de Neimiaz, la masse disloquée de moraine écrasée qui est venue comme un bouchon fermer l'ouverture et refouler l'eau du torrent vers la droite en se déversant comme une vague sur le terrain intact à gauche. En amont du fond du lit encore libre du torrent de St-André s'élève maintenant cette paroi en équilibre instable (voir photographie 4). La loi de l'équilibre des talus veut qu'une partie de ce terrain s'éboule pour diminuer la déclivité. Au début, la poussée du terrain continuant, les éboulements détachés du front du glissement tendaient en apparence à aggraver la situation. Aujourd'hui la stabilité paraît presque complète ; l'eau seule du torrent de St-André, s'écoulant entre le rocher schisteux et la moraine disloquée (voir photographie 4), tend à délayer la moraine, en entraînant les lames et paquets de terrain argileux englobant des blocs, ainsi que les touffes de végétation que le délitement superficiel détache du talus trop incliné.

J'avais l'impression, lors de ma seconde visite, le 12 février 1906, qu'il suffirait de détourner les eaux superficielles pour arriver à une stabilisation immédiate et presque complète. Les matériaux détachés plus tard du front du glissement pouvaient s'entasser au pied du talus en stabilisant celui-ci, pendant que leur départ au sommet en diminuerait la pente. Plus tard l'eau temporaire de la fonte de la neige ne pouvait plus faire grand mal.

On constata en effet que ce limon emprunté à la moraine, et entraîné à la suite de son délaïement dans l'eau, se sédimente si fortement entre les pierres dans le lit du torrent que l'eau coulant par-dessus ne parvient plus à le déplacer.

Depuis le milieu de février le glissement principal est absolument arrêté, ainsi que le montre une photographie prise le 11 novembre 1906. Il y a eu par contre encore une série de mouvements locaux et superficiels sous l'influence des eaux de surface descendant par le couloir du Rontoux, ainsi que par les sources sortant sur le bord opposé de l'éboulement au-dessous des Raveyres. Ces eaux traversèrent la masse de terrain disloqué, en alimentant plus bas plusieurs flaques d'eau, avant de se déverser dans le torrent. Des mouvements locaux et superficiels assez accusés déjà vers la fin de février, ainsi que me l'annonce M. de Kalbermatten, se sont continués pendant le mois de mars. Dès le 31 mars les eaux des sources du Rontoux furent canalisées, et plus tard aussi celles des sources qui sortent de l'éboulement.

IV. Détournement de l'eau et travaux de consolidation.

Il existe à partir de la source du Gornelui, à la hauteur d'environ 1160 m., un bisse servant à irriguer les prés des environs d'Essert-Bourdon, il atteint un petit col au-dessus de cette maison à environ 1100 m.; de là on peut facilement prolonger la conduite sur environ 500 m. à flanc de coteau jusqu'au torrent de Cry. Il ne serait pas à conseiller de faire descendre l'eau par le coteau très incliné qui aboutit au-dessus de Grugnay. En améliorant ce bisse on pourrait sans difficulté détourner au moins les $\frac{2}{3}$ de l'eau permanente qui alimente le torrent de St-André et produit les coulées de

boue si alarmantes. Avec un calibre suffisamment spacieux, il serait même possible de dériver aussi toute l'eau temporaire d'orage ou de dégel qui vient de la région d'Autannaz et du Rontoux. L'utilisation pour ce travail de chéneaux en bois lui donnerait en même temps l'étanchéité voulue et l'on éviterait des glissements que les fuites d'eau produisent presque toujours sur les coteaux très inclinés.

Quant à la dérivation des eaux des sources de Neimiaz qui jaillissent au-dessous de Raveyres sur le bord et dans le milieu même de l'éboulement, il faudrait procéder à un véritable captage au moyen d'une tranchée, là où l'eau vient à fleur du sol, puis il faudrait la conduire, au moyen de chéneaux également, jusqu'à Neimiaz, ou éventuellement dans l'étang-réservoir du hameau qui se trouve sur le bord de la zone disloquée. Ces chéneaux placés sur des chevalets devront être maintenus étanches et toujours bien nivelés. Une surveillance suivie sera nécessaire pour rétablir leur niveau chaque fois que les mouvements subséquents du terrain, qui ne manqueront guère de se produire encore, auront causé quelque fuite d'eau.

Il est possible que ces deux moyens de dérivation des eaux ne suffisent pas. Dans ce cas il y aurait lieu d'examiner la possibilité de faire un second bisse, prenant les eaux du torrent plus bas pour les détourner par-dessus la colline d'Essert-Bourdon. Toutefois je crois que ces deux dérivations suffiront pour produire l'effet voulu.

Il y aurait d'autre part utilité de faire des travaux de régularisation du terrain en remplissant les fissures avec de la terre damée. — Mais avant tout il faudra enlever le bois renversé.

Les travaux de défense commencés au-dessus du Grugnay au sortir du ravin de St-André ont certainement de l'utilité, en tant qu'il ne se produira pas de véritable ovaile, comme celle qui a enveloppé St-Pierre

de Clages en 1308 et dont la durée de parcours, dès le couloir de St-André à St-Pierre, a été de 18 ans (1290-1308). Le détournement des eaux produira certainement un excellent effet et il sera utile de faire ce travail d'une manière assez complète et définitive afin de pouvoir faire durer l'effet pendant plusieurs années — jusqu'au moment où le terrain aujourd'hui profondément remué et disloqué aura repris son assiette.

L'avenir dépend non seulement de l'efficacité des travaux de dérivation de l'eau, mais aussi de la solidité et de la résistance de la moraine du plateau de Neimiaz. La masse de terrain disloqué représente un volume beaucoup plus grand que le glissement initial (peut-être 5-6 millions de m³). Il est donc heureux que l'arête d'Aserin d'une part ait retenu cette formidable coulée qui s'annonçait et que la moraine de Neimiaz, appuyée elle-même contre le rocher qui forme le côté E. de cette colline, ait pu résister à la poussée. Aujourd'hui, la masse glissée, comme le terrain disloqué par l'écrasement et le refoulement se tiennent appuyés contre ces deux obstacles. Le premier mérite entière confiance ; le second par contre n'est que d'une résistance relative. Une poussée un peu plus forte accompagnée d'une invasion d'eau pourrait ouvrir la brèche livrant passage vers l'extérieur à ces millions de m³ de terre argileuse. *En vue du maintien de l'équilibre, l'éloignement de l'eau surtout et l'aveuglement des fissures, feront plus d'effet que les plus grands travaux de défense, car rien ne saurait résister au déplacement de toute cette masse, qui devrait s'avancer lentement jusqu'au moment où un nouvel état d'équilibre serait possible.*

Un état d'équilibre intermédiaire, suite du premier mouvement, existe aujourd'hui ; il s'agit de le maintenir, en éloignant toutes les influences capables de le troubler.

Récapitulation. Il résulte de ce qui précède que le glissement de terrain a pris naissance dans le haut du

couloir du Forferoz, entraînant une masse de terrain d'environ 750000 m³, sur une longueur de 300 m. et une différence verticale de 200 m. au moins. Il s'est poursuivi pendant environ 28 jours, du 15 janvier au 12 février 1906. Le mouvement, au début assez rapide (2 m. à 2 m. 50), s'est ralenti graduellement dès la deuxième semaine, pour devenir presque imperceptible pendant les derniers quinze jours. Dès le troisième jour s'est produit un glissement latéral du côté du Rontoux, dont la masse se confond avec le glissement principal. Dès le sixième jour (21 janvier), on constate un deuxième glissement latéral dans la combe de Raveyres; ce mouvement, à peine amorcé le 22 janvier, est presque achevé le 26, pour être complet le 14 février.

Dès le septième jour, la surcharge de la masse glissée sur le palier du Proz du Tzanz produit des phénomènes d'écrasement du soubassement morainique de ce plateau, en mettant en mouvement lent une masse de terrain de peut-être 5 ou 6 millions de m³; le lit du torrent de St-André, profond de 50 à 60 m., est fermé dès le 28 janvier; sur sa place s'élève une colline bombée. Le terrain se boursoufle du côté de Neimiaz et tout le coteau entre Raveyres et Neimiaz est disloqué graduellement, comme si une poussée souterraine le soulevait. Dès le commencement de février se produisent des coulées de boue, dues au délaïement de la masse argileuse qui obstrue le lit du torrent en formant un talus très incliné sur lequel l'eau des ruisseaux doit descendre. Ces coulées de boue n'ont jamais atteint une importance menaçante; le couloir du ruisseau de St-André en a été quelque peu comblé, mais les travaux de défense n'ont pas eu besoin d'entrer en fonction. Sauf quelques mouvements superficiels qui ont encore eu lieu depuis le milieu de février dans la partie O. du terrain disloqué, celui-ci est resté stable.

En mars et avril enfin, on a détourné les eaux du torrent du Rontoux et des sources sortant sur le bord

du glissement au-dessous de Raveyres ; ce travail a conduit à une stabilité presque parfaite, comme le prouve le maintien du profil de la canalisation.

Une visite faite le 11 novembre 1906 n'a pas permis de constater des modifications appréciables.

Il est donc à peu près certain que cet événement, qui a tant alarmé la population, n'aura pas les conséquences funestes qu'on a redoutées pendant un certain moment. La surface dénudée par le glissement initial se couvrira peu à peu de végétation. La zone bouleversée par les mouvements subséquents se tassera de nouveau et, à l'aide de quelques travaux de régularisation et de nivelage, le Proz du Tzanz et les coteaux qui l'entourent reprendront leur aspect primitif. Il restera toujours cependant l'intumescence causée par la superposition du terrain glissé, pour autant que l'enfoncement de celui-ci ne l'a pas déjà corrigée.

La formation du nouveau lit du ruisseau est à surveiller de très près, afin d'empêcher, cas échéant, que l'érosion latérale de la moraine ne donne lieu à des glissements de la part de ce terrain. L'établissement de barrages et de radiers aux endroits menacés est à conseiller vivement.
