

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 80 (1990-1991)
Heft: 3

Artikel: Effets des intempéries des 14 et 15 février 1990 aux Ormonts (Alpes vaudoises)
Autor: Schoëneich, Philippe
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-279563>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Effets des intempéries des 14 et 15 février 1990 aux Ormonts (Alpes vaudoises)

PAR

PHILIPPE SCHËNEICH¹

Résumé.—SCHËNEICH P., 1991. Effets des intempéries des 14 et 15 février 1990 aux Ormonts (Alpes vaudoises). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 80.3: 279-297.

Les 14 et 15 février 1990, des pluies diluviennes s'abattent sur la Suisse. Dans la vallée des Ormonts (Alpes vaudoises), tous les records pluviométriques sont dépassés, avec une période de retour largement supérieure à 500 ans. Ces pluies s'abattent sur une couche de neige fraîche des jours précédents. L'événement déclenche des phénomènes de slush-flows, de glissements de terrain et de coulées de boues, provoquant des inondations et la destruction de plusieurs bâtiments. L'étude montre que le gel du sol et la couche de neige ont déterminé la répartition spatiale des phénomènes, et ont limité les dégâts, respectivement en empêchant l'érosion et en absorbant l'eau de pluie.

Summary.—SCHËNEICH P., 1991. Effects of heavy rainfall on the 14 th and 15 th of february 1990 in the Ormonts valley (Western Swiss Alps). *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 80.3: 279-297.

On the 14 th and 15 th of February 1990, heavy rainfall hit Switzerland. In the Ormonts valley (Western Swiss Alps) all previous pluviometrical records were broken, with a probability of over 500 years. These rains fell on a layer of fresh snow of the previous days. The event set in motion slush-flows, landslides and debris-flows, causing flooding and the destruction of several buildings. The study shows that soilfrost and snow played a role in the spatial distribution of the processes, and limited the extent of potential damage, by hindering erosion and absorbing rain respectively.

¹Institut de Géographie, BFSH-2, CH-1015 Lausanne

1. L'ÉVÉNEMENT

Le mois de février 1990 aura été en Suisse le mois de février le plus chaud jamais enregistré depuis le début des mesures climatiques régulières, mais aussi le mois des événements extrêmes.

Les 14 et 15 février 1990, après plusieurs jours d'intenses chutes de neige, des pluies diluviennes s'abattent sur la Suisse, causant d'importants dégâts surtout en Suisse romande (RÖTHLISBERGER 1991). Les quantités de précipitations sont énormes, et dépassent en plusieurs stations tous les records enregistrés jusqu'alors. La région des Ormonts est l'une des plus touchées.

Enfin, entre le 26 et le 28 février, de fortes pluies s'abattent à nouveau, accompagnées de rafales de vent très violentes: des vitesses record sont enregistrées en plusieurs stations. A nouveau, les Ormonts sont très touchés, plusieurs bâtiments voyant leur toit s'envoler.

Le présent article ne traite que de la pluie de mi-février, dont nous analyserons en particulier les effets géomorphologiques.

1.1. *Météorologie*

Les données météorologiques proviennent des sources suivantes (cf. carte 1, p. 284):

- 2 stations climatiques exploitées par l'Institut suisse de météorologie (ISM), situées à Aigle et au-dessus du Sépey: elles fournissent des observations sur les précipitations par 12 h, la neige, le temps qu'il fait, etc. (données fournies par l'ISM);
- 2 stations pluviométriques exploitées par l'ISM, situées à l'entrée du village des Diablerets et au Col des Mosses: elles fournissent des relevés par 24 h (ISM 1990).

Pour les chutes de neige et l'évolution de la couche neigeuse nous avons:

- la station climatique du Sépey et la station pluviométrique des Diablerets;
- 2 stations d'observation de l'Institut fédéral d'étude de la neige et des avalanches du Weissfluhjoch, situées à Leysin et à La Comballaz;
- les relevés effectués par la société des remontées mécaniques d'Isenau.

Pour l'évolution du temps, nous disposons des observations des stations du Sépey et des Diablerets, ainsi que des relevés faits à Isenau.

Pour comprendre les conditions dans lesquelles l'événement s'est produit, il est nécessaire de prendre en compte les mois précédents.

Le mois de décembre, très peu neigeux et très froid, a permis le gel du sol. Le mois de janvier et le début du mois de février, presque totalement secs, ont été relativement doux (température oscillant autour de 0° C au Sépey), provoquant sur les versants ensoleillés la fusion totale de la neige et le dégel. Les zones ombragées par contre restaient enneigées et le gel a probablement même pu y progresser. C'est ainsi qu'à mi-février, le sol y était gelé jusqu'à une profondeur de 80 cm au moins, comme l'attestent les nombreux cas de conduites gelées, ainsi que les indications du fossoyeur du cimetière de Vers-l'Eglise.

C'est donc sur un terrain très différent selon les versants que les précipitations vont s'abattre.

La série de mauvais temps commence le samedi 10 février (fig. 1, p. 285): après une chute importante du baromètre, il commence à neiger à la mi-journée au Sépey, et le soir seulement aux Diablerets, faiblement d'abord puis en abondance et en continu jusqu'au mardi 13 février. La limite des chutes de neige s'abaisse de 1200 m le 10, jusqu'en plaine le 12 pour ensuite remonter le 13.

Le mardi 13 février au matin, la couche de neige atteint 35 cm aux Diablerets, 40 cm au Sépey, 60 cm à La Comballaz et 80 cm à Isenau, où elle atteindra jusqu'à 190 cm le jeudi 15.

C'est le 13 février au soir que les précipitations passent à la pluie en même temps qu'elles s'intensifient. Il s'abat une pluie diluvienne qui durera près de 48 h sans interruption, l'essentiel tombant dans les 36 premières heures. La limite des chutes de neige se situe à 1800 m le mercredi 14 et monte jusqu'à 2800 m le jeudi 15. Après une interruption durant la nuit, les pluies reprennent, moins intenses, pour une douzaine d'heures le vendredi 16 février, après quoi le temps passe au beau.

A part à Isenau, la couche de neige n'augmente plus à partir du 13 et diminue même, pour disparaître dans la plupart des cas quelques jours plus tard.

A la station du Sépey, il est tombé l'équivalent de 55 mm sous forme de neige, puis 288 mm sous forme de pluie (318 mm si l'on ajoute la pluie du 16).

Les autres stations n'ayant qu'un relevé journalier, nous considérerons la totalité des précipitations du 13 comme de la pluie (ce qui conduit à une surestimation de la pluie de 10-15 mm). Les chiffres sont donnés dans les tableaux 1 et 2.

Station	altitude	Précipitations en mm						
		10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2
Les Mosses	1445	25	18	7	97	174	64	32
Le Sépey	1267	17	10	15	104	166	32	30
Les Diablerets	1162	24	12	9	81	143	45	28
Aigle	417	12	5	1	26	45	18	18

Tableau 1.—Précipitations journalières (en gras sous forme de pluie).

Station	Précipitations en mm			
	sous forme de neige	sous forme de pluie	total de la semaine	total du mois de février
Les Mosses	50	367	417	610
Le Sépey	42	332	374	478
Les Diablerets	45	297	342	453

Tableau 2.—Récapitulation des précipitations.

De telles quantités sont tout à fait exceptionnelles et constituent non seulement les maxima enregistrés en Suisse pour cet événement, mais également les records absolus des trois stations citées. Des statistiques de fréquence ne sont possibles que pour la station des Diablerets, qui dispose d'une série de mesures ininterrompues depuis 1917. Le tableau 3 donne les 10 principaux événements enregistrés jusqu'en 1989, en regard des valeurs de février 1990 (ZELLER *et al.* 1979, complété d'après les annuaires récents).

	1 jour		2 jours		5 jours		1 mois		1 an	
	Date	P mm	Date	P mm	Date	P mm	Date	P mm	Date	P mm
1	21.9.68	109	2-3.2.70	158	7-11.11.44	211	nov. 44	487	1965	2133
2	7.11.44	91	20-21.9.68	151	11-15.1.55	203	fév. 70	431	1981	2093
3	7.8.78	84	7-8.11.44	145	13-17.11.72	188	nov. 50	386	1968	2009
4	16.11.50	82	26-27.11.83	138	20-24.12.18	186	déc. 62	382	1979	1963
5	20.2.67	81	7-8.5.85	133	24-28.11.83	183	déc. 65	371	1922	1933
6	2.2.70	81	22-23.12.54	129	2-6.2.70	180	déc. 18	368	1970	1917
7	8.2.55	75	22-23.12.18	125	21-25.12.54	171	nov. 72	367	1952	1905
8	1.5.77	73	19-20.2.67	114	10-14.10.81	168	nov. 52	350	1977	1872
9	9.10.30	70	14-15.9.40	110	5-9.2.84	166	janv. 68	346	1944	1867
10	23.12.54	70	13-14.1.55	110	5-9.10.30	162	mars 88	326	1986	1863
	14.2.90	143	13-14.2.90	224	12-16.2.90	306	fév. 90	453		

Tableau 3.—Valeurs de précipitations maximales enregistrées de 1918 à 1989 à la station des Diablerets, en regard des valeurs de février 1990.

Les graphiques de fréquence établis par ZELLER *et al.* (1979) permettent d'estimer la période de retour de l'événement: elle est largement supérieure à 500 ans, autant pour les quantités précipitées en 1 jour, 2 jours que 5 jours consécutifs. Pour le total mensuel elle est de l'ordre de 40-50 ans. Ces chiffres ne donnent qu'une probabilité très théorique, qui permet néanmoins de rendre compte du caractère exceptionnel de ces pluies.

Il est intéressant de noter que pour la station de Gsteig, qui a reçu des précipitations à peine inférieures aux Diablerets, pour une altitude et une situation topographique semblables, la période de retour est beaucoup plus courte.

Les valeurs enregistrées aux Mosses constituent un nouveau «record de Suisse» pour le versant Nord des Alpes sur 3 jours consécutifs, avec 335 mm, et s'approchent du record pour 4 jours consécutifs (GEIGER *et al.*, à paraître).

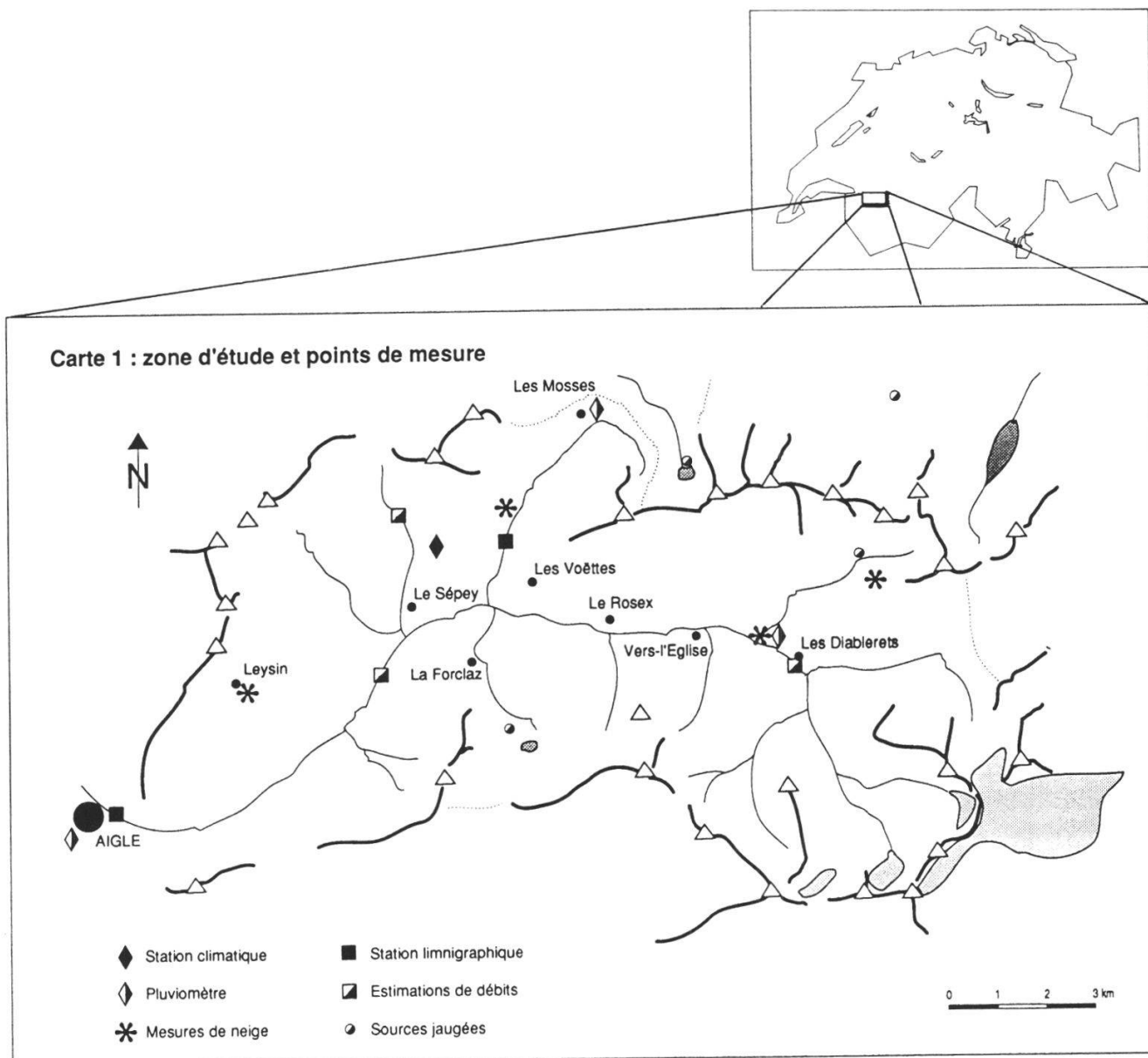
1.2. Hydrologie

Pour l'hydrologie, nous disposons des observations suivantes (cf. carte 1):

- une station limnigraphique du Service hydrologique et géologique national, située sur la Grande Eau à Aigle;
- une station limnigraphique sur la prise d'eau des Forces motrices Hongrin Léman, sur la Raverette à La Comballaz (la prise d'eau du torrent du Sépey n'est plus mesurée depuis 1989, mais son débit est assez systématiquement 4 ou 5 fois moindre que celui de la Raverette);
- des observations précises et un document cinématographique qui permettent d'estimer de façon assez fiable le débit maximum de la Grande Eau à hauteur de la centrale du Pont de la Tine;
- des indications de témoins oculaires et des photos pour la Grande Eau aux Diablerets;
- des relevés limnigraphiques sur les sources du Lac Lioson et de La Molaire au fond de la vallée de l'Etivaz (mis à disposition par l'EPFL, projet AQUITYP, PARRIAUX et BASABE);
- des informations orales des chefs des services des Eaux d'Ormont-Dessus et de Leysin sur la réaction des sources alimentant ces deux communes.

Les limnigrammes de la Raverette et de la Grande-Eau à Aigle montrent un déroulement tout à fait comparable avec quelques heures de décalage à peine: la crue s'amorce dans la nuit du 13 au 14 février peu après minuit, pour atteindre un premier maximum suivi d'un palier à la mi-journée du 14. Une deuxième onde de crue, plus forte, arrive dans la matinée du 15 février pour culminer vers midi, suivie d'une descente assez rapide (fig. 1, p. 285).

Les sources réagissent également, mais très diversément selon la situation et l'altitude. La source de la Molaire, située à 1400 m, hors du bassin étudié, montre une réaction tout à fait parallèle à la crue, avec une forte augmentation dès le 14, et une pointe le 15. La source du Lac Lioson, située plus haut, à 1800 m, ne réagit quant à elle que le 15, ce qui s'explique par le fait que la pluie n'a dépassé cette altitude que ce jour-là. Les sources du Coussy et de Loudze, au dessus de la Forclaz, qui alimentent Leysin, ont réagi très fortement aussi, les trop-plein débordant avec des hauteurs d'eau jamais



Carte 1.-Zone d'étude et points de mesure.

observées jusqu'alors. Aux Diablerets, les sources du versant ensoleillé ont augmenté dans des proportions non connues, alors que celles du versant ombragé n'ont semble-t-il guère varié, l'infiltration étant bloquée dans cette zone par le gel du sol.

Du point de vue des débits, les observations effectuées au Pont de la Tine permettent d'estimer le débit de pointe de la Grande-Eau à 70-90 m³/s, alors qu'à Aigle la première pointe a atteint 35 m³/s, et la deuxième 55 m³/s. Cette diminution d'amont à l'aval s'explique partiellement par l'étalement de la crue. En fait, les chiffres donnés pour Aigle doivent être pris avec prudence: en effet, les jaugeages ne sont plus possibles au-delà d'une trentaine de m³/s à cause de la charge solide. Les débits indiqués sont donc extrapolés à partir des hauteurs d'eau, et du fait du lit alluvial de la rivière, les erreurs peuvent être importantes. La station étant d'autre part implantée sur le cône de déjection, il faut admettre une part de sous-écoulement dans les alluvions. Ces chiffres permettent néanmoins de faire des comparaisons de fréquence tout à fait valables.

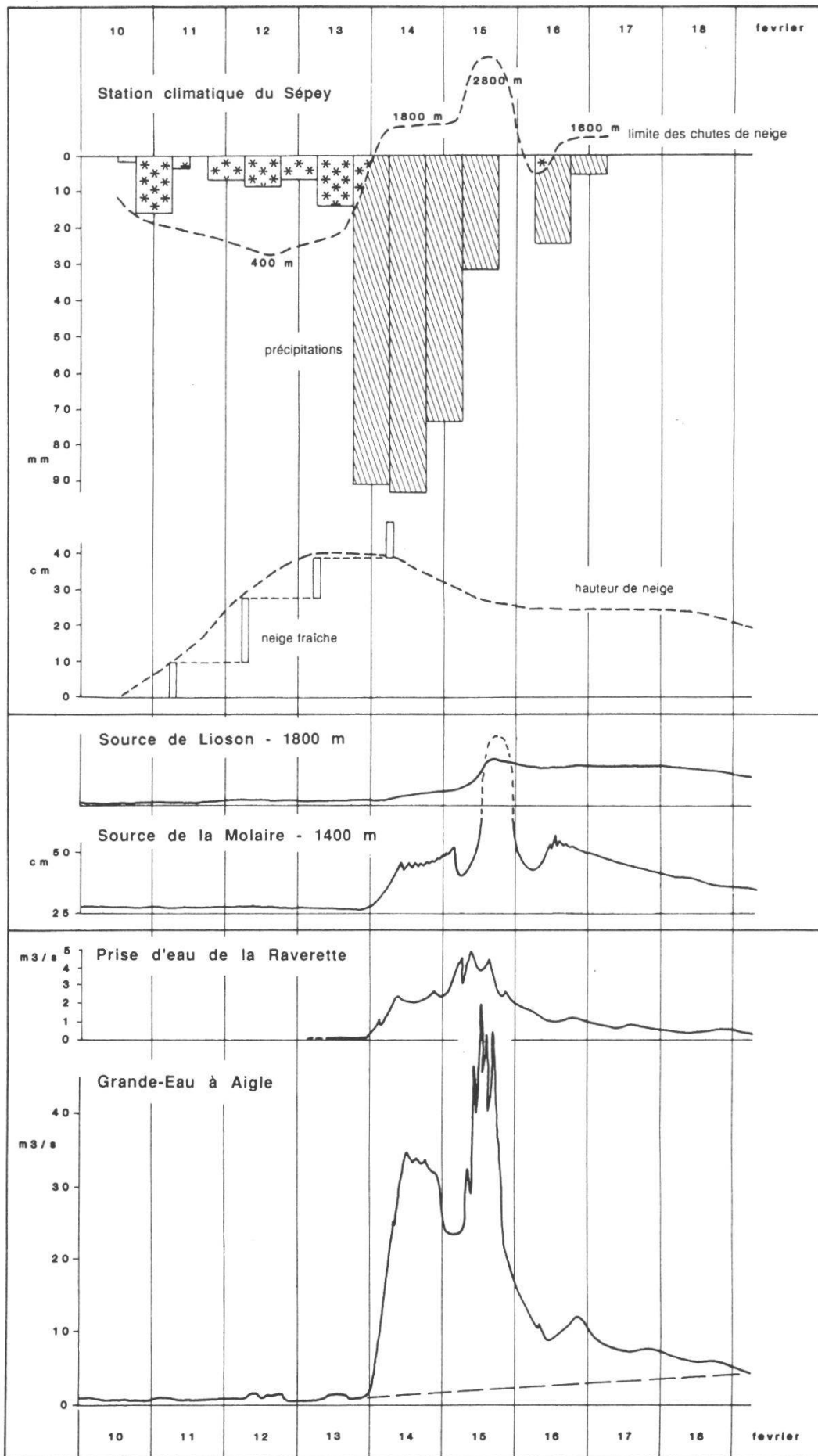


Figure 1.—Déroulement de l'événement climatique et réponses hydrologiques.

Or d'après les statistiques (SFRD 1974, et SPREAFICO et STADLER 1988), de tels débits de pointe ont déjà été atteints ou dépassés 8 fois depuis 1935, autant à la Tine qu'à Aigle, et auraient ainsi une fréquence de retour de l'ordre de 5 à 10 ans. Pour ce qui est des débits moyens journaliers, des débits équivalents à ceux du 15 février ont été atteints ou dépassés 3 fois en 53 ans de mesures à Aigle (statistiques non publiées du SHGN). La crue n'avait donc rien d'exceptionnel, ce qui est attesté aussi aux Diablerets, où selon des témoins la Grande-Eau a atteint le même niveau que lors d'un gros orage estival.

Les débits spécifiques calculés par rapport à l'ensemble du bassin (après adjonction des débits des prises d'eau de la Raverette et du torrent du Sépey, soit environ un total de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ en pointe, qui sont détournés sur l'Hongrin, et déduction des apports du Lac d'Arnon, soit $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$) atteignent des pointes de $680\text{-}810 \text{ l/s/km}^2$ à La Tine et de 430 l/s/km^2 à Aigle. Ces valeurs sont largement inférieures aux maxima enregistrés, qui sont respectivement de 1000 et 930 l/s/km^2 (SFRD 1974).

Le volume de la crue sans l'écoulement de base représente environ 5,9 millions de m^3 . La lame d'eau écoulée par la crue à Aigle peut donc être estimée à 42 mm, soit 10 à 12 % des précipitations de la semaine ou 11 à 14 % de la pluie (nous rappelons toutefois que cette valeur doit être fortement relativisée au vu de la sous-estimation probable des débits à la station d'Aigle). Par son volume, cette crue est la deuxième jamais mesurée sur la Grande-Eau.

Comment expliquer la faiblesse des écoulements, en comparaison du caractère exceptionnel des précipitations ?

Il est nécessaire pour cela d'analyser les différentes modalités d'écoulement de l'eau:

- absorption par la neige: dans un premier temps la pluie a été absorbée par la neige dont le taux d'humidité augmentait jusqu'à saturation. Là où la couche de neige était assez épaisse et légère, elle a pu absorber la totalité de la pluie. C'est le cas notamment au-dessus de 1500 m, où peu de traces d'écoulement étaient visibles;
- écoulement dans et sous la neige: la neige est un matériau perméable capable de stocker l'eau à la manière d'une nappe phréatique. Cette eau s'est écoulée à travers la neige ou entre la neige et le sol gelé. Ce processus produit un écoulement retardé;
- ruissellement sur la neige: sur beaucoup de pentes on pouvait observer de véritables réseaux de rigoles, traces d'un ruissellement diffus sur la neige (fig. 2). Un tel phénomène peut s'expliquer soit par la saturation de la neige, le niveau «phréatique» dépassant le niveau de la neige, soit par le regel de l'eau de pluie sur la surface de la neige, diminuant la perméabilité de celle-ci;
- stockage puis «slush-flow»: ce phénomène, qui libère de grandes quantités d'eau d'un coup, est décrit plus loin. Du point de vue hydrologique il produit un écoulement retardé, mais avec des débits ponctuels très élevés. Sur le passage de l'eau, la couche de neige a souvent été entièrement fondue ou emportée, s'ajoutant ainsi à l'eau de pluie;

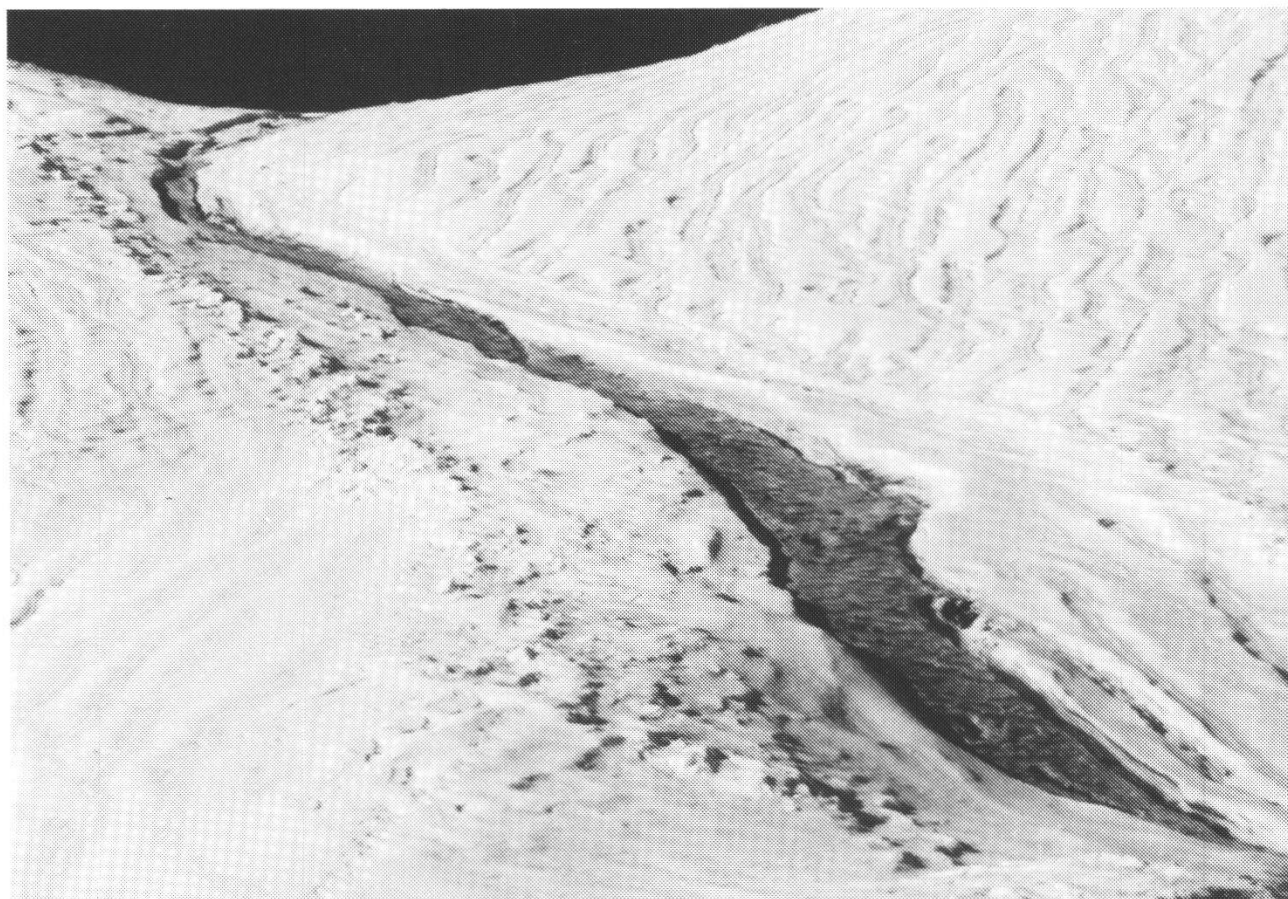


Figure 2.—Traces de ruissellement sur la neige, suite à la saturation de la couche neigeuse.

—la pluie a fait fondre une partie de la neige des jours précédents. L'eau ainsi obtenue s'est ajoutée soit à l'eau d'imbibition de la neige, soit à l'écoulement sous la neige ou aux «slush-flows», alimentant ainsi le débit de la Grande-Eau;

—il faut rappeler qu'en raison du gel profond du sol, l'infiltration était fortement réduite sur une grande partie du secteur étudié.

On comprend donc déjà le retard de la pointe de crue du 15 février (le maximum de précipitation ayant eu lieu les 13 et 14): le temps de concentration des eaux a été allongé par le stockage dans la couche neigeuse, et une bonne part des «slush-flows» n'ont probablement eu lieu que le 15, apportant des débits ponctuels très importants.

Les différences dans les conditions d'écoulement dépendaient essentiellement de l'altitude, et on peut les schématiser comme suit, sur la base de nos observations :

—au-dessus de 1800 m, les précipitations ont eu lieu essentiellement sous forme de neige, et la partie supérieure du bassin-versant n'a donc donné lieu à aucun écoulement;

—entre 1500 et 1800 m environ, les précipitations ont eu lieu sous forme de

pluie, mais aucune trace d'écoulement n'était visible sur la neige. Il faut donc admettre que la couche de neige a été en mesure d'absorber la totalité de l'eau de pluie. Cette partie du bassin-versant n'a donc pas participé non plus à l'écoulement, bien qu'on ne puisse exclure des écoulements dans et sous la couche neigeuse;

—en-dessous de 1500 m environ, on pouvait observer toutes les formes de ruissellement et d'écoulement, ainsi que les phénomènes décrits ci-après. Dans cette zone, certains secteurs ont «absorbé» la pluie et restitué à l'écoulement moins d'eau qu'ils n'en ont reçu, alors que d'autres ont écoulé la pluie additionnée de neige fondue.

Ce n'est donc que la partie du bassin-versant située en-dessous de 1500 m qui a participé à l'écoulement de la pluie. On s'explique du même coup la faiblesse relative du débit dans le haut bassin-versant.

Cette situation doit être prise en compte dans le calcul du débit spécifique. Selon les données hypsographiques de ASCHWANDEN et SPREAFICO (1989), la tranche inférieure à 1600 m représente 74 km² sur un bassin-versant total de 139 km² (et environ 60 km² au lieu de 110 au Pont de la Tine). Ce qui donne un débit de pointe spécifique de 810 l/s/km² à Aigle, et de 1200-1600 l/s/km² à La Tine. Ces valeurs s'approchent des maxima enregistrés, et les dépassent même largement au Pont de la Tine.

La lame d'eau écoulee recalculée sur le bassin réduit est de 80 mm, soit 22 à 27 % des précipitations pluvieuses. Cette valeur, qui peut paraître faible de prime abord, est cependant tout à fait en accord avec les données disponibles tant pour la Grande-Eau (SPREAFICO et STADLER 1988) que pour la Suisse: NAEF *et al.* (1986) ont montré que les coefficients de ruissellement des crues maximales mesurées sur les bassins-versants suisses présentent une très large dispersion, allant de 10 à 50 %, des valeurs de 60 % n'étant que très rarement dépassées, et que les crues maximales ne donnaient souvent pas les coefficients maximaux. Ces derniers dépendent en effet moins de la durée et du volume des précipitations que du type d'écoulement. Ces résultats ont été confirmés par l'étude des crues de 1987 (ASCHWANDEN et SCHÄDLER 1988).

Que sont donc devenus les quelque 75 % restants? Nous avons vu qu'une part est probablement venue alimenter la nappe alluviale et devrait théoriquement être ajoutée au volume de la crue. Une autre part des précipitations a subi un écoulement différé dans les jours et les semaines suivants, par fonte de la neige, ce qui pose tout le problème de la séparation de l'écoulement de base sur un bassin-versant enneigé. Enfin, on est forcé d'admettre une part importante d'infiltration malgré le gel du sol (qui était discontinu). En effet, selon TRIMBLE, cité par ZUIDEMA (1985), un sol gelé peut garder une certaine perméabilité et la macroporosité peut même augmenter dans des sols bien structurés, comme les sols forestiers. La perméabilité d'un sol gelé dépendrait surtout de son état de saturation au moment du gel (MACKAY 1983). Le gel étant intervenu en conditions sèches, on peut admettre qu'une certaine perméabilité a été maintenue. D'autre part, le stockage par la neige, maintenant une certaine pression d'eau sur le sol, n'a pu que favoriser l'infiltration. Celle-ci a entraîné, au moins localement, une très forte saturation du sol, provoquant de nombreux glissements de terrain.

2. LES PHÉNOMÈNES

Les pluies diluviennes ont provoqué une série de phénomènes spectaculaires (cf. carte 2).

2.1. Les «slush-flows»

Les «slush-flows» des auteurs anglophones (WASHBURN et GOLDTHWAITE 1958) sont des écoulements de neige saturée d'eau. Ils sont couramment observés dans le grand nord lors de la fonte rapide des neiges, mais sont plutôt rares dans les Alpes.

Le phénomène se produit en général sur des pentes faibles à moyennes. Son mécanisme peut être décrit comme suit (voir aussi à ce sujet WOO et SAURIOL 1980, CLARK 1988):

- dans un premier temps la neige absorbe l'eau jusqu'à saturation;
- puis un écoulement va commencer à travers la neige, à la manière d'une nappe phréatique;
- si les apports d'eau sont plus importants que les écoulements, limités par la perméabilité de la neige et la faiblesse de la pente, le niveau «phréatique» monte dans la couche de neige; il peut se former des poches d'eau derrière les irrégularités topographiques;
- lorsque la charge est trop lourde, la couche neigeuse cède et le mélange d'eau et de neige se met en mouvement. Celui-ci débute par une translation en bloc de la couche et la flottaison de la neige intervient probablement dans le processus.

Une faible surcharge, telle le passage d'une voiture ou l'arrivée d'une masse de terre, peut suffire à déclencher le «slush-flow». C'est ainsi qu'un habitant de La Forclaz décrit comment un glissement arrive sur un champ, «chassant du coup et sur un hectare une couche de neige gorgée d'eau de 40 cm d'épaisseur».

L'un des exemples les plus frappants pouvait être observé aux Echenards d'en Haut :

- le passage du «slush-flow» se marquait par une véritable «piste», large de dix à vingt mètres, ouverte à travers la couche neigeuse. Les bords étaient limités par des berges neigeuses franches, alors que le «lit» était nettoyé jusqu'à l'herbe;
- le lit se divisait plus bas en plusieurs lobes;
- certains de ces lobes se terminaient par des bourrelets de neige, évoquant un processus semblable au dépôt des levées et bourrelets par les coulées de boues;
- dans le cas particulier on notait la quasi-absence de charge solide: seuls quelques galets et graviers, la plupart arrachés à une route en construction ou au ballast du chemin de fer, avaient été dispersés sur le pâturage. Un gros bloc témoignait cependant de la compétence du phénomène.

Ces «slush-flows» se sont développés en général à travers champs,

totallement indépendamment des talwegs (fig. 3). Une fois formés, les chenaux constituaient de véritables réseaux hydrographiques temporaires, canalisant le ruissellement et permettant la vidange de l'eau contenue dans les masses neigeuses environnantes.

Les «slush-flows» ont été observés surtout dans la région des Diablerets et sur le versant sud de la vallée, des Aviolats au Sépey. Ils ont montré leur puissance destructrice en emportant 3 bâtiments agricoles légers à la Forclaz.



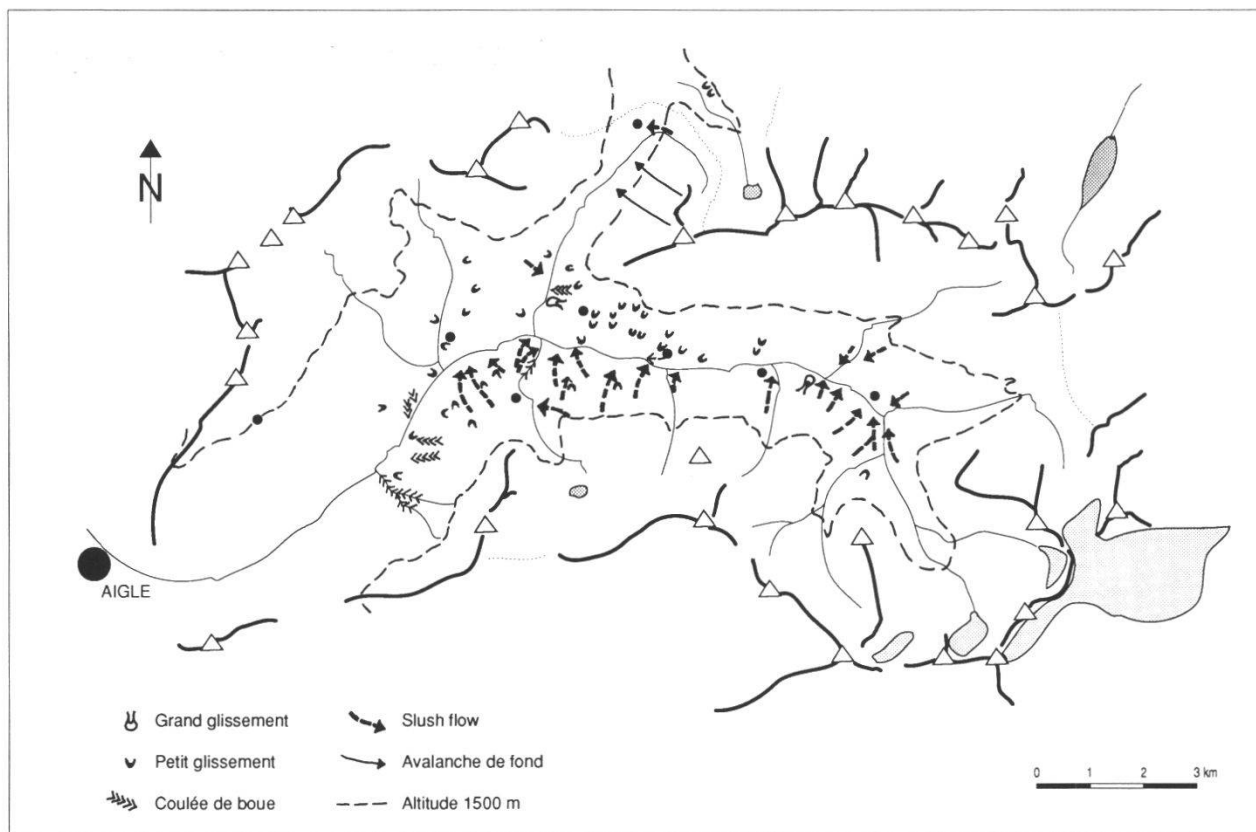
Figure 3.—Trace de “slush-flow” à Aigue-Noire aux Diablerets: on voit les levées de neige en bordure du chenal, frayé à travers champs.

2.2. *Les avalanches*

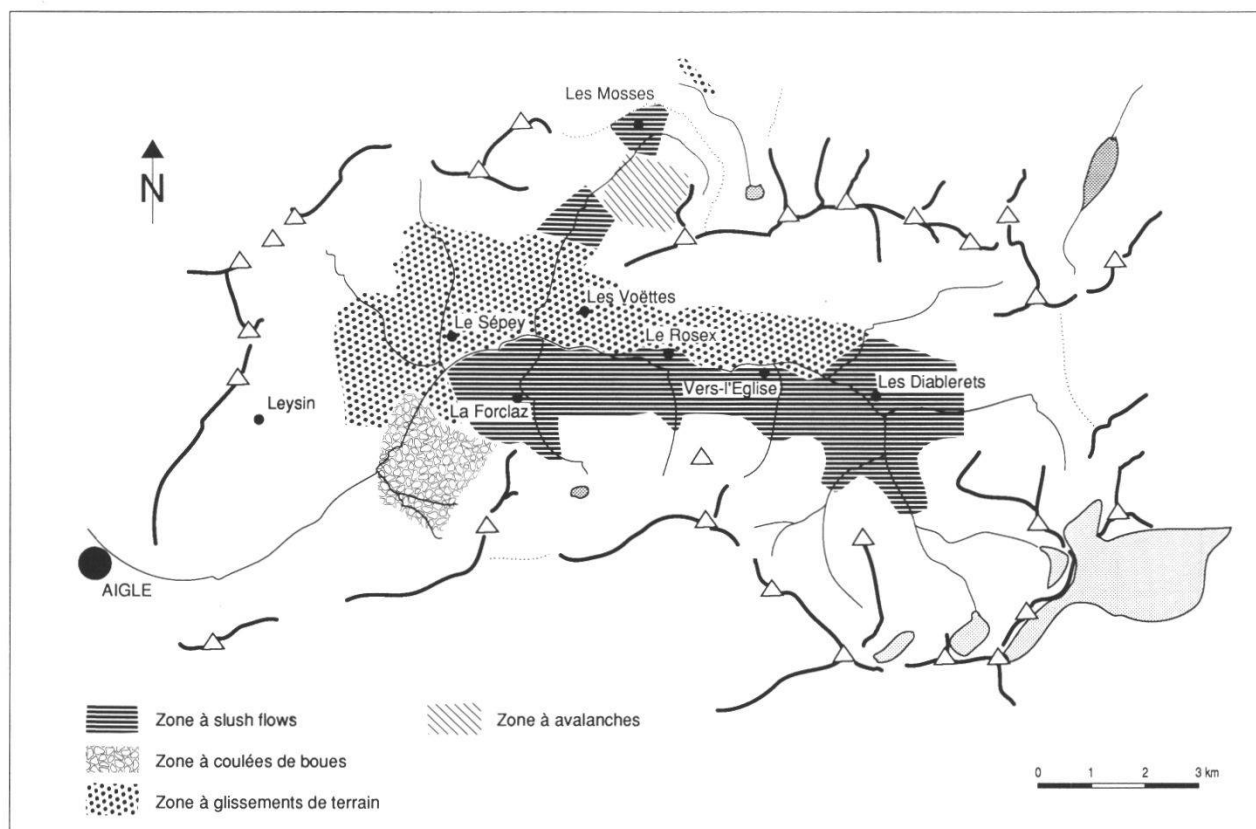
Le nombre d'avalanches semble avoir été très limité. En dehors des couloirs exposés, seul le versant ouest du Pic Chaussy a connu de grosses avalanches.

Dans les deux couloirs de Drauzines et de Champillon-Les Frasses, de grosses avalanches de neige lourde, parties du sommet des cirques, sont descendues jusqu'au niveau de la rivière, balayant tout le versant.

Pourquoi seulement ce versant ? On peut supposer que, exposé à l'ouest, il a reçu une quantité de neige plus importante dans les jours précédents, et nous avons vu aussi que les intensités de pluies y ont été plus fortes qu'ailleurs.



Carte 2.—Phénomènes géomorphologiques.



Carte 3.—Zonation des phénomènes.

2.3. *Les glissements de terrain*

Les phénomènes les plus fréquents ont été les glissements de terrain. Il faut distinguer ici les petits glissements de quelques mètres à 10–20 mètres de large, très nombreux, des deux grands glissements du Truchaud et d'Aigremont.

Nous avons dénombré une quarantaine de glissements de terrain de petite taille, de type rotationnel ou plan. Dans la plupart d'entre eux, la masse glissée a été partiellement ou totalement liquéfiée et s'est étalée en coulée boueuse. Dans certains cas, le lobe de glissement a été presque totalement balayé par les eaux de ruissellement et répandu à plusieurs dizaines de mètres de la niche d'arrachement.

Ces glissements se sont produits dans des types de matériaux très divers : moraine, sol de flysch, remblais, souvent déjà glissés.

Un examen de la morphologie environnante montre que tous les glissements se sont produits dans des secteurs déjà affectés par des mouvements de terrain, la plupart d'entre eux étant localisés dans des niches d'arrachement de glissements plus anciens : ils résultent donc de la réactivation de masses déjà instables. Ceci montre que toutes les masses glissées, même «stabilisées», restent potentiellement dangereuses. A ce titre, la réponse des habitants aux mouvements de février 1990 ne fait que préparer les dégâts futurs : dans plusieurs cas, les niches d'arrachement ont été simplement rebouchées avec les matériaux glissés, qui ne manqueront pas de se remettre en mouvement aux prochaines pluies exceptionnelles.

Les dégâts aux bâtiments et aux infrastructures sont relativement peu importants, mais spectaculaires : une seule grange, aux Planches en face du Sépey, a été détruite. Plusieurs autres bâtiments ont été entourés ou envahis par la boue, mais sans subir d'autres dommages.

Deux glissements de plus grande taille méritent une mention spéciale.

Le 15 février dans la matinée, un grand glissement de terrain s'est détaché des flancs du Truchaud, juste en face de la STEP des Diablerets (fig. 4).

C'est la couche superficielle, d'une épaisseur de 2-3 m qui s'est détachée, d'abord dans la partie basse, puis sur presque toute la hauteur du versant, et sur une largeur de 50 à 100 m, emportant la forêt qui le recouvrait. La masse glissée, formée d'une boue épaisse et d'un enchevêtrement de troncs, a recouvert la route forestière qui en longeait le pied, rempli le lit de la Grande-Eau, s'étalant 10-15 m au-delà et bouchant ainsi le cours de la rivière. L'intervention rapide des bulldozers pour frayer un nouveau lit a permis d'éviter la formation d'un lac.

Le glissement s'est produit principalement dans les schistes noirs aaléniens et les flysch de l'Ultrahelvétique, très propices aux mouvements de terrain. Là aussi, il est localisé dans la niche d'un ancien glissement, légèrement plus grand, parfaitement repérable sur la carte. Ce glissement initial a probablement été provoqué par le sapement basal du versant par la Grande Eau. Pour ce qui est du glissement du 15.2.90, l'élargissement de la route en 1987, entaillant le pied du versant, a certainement joué un rôle.

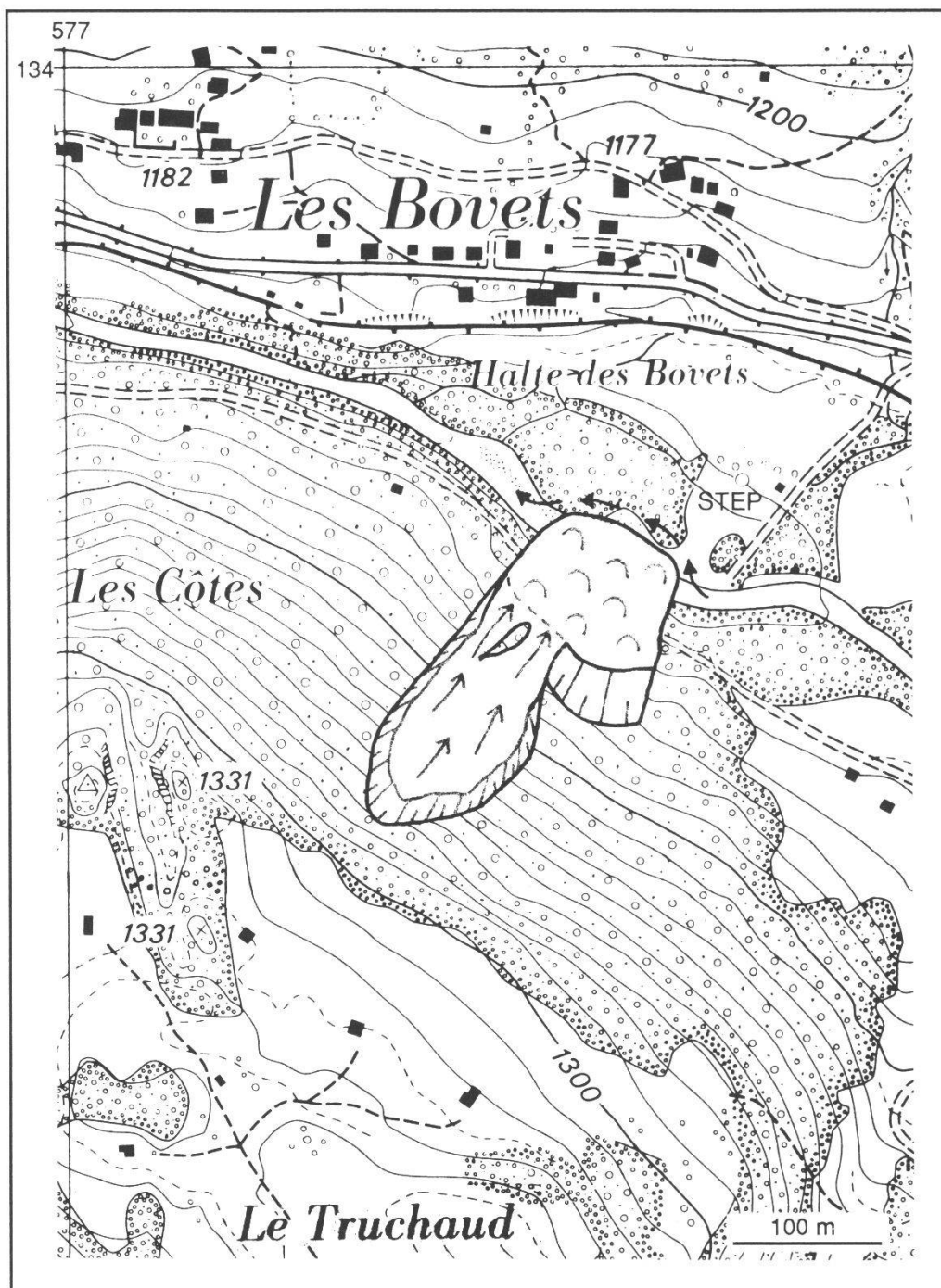


Figure 4.—Glissement de la STEP des Diablerets, qui a barré le lit de la Grande-Eau. (Fond topographique reproduit avec l'autorisation du Service du cadastre et du registre foncier-Vaud du 15 avril 1991).

Le second grand glissement s'est produit sous les rochers d'Aigremont, au lieu-dit Les Corbassières dans le vallon de la Raverette (fig. 5).

Il s'agit d'un grand glissement-éboulement comportant de nombreux gros blocs dans sa partie haute. Il est parti d'une paroi de flysch de la nappe du Niesen formée d'épais bancs de conglomérats surmontant des roches argileuses. La masse glissée est formée essentiellement de débris rocheux pris dans une matrice argilo-graveleuse. Dans la partie basse elle se divise en deux lobes prolongés par d'importantes coulées de boue.

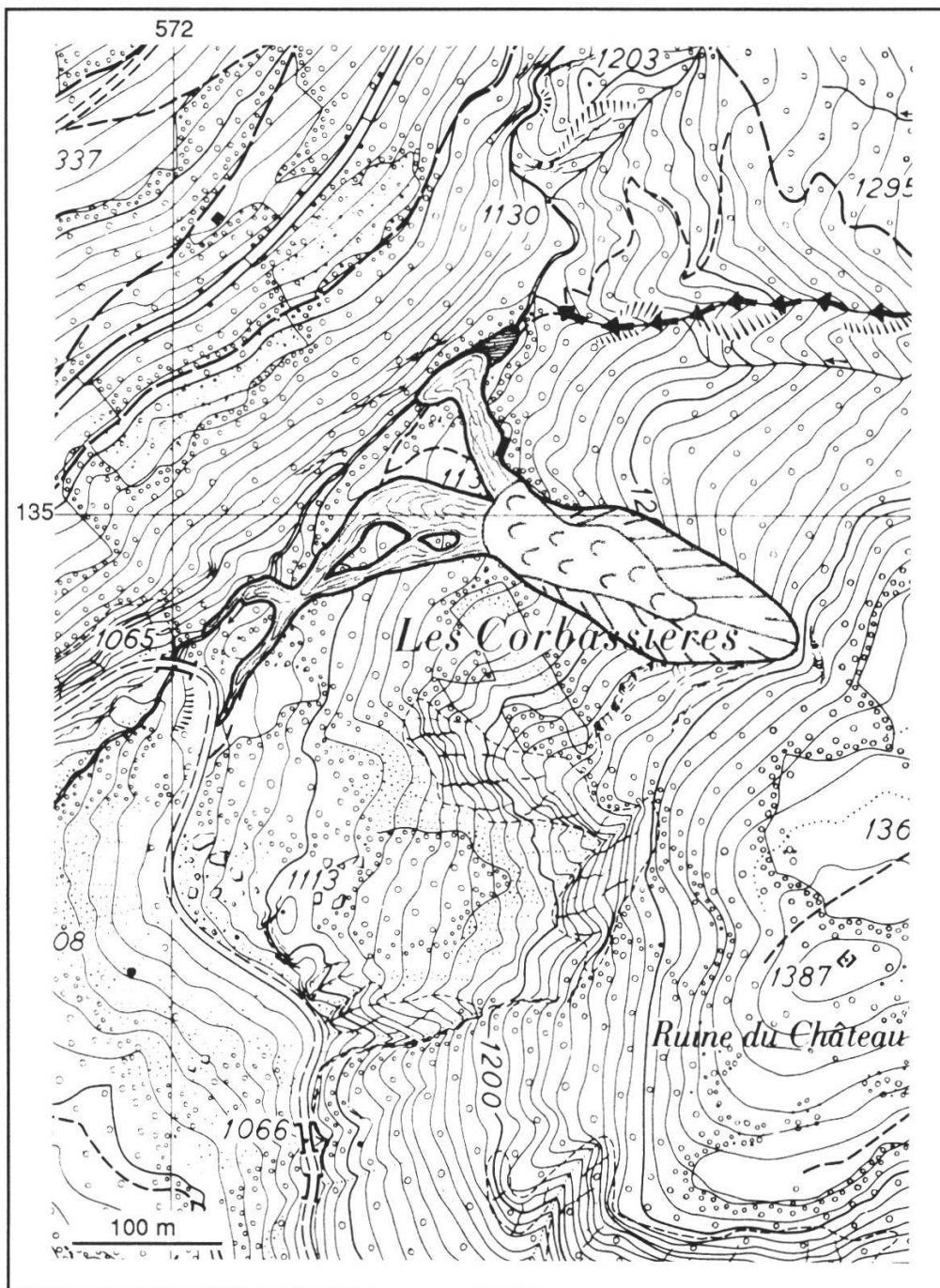


Figure 5.—Glissement des Corbassières, sous le rocher d'Aigremont : la coulée de boue amont a barré la Raverette, créant un lac, alors que la coulée aval se propageait à travers la forêt, le long du sentier. A l'amont, un ravin surcreusé par une lave torrentielle. (Fond topographique reproduit avec l'autorisation du Service du cadastre et du registre foncier-Vaud du 15 avril 1991).

Les glissements sont essentiellement localisés sur le versant nord de la Grande Eau, plus spécialement dans le secteur Le Rosex–Les Voëttes où l'on en dénombre une douzaine. Sur le versant sud de la vallée, les glissements inventoriés se sont tous déclenchés en forêt. Cette différence pourrait être due à une différence de gel du sol: gel profond dans les zones découvertes du versant sud, ombragé et plus froid, empêchant l'infiltration et partant les glissements; gel peu profond ou absent sur le versant ensoleillé, surtout sur les zones dégagées de neige avant le 12 février. Pour les glissements en forêt du versant sud, on peut envisager deux hypothèses:

- le sol n'était pas gelé en forêt, du fait du rayonnement de la masse végétale;
- le gel n'a pas eu le même effet sur la perméabilité du sol forestier qu'en prairie (cf. plus haut).

Parmi les nombreux grands glissements profonds répertoriés aux Ormonts, seul celui de la Frasse faisait l'objet de mesures inclinométriques régulières à l'époque de l'événement. Il n'a pas réagi de façon significative. Seul un petit glissement superficiel s'est déclenché sur la surface de la masse, mais aucun mouvement supérieur à la normale n'a été enregistré en profondeur. L'événement, survenu après une longue période de déficit pluviométrique et de relative stabilité du glissement, a été trop court pour influencer ce glissement, dont le plan principal se situe entre 40 et 80 m de profondeur.

2.4. *Les coulées de boues*

Les coulées de boue ont pu avoir plusieurs causes :

- certains «slush-flows», traversant des zones de forêts où le sol n'était pas gelé, se sont chargés de terre et l'ont étalée plus loin sur les champs: ce fut le cas de ceux déclenchés dans les pâturages de La Forclaz, qui, après avoir traversé des pentes boisées, ont recouvert d'une fine couche de boue et de débris les champs aux Planches et à la Leyderry;
- dans la plupart des glissements, la masse glissée a été liquéfiée et étalée en coulées de boue très localisées;

Ce sont cependant les torrents, en particulier ceux du flanc ouest du Chamossaire, qui ont causé les plus gros dégâts: ils ont déversé de véritables laves torrentielles, écoulements d'eaux très chargées en boues et en cailloux dont le comportement s'apparente à celui d'une coulée de lave très fluide. Ces torrents ont balayé leurs berges jusqu'à une hauteur de plusieurs mètres, sans qu'il soit malheureusement possible d'estimer l'érosion et l'encaissement du lit. Ces laves torrentielles ont recouvert ou coupé en plusieurs points la ligne du chemin de fer Aigle-Sépey-Diablerets.

2.5. *Répartition spatiale*

L'examen de la répartition des phénomènes permet de définir plusieurs zones (cf. carte 3):

- zone à «slush-flows» dominants: elle couvre la cuvette des Diablerets et le versant gauche de la vallée des Ormonts jusqu'aux Planches. Elle correspond à la zone de gel profond du sol, avec pour effet le blocage de l'infiltration, l'écoulement en surface et la limitation de l'érosion;
- zone à glissements dominants: elle couvre le versant droit des Ormonts et partiellement la zone des Planches. Le sol y était dégelé, permettant l'infiltration de l'eau et sa mise en charge dans le sol;
- zone à coulées de boues dominantes: elle couvre la rive droite à l'aval du Sépey. Elle est liée à l'existence de bassins torrentiels très raides, à temps de concentration très faible, sur le flanc ouest du Chamossaire;
- zone à avalanches: elle couvre le flanc ouest du Pic Chaussy. Nous avons déjà dit que ce flanc recevait les précipitations de plein fouet, en quantité plus abondantes qu'ailleurs.

Ces zones ne sont bien sûr pas exclusives, et des glissements de terrain se sont produits en zone à «slush-flows» (toujours en forêt), de même que ces derniers se sont produits partout. Elles traduisent cependant la dominance des phénomènes, très liée à l'exposition et aux conditions topographiques.

3. CONCLUSIONS

Les pluies de février 1990 constituent un événement tout à fait exceptionnel, dépassant de loin tous les records enregistrés dans la région. Le cas est intéressant du fait des conditions dans lesquelles il s'est produit, et qui ont conduit à une crue assez faible eu égard au volume des précipitations. Cette particularité est due à la présence du gel et de la neige :

- le gel du sol, s'il a été localement un facteur aggravant des inondations, a surtout agi comme facteur limitant des dégâts, en empêchant l'érosion et les coulées de boue;
- la couche neigeuse, si elle a partiellement fondu et libéré localement des quantités d'eau supplémentaires, a surtout agi comme facteur limitant des écoulements en absorbant la pluie, en favorisant son infiltration, et en retardant ainsi la crue.

Ces deux facteurs, contrairement à l'opinion couramment admise, ont donc eu un effet plutôt positif, en réduisant la gravité des conséquences de l'événement.

La répartition des phénomènes met en évidence l'importance du facteur exposition sur la répartition des précipitations et du gel, et partant des phénomènes observés.

L'inventaire des glissements de terrain révèle que la plupart d'entre eux sont situés dans des niches préexistantes, et met en évidence la vulnérabilité des masses glissées, même stabilisées, devant les précipitations exceptionnelles. Il met en évidence aussi le rapport d'échelle: les petits glissements réagissent à des événements très courts mais d'intensité très forte, alors que les grands glissements réagissent à des événements durables, même d'intensité moyenne.

4. REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'ISM, au SHGN, à l'Institut du Weissfluhjoch, aux Forces motrices Hongrin-Léman et au projet AQUITYP pour la mise à disposition de leurs données météorologiques et hydrologiques, à l'ECA pour les données sur les dommages déclarés, ainsi qu'aux municipalités des communes d'Ormont-Dessus et d'Ormont-Dessous et aux nombreux habitants qui nous ont fourni leurs témoignages et documents photographiques.

Un dossier d'archives complet avec cartes, photos et film vidéo sera déposé au Musée des Ormonts, ainsi qu'à l'Institut de Géographie de l'Université de Lausanne.

5. BIBLIOGRAPHIE

ASCHWANDEN H. et SCHÄDLER B., 1988. Hochwasserereignisse im Jahre 1987 in der Schweiz. Service hydrologique et géologique national, communication n° 10, Berne.

- ASCHWANDEN H. et SPREAFICO M., 1989. Fonctions de transfert pluie-débit pour un choix de bassins versants en Suisse. Service hydrologique et géologique national, communication n° 11, Berne.
- CLARK M.J., 1988. Periglacial hydrology. *In*: CLARK M.J. ed., *Advances in periglacial geomorphology*. Wiley, Chichester: 415-462.
- GEIGER H., ZELLER J. et RÖTHLISBERGER G., (à paraître). Précipitations extrêmes dans les Alpes Suisses et leurs régions limitrophes. Vol. 7. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf.
- ISM (Institut suisse de météorologie), 1990. Valeurs journalières des précipitations, 1^{er} trimestre 1990. ISM, Zurich.
- MACKAY J.R., 1983. Downward water movement into frozen ground, western arctic coast, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20: 120-134.
- NAEF F., ZUIDEMA P. et KÖLLA E., 1986. Abschätzung von Hochwassern in kleinen Einzugsgebieten. *In*: SPREAFICO M. ed., *Abschätzung der Ablüsse in Fließgewässern an Stellen ohne Direktmessung. Mat. geol. suisse, série hydrologie*, n° 33: 195-233.
- RÖTHLISBERGER G., 1991 (à paraître). Unwetterschäden in der Schweiz im Jahre 1990. *Wasser, Energie, Luft - eau, énergie, air*.
- SFRD (Service fédéral des routes et des digues), 1974. Les débits maximaux des cours d'eau suisses observés jusqu'en 1969. SFRD, Berne.
- SPREAFICO M. et STADLER K., 1988. Débits de crue dans les cours d'eau suisses, Volume II. Service hydrologique et géologique national, communication n° 8, Berne.
- WASHBURN A.L. et GOLDTHWAITE R.P., 1958. Slushflows. *Bull. geol. Soc. Am.*, 69: 1657-1658.
- WOO M.K. et SAURIOL J., 1980. Channel development in snow-filled valleys, Resolute, N.W.T., Canada. *Geografiska Annaler*, 62A: 37-56.
- ZELLER J., GEIGER H. et RÖTHLISBERGER G., 1979. Précipitations extrêmes dans les Alpes Suisses et leurs régions limitrophes. Vol. 4. Institut fédéral de recherches forestières, Birmensdorf.
- ZUIDEMA P.K., 1985. Hydraulik der Abflussbildung während Starkniederschlägen. Mitt. VAW, n° 79, Zurich. 150 p.

Manuscrit reçu le 12 mars 1991

