

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 116 (1990)
Heft: 18

Artikel: Contribution de la fusion nivale dans le débit des torrents de montagne: Collecte et traitement des données
Autor: Dedieu, J.P. / Bocquet, G. / Thomas, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77285>

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: 14.01.2026

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

CONTRIBUTION DE LA FUSION NIVALE DANS LE DÉBIT DES TORRENTS DE MONTAGNE : collecte et traitement des données.

J.P. DEDIEU, G. BOCQUET, A. THOMAS

Laboratoire de la Montagne Alpine (LAMA), URA 344 CNRS
Institut de Géographie Alpine, GRENOBLE 38030 FRANCE

RESUME : la part de la fusion nivale dans les débits des torrents de montagne doit être prise en compte pour la prévision des phénomènes paroxysmaux (crues, étiages). Cet article expose une méthodologie d'estimation des lames d'eau écoulées à partir du stock neigeux pour un bassin versant expérimental des Alpes françaises du Nord.

CONTEXTE

cette recherche méthodologique appliquée à la prévision des ressources en eau en zone de montagne s'inscrit dans l'ensemble des procédures expérimentales menées depuis 1987 par le LAMA sur le bassin versant du torrent de l'Eglise en Savoie, FRANCE (Figure 1).

D'une superficie totale de 485 hectares, ce bassin assez pentu (30%) a été retenu en raison de son caractère torrentiel lié aux risques naturels. En effet, ce cours d'eau est situé dans une zone de constitution géologique fragilisée (schistes houillers) et le bassin supérieur constituant l'impluvium principal est fortement anthropisé par la présence d'une station de ski alpin (les ARCS). Ce torrent jouxte un autre ensemble hydrologique au nord (la Ravoire) où un éboulement catastrophique est déjà intervenu en mars 1980 avec 300 000 m³ de laves torrentielles estimées en 24 H, coupant les voies de communication dans la vallée et érodant une large partie du versant.

En conséquence, l'étude de la part de la fusion nivale dans les débits enregistrés au fil du torrent s'avérerait indispensable pour estimer le stock en eau potentiellement disponible pour toute onde de crue intervenant au cours de la fusion. Notre étude concerne le bassin supérieur (mesures nivologiques, climatologiques et hydrométriques) en amont de la dérivation des débits naturels par EDF : station des « Espagnols ». En aval, le débit résiduel du talweg central est complété par l'apport des ruissellement du bassin inférieur.

INSTRUMENTATION, COLLECTE ET GESTION DES DONNÉES

1. *Nivologie* : un réseau de 15 perches à neige (4,20 m de hauteur) et graduées tous les 20 cm a été implanté sur le bassin supérieur (302 h) en transects altitudinaux représentatifs de la répartition des précipitations solides sur le bassin. Une partie de l'impluvium est utilisée pour le ski alpin : pistes damées, remontées mécaniques, bâtiments et voies d'accès. Ce contexte particulier est à prendre en compte pour l'interprétation des données (fusion nivale). Durant trois saisons d'hiver (1987 à 1990), un suivi des précipitations solides a été effectué avec mesure hebdomadaire des paramètres suivants : hauteur de neige fraîche et cumul saison, densité et équivalent en eau du manteau, caractérisation de surface de la neige (taille de grains). Les mesures de densité ont été réalisées avec un carottier comme suit :

$$\rho = m/v \text{ où } v = \pi r^2 \times l \text{ du carottier}$$

L'équivalent en eau du manteau est calculé par le produit entre la hauteur de neige (cm) sur site et la densité, les valeurs sont obtenues en mm puis en litres par m².

Le calcul des réserves en eau Δr en millions de litres du bassin est issu des moyennes pondérées entre les sites de mesures rapporté à la superficie du bassin d'alimentation (302,5 h). Les variations de Δr (accumulation, fusion) sont ensuite confrontées aux mesures hydrométriques de la station des Espagnols afin de valider les prévisions et connaître si possible le temps de réponse entre P et Q.

2. *Stations climatologiques et hydrométriques* : le bassin est équipé de l'instrumentation finalisée suivante :

- 2 stations météorologiques : « les Frettes » 2030 m, « les Sapins » 1750 m.
- 3 chaînes débitmétriques : « les Espagnols » 1850 m (débits naturels en amont du captage EDF et débits résiduels en aval), « les Bérards » 1130 m.

Les paramètres météorologiques mesurés sont les précipitations, la température et l'humidité de l'air. Chaque station est équipée d'un pluviographe à réchauffage avec bague réceptrice de 2000 cm² et transducteur à augets basculeurs, d'une sonde platine (0 à 100°C) et d'un capteur d'humidité capacitif.

Les limnimètres sont de type « bulle à bulle », dans une forme en béton avec seuil jaugeur métallique. Les niveaux mesurés sont convertis en débits par l'efflumètre (valeurs en m³).

L'acquisition des données se fait au rythme d'une scrutation de chaque voie de mesures par 6 minutes. Les valeurs sont stockées sur mémoire EEPROM amovible (capacité variable de 16 à 64 KO, autonomie d'un mois). L'information des cassettes est restituée par un lecteur approprié vers un micro-ordinateur en vue de son traitement.

3. *Gestion et exploitation des données hydro-météorologiques* :

une première chaîne de traitement concerne la création et l'archivage de fichiers mensuels après contrôle et validation des données brutes. Ces fichiers initiaux sont ensuite traités pour en extraire les valeurs extrêmes et les moyennes quotidiennes ou mensuelles présentées sous forme de tableaux ou de graphiques.

Dans une seconde étape, il s'agit de mettre au point un logiciel de comparaison entre phases d'alimentation et phases de ruissellement afin de constituer un fichier descriptif des principales situations d'alimentation et des écoulements correspondants. Ces derniers fichiers sont destinés à constituer une base de référence pour une estimation analogique des débits en fonction des paramètres météorologiques et de leur évolution. L'estimation de la part de la rétention ou de la fusion nivale dans les lames d'eau écoulées doit également être proposée.

RESULTATS : UNE PERIODE D'EXPERIMENTATION DEFICITAIRE

le principal enseignement des campagnes nivo-météorologiques menées durant trois hivers sur le bassin versant (1987/88, 1988/89, 1989/90) et des traitements statistiques des paramètres de flux (pluies, débits) est que la période considérée s'illustre par un profil très contrasté dominant, avec une grande irrégularité des précipitations par rapport aux valeurs normales (moyenne sur 25 ans) : tableau 1.

Les précipitations de neige fraîche (profils et cumuls) pour les trois hivers concernés soulignent cette constatation (fig. 2 et tab. 2).

L'analyse des caractères climatologiques généraux et de l'évolution du manteau neigeux sur la période de ces trois hivers (figure 2) appelle certains commentaires, sans toutefois considérer que ces données climatiques originales peuvent constituer un indicateur de modification sensible du

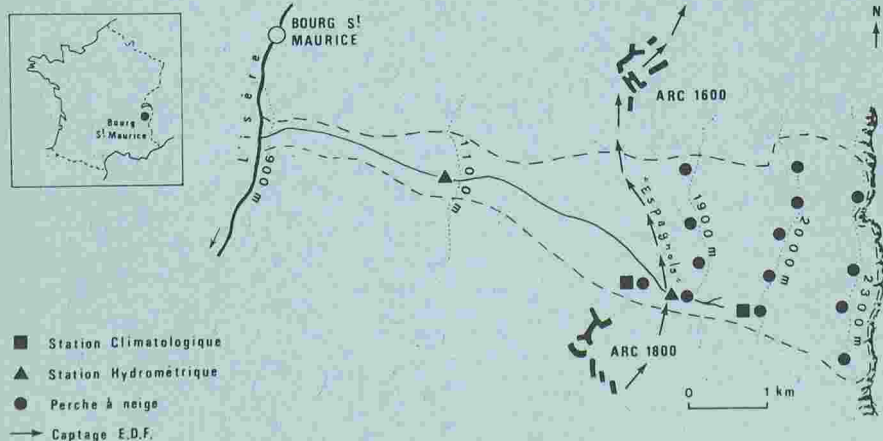


Fig. 1 : le bassin versant du torrent de l'Eglise : emplacement des stations

Tableau 1. — Précipitations moyennes mensuelles enregistrées à la station de Bourg-St-Maurice (865 m). Source : Météo-France.

P (mm)	N	D	J	F	M	A	M	TOTAL
moyenne 1961-86	92	105	100	102	80	70	60	609
1987-88	105	62	141	130	225	19	81	763
1988-89	51	127	10	79	80	125	57	529
1989-90	21	75	36	205	27	55	53	702

Tableau 2. — Bilan nivologique pour la station d'Arc 2000. Source : Météo-France.

HIVER	cumul neige fraiche (cm)	nombre jours de neige
1987-88	966	75
1988-89	533	50
1989-90	692	50

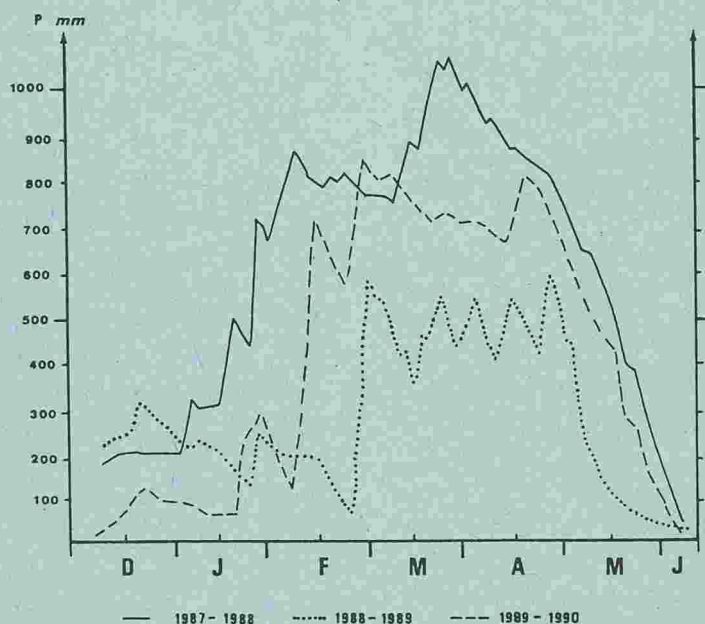


Figure 2: Lame d'eau équivalente du manteau neigeux à la station des Frettes (2030 m) pour trois hivers consécutifs. Source : LAMA.

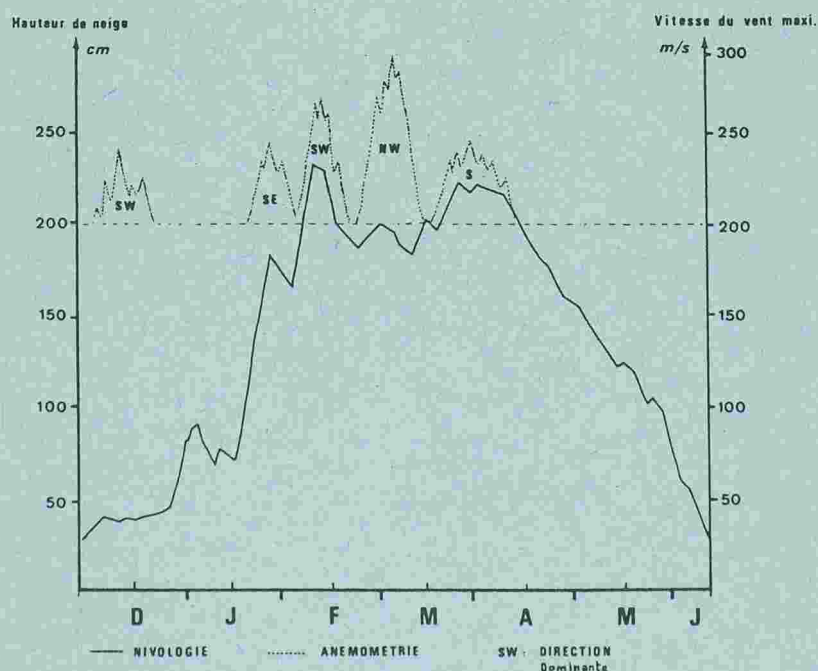


Figure 3: Comparaison entre profil de l'enneigement à la station des Frettes (2030 m) pour la saison 1989-1990 et le vent synoptique sup. à 200 m/s mesuré à La Plagne (2040 m).

Source des données anémométriques : Météo-France (C.E.N. Grenoble).

climat. Il convient seulement d'en tenir compte dans toute analyse hydrologique des résultats.

1. la sécheresse due à la persistance des conditions anticycloniques en début d'hiver a engendré des situations parfois exceptionnelles, caractérisées par une absence de précipitations neigeuses en décembre (1987 et 1989) ou janvier (1988 et 1989). La constitution du manteau a été difficile, voire inexistante, en dessous de 1800 m.

2. des périodes de redoux successifs ont été favorisées par des températures souvent trop clémentes au cours des hivers et la pluie a largement humidifié un manteau neigeux déficitaire en altitude (mars-avril 1990). Durant ces périodes de fusion, l'étude de la structure du couvert neigeux a montré que les neiges à gros grains ronds percolaient très rapidement, engendrant une disparition complète du manteau sur les secteurs exposés au sud.

3. au cours des hivers 1989 et 1990, la fréquence des situations perturbées de SUD dominant s'est illustrée par des tempêtes avec vents violents supérieurs à 100 km/h et chutes neigeuses abondantes.

On constate effectivement une similitude entre les brèves périodes anémométriques intenses (moyenne horaire des vents maxi.) enregistrées par la Météorologie Nationale à la station voisine de La Plagne (2040 m) et les hauteurs de neige mesurées par les perches sur le site des ARCS après chaque tempête : figure 3.

Cette situation s'est illustrée par des totaux mensuels démesurés en rapport aux normales (fév. 1990, mars 1988 et avril 1989) ainsi qu'une activité avalancheuse importante en raison du manque de cohésion entre strates du manteau neigeux, renforcé par les brusques redoux constatés après chaque tempête.

Ces épisodes neigeux excédentaires du printemps compensent le déficit cumulé en hiver et le stock en eau se reconstitue tardivement : 600 à 900 mm d'équivalent en eau pour le manteau mesuré aux Frettes à la fin de la saison. En mai, les périodes de fonte nivale sont très significatives et le manteau diminue sensiblement jusqu'en juin, en raison du réchauffement des températures et du retour des précipitations liquides à toutes altitudes (orages dominants).

4. la comparaison entre l'estimation des réserves en eau du stock neigeux pour l'ensemble du bassin supérieur (302,5 h) à partir de notre réseau de perches et les débits enregistrés par le limnimètre à l'aval de cet impluvium (station des Espagnols «amont») n'est proposée que pour l'hiver 1989-90, en raison d'incertitudes liées à la qualité des mesures hydrométriques pour les saisons précédentes.

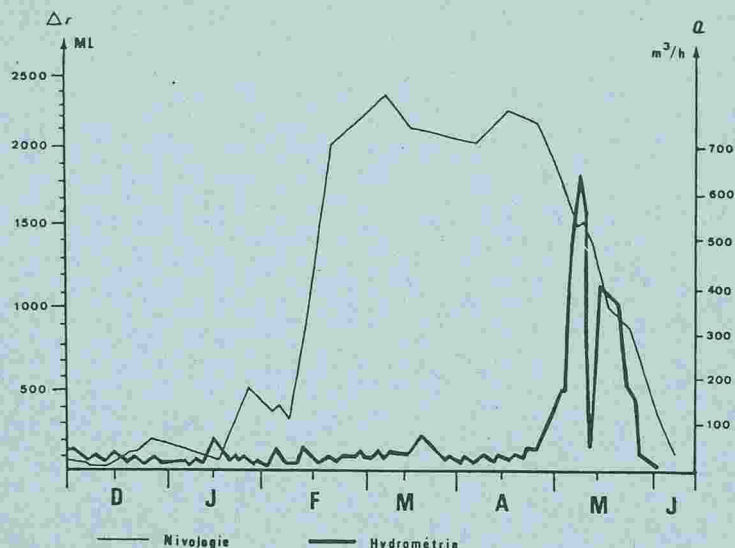


Figure 4 : comparaison entre les réserves en eau du stock neigeux Δr du bassin versant supérieur du torrent de l'Eglise et les débits naturels mesurés à la station limniographique des «Espagnols amont» pour la saison d'hiver 1989-1990. Source : LAMA.

La figure 4 montre cependant que les variations du stock Δr en M de litres sont assez bien reliées aux débits mesurés en m^3/h dans le torrent; la part de la rétention ou fusion nivale semble déterminante. Le temps de réponse entre le début de l'onde de fusion et les valeurs hydrométriques est variable, mais semble centré sur un laps de temps fort bref de quelques journées en raison de la faible superficie de ce bassin versant et de sa pente (40%).

Les mesures comparatives doivent être poursuivies pour d'autres années à venir, afin de valider ou infirmer la qualité des

informations proposées par le modèle nivologique.

CONCLUSION

Si cette méthode d'estimation d'une lame d'eau écoulee à partir de la rétention nivale est déjà utilisée avec succès sur de plus grands bassins versants (DUBAND - 1988), son application dans le cadre de petits bassins torrentiels en site exposé aux risques naturels apparaît assez utile pour prévoir des situations paroxysmiques (crues, étiages).

La période climatique de référence s'est illustrée par son caractère très déficitaire en précipitations, avec irrégularité des apports: alternance de tempêtes et de brusques redoux. Cette particularité n'a pas permis de constater des phénomènes hydrologiques remarquables, mais l'utilité d'un réseau de perches à neige s'est affirmée lors des chutes de neige sous tempête en regard des pluviographes qui ne peuvent recueillir la totalité des précipitations solides par vent violent.

BIBLIOGRAPHIE

- DUBAND D. (1988) Bilan de 35 années de mesures de neige effectuées par EDF en haute et moyenne montagne, S.H.F., section de Glaciologie, Paris, 20 p.
- HERRMAN A., RAU RG. (1982) Variations of the hydrological properties of alpine snow-cover stores, IAHS publication n° 138, 91-100.
- HUCHON H. (1983) Aménagement et érosion torrentielle: le torrent de la Ravoire en Tarentaise, colloque de Chamonix, LAMA, Grenoble 35-40.
- MARTINEC J. (1971) Zur Retention der Schneedecke beim Abfluss, Inter-vent Symposium Österreich, vol III, 155-159.
- POGGIA. (1957) La fusion de la neige et les crues de juin 1957 dans les Alpes françaises occidentales, Revue de Géographie Alpine tome XLVII, 363-373.
- RISSER V. (1979) Etude fréquentielle de l'enneigement et analyse de l'évolution du manteau neigeux dans les Alpes françaises, Thèse Université de Grenoble I, I.G.A., 188 p.
- VIVIAN H. (1977) L'hydrologie nord-alpine et la sécheresse de 1976, Revue de Géographie de Lyon, vol 2, 117-151.