

Planche 3.11 Hauteurs de neige moyennes, 1983–2002

Introduction

Lorsque les températures sont assez basses, les précipitations tombent sous forme de neige. Dans la région alpine, la neige constitue en moyenne plus de 70 % des précipitations au-dessus de 2000 m d'altitude, presque 45 % à 1500 m et encore près de 15 % à 500 m [1].

De vastes zones de la Suisse demeurent durant des mois sous une couche de neige persistante. L'épaisseur de cette couche de neige dépend de divers facteurs comme la saison ou l'altitude; elle varie donc considérablement au niveau local ainsi que régional (cf. planche 3.6).

Environ 300 stations permettent de mesurer et d'étudier la couche de neige. Ces mesures ponctuelles peuvent ensuite être extrapolées pour estimer la hauteur de neige aux endroits où elle n'a pas été relevée. Les cartes des hauteurs de neige servent de base pour l'alerte aux avalanches, mais elles sont aussi importantes pour le tourisme (informations sur l'enneigement), pour les modélisations hydrologiques des écoulements et pour les recherches menées en climatologie nivale [5].

Cette planche est basée sur une méthode de calcul qui permet de cartographier la répartition des hauteurs de neige dans la région alpine suisse [1].

Données

Les données de base proviennent du réseau de mesure de l'Institut fédéral pour l'étude de la neige et des avalanches (ENA) et de celui de MétéoSuisse (v. planche 3.1²) [4]. Toutes les stations qui ont été choisies se trouvent dans un champ horizontal représentatif. Elles donnent uniquement des hauteurs de neige pour cette zone (le champ plat). Les facteurs comme la pente, l'exposition, le vent et la couverture végétale (en particulier la forêt), susceptibles d'influencer de façon cruciale la répartition des hauteurs de neige, ne sont pas pris en compte.

Pour cette étude, on a choisi d'utiliser les mesures effectuées de 1983 à 2002, une période de 20 ans qui fut peu neigeuse par rapport à d'autres périodes du 20^{ème} siècle. En effet, au-dessous de 1000 m d'altitude, il est tombé selon les mois 20 à 40 % de neige en moins durant cette période de mesure que lors des décennies précédentes. En haute montagne (au-dessus de 2000 m d'altitude), les différences exprimées en pour-cent sont moins marquées [1,2].

Puisqu'il s'agit de tirer des conclusions pour tout un territoire, il est très important d'obtenir la plus forte densité possible de stations, et ceci surtout à haute altitude. On a donc également pris en considération les stations automatiques situées dans les hautes Alpes, qui ne fournissent des données que depuis le milieu des années 1990 (v. tab. 1). Les données de ces stations ont été comparées avec de longues séries de données mesurées en parallèle, puis converties sur la période de 1983 à 2002 utilisée ici. En tout, on a pu exploiter les données de 173 stations [1].

Méthode de régionalisation

Pour régionaliser les hauteurs de neige moyennes, on a utilisé une méthode qui tient compte autant de l'influence dominante de l'altitude d'un endroit sur la hauteur de neige que des particularités locales et régionales [1]. Cette méthode de régionalisation se compose en substance de deux étapes, dont les résultats sont combinés:

- 1) C'est d'abord l'altitude d'un endroit qui détermine la hauteur de neige. Cette corrélation est décrite au moyen de deux fonctions linéaires, valables pour l'ensemble de la Suisse et différenciées selon les domaines d'altitude, qui donnent comme résultat une estimation de la hauteur de neige. En utilisant un modèle d'altitude numérique, on calcule pour chaque point de la grille ce qu'on appelle la valeur de base (G). La résolution spatiale de ces points est de 1 km • 1 km.

- 2) La valeur de compensation (A) chiffre les écarts régionaux par rapport au modèle pour toute la Suisse. Pour cela, les écarts entre la valeur réellement mesurée et la valeur de base calculée sont déterminés pour les trois stations de mesure les plus proches du point de la grille pour lequel il faut estimer la hauteur de neige. Ces écarts, pondérés par la distance, sont ensuite reportés sur le point de la grille (v. formule):

$$A_j = \frac{h_j}{\sum_{i=1}^3 \left(\frac{1}{d_{ji}} \right)} * \sum_{i=1}^3 \left[\frac{1}{d_{ji}} \frac{(HS_i - G(h_i))}{h_i} \right]$$

où:

A_j : valeur de compensation au point de la grille [cm]

h_j : altitude du point de la grille [m]

d_{ji} : distance entre le point de la grille et la station de mesure [km]

HS_i : hauteur de neige réellement mesurée à la station de mesure [cm]

$G(h_j)$: hauteur de neige modélisée à la station de mesure; valeur de base [cm]

h_i : altitude de la station de mesure [m]

j : j-ème point de la grille

i : i-ème station de mesure

L'estimation de la hauteur de neige s'obtient en additionnant la valeur de base et la valeur de compensation. Cette méthode de régionalisation permet aussi d'estimer d'autres paramètres qui dépendent fortement de l'altitude, comme la hauteur de la neige fraîche, la hauteur de neige maximale, l'équivalent en eau total de la couche de neige, mais aussi la température de l'air ou les précipitations.

Hauteurs de neige en Suisse

Les cartes représentent la moyenne hivernale (novembre à avril), qui donne un aperçu général de la répartition spatiale des hauteurs de neige, de même que les moyennes des mois de décembre, février et avril, qui montrent l'évolution des hauteurs de neige au cours d'un hiver.

Hiver (novembre à avril): d'une part, cette carte montre que la hauteur de neige dépend fortement de l'altitude. D'autre part, les moyennes à long terme des hauteurs de neige font ressortir de très grandes disparités régionales. De manière générale, le val Bedretto ainsi que la région du Gothard et du Grimsel jusqu'aux Alpes glaronnaises et saint-galloises reçoivent environ 20 à 70 % plus de neige que la moyenne suisse pour chacune de ces zones altitudinales. Par contre, il tombe relativement peu de neige dans les vallées méridionales du Valais, dans la Surselva, dans le centre des Grisons ainsi qu'en Engadine.

Décembre: le fait que la hauteur de neige dépende de l'altitude apparaît déjà nettement au début de l'hiver. Dans les Préalpes (au-dessus de 800 m d'altitude), la neige atteint 10 à 30 cm de haut; cette région se détache donc nettement du Plateau, où il y en a moins de 10 cm. Dans les hautes Alpes, excepté dans la région du Gothard et du Grimsel ainsi que vers les sommets du Haut-Valais, la neige atteint une hauteur moyenne qui dépasse à peine les 150 cm.

Février: le pays se trouve en majeure partie sous une bonne couche de neige. Au-dessous de 1500 m d'altitude, c'est en février que les hauteurs de neige sont les plus importantes de la saison. La plus grande quantité de neige (plus de 250 cm) se trouve dans la région du Gothard et du Grimsel.

Avril: la neige a déjà largement disparu sur le Plateau et dans de nombreuses vallées alpines. Dans les régions situées au-dessus de 2000 m d'altitude, elle n'atteint sa hauteur maximale qu'en

avril. C'est donc à cette époque qu'on trouve aussi les plus forts gradients de hauteurs de neige. Au-dessus de 2800 m environ, il n'est pas rare que la neige ait en moyenne plus de 3 m de haut.

Les cartes représentant la répartition spatiale des hauteurs de neige correspondent bien aux représentations des normes SIA 261 [3] et aux cartes des précipitations de la région alpine européenne (v. planches 2.6, 2.7), qui reposent sur d'autres méthodes de régionalisation.

Répartition régionale des hauteurs de neige

En cartographiant la valeur de compensation, on peut étudier les disparités climatologiques régionales dans la répartition des hauteurs de neige. Les cartes font apparaître des zones où les hauteurs de neige sont supérieures ou inférieures à la moyenne suisse (v. fig. 1).

Sur les cartes, on découvre un arc fortement enneigé qui s'étire du nord du Tessin au Toggenburg et à l'Alpstein en incluant la région du Gothard et du Grimsel, la vallée de Conches, la Suisse centrale et les Alpes glaronnaises. Il tombe aussi beaucoup de neige dans le Prättigau, le Chablais, la Sarine ainsi que dans les Préalpes bernoises. Par contre, les hauteurs de neige sont inférieures à la moyenne suisse dans les vallées méridionales des Grisons, en Engadine, dans le centre des Grisons et la Surselva, dans la région de la Jungfrau et d'Aletsch de même que dans la partie du Valais située au sud du Rhône. Ceci s'explique par le fait que les courants principaux des situations météorologiques riches en précipitations arrivent du secteur nord ou sud et qu'ils déversent par conséquent de grandes quantités de neige sur le versant nord, respectivement sud, des Alpes, alors qu'ils s'affaiblissent au centre des Alpes. Comme les principaux régimes de précipitations nord et sud alpins se superposent dans la région du Gothard, c'est là que se trouvent les hauteurs de neige les plus importantes.

Puisqu'en décembre il n'y a en principe pas encore beaucoup de neige, les différences régionales dépassent à peine les 50 cm de hauteur. Elles sont plus marquées en février et en avril; ainsi par exemple, les hauteurs de neige relevées en Engadine et dans les vallées septentrionales du Valais sont nettement inférieures à la moyenne suisse pour l'altitude correspondante. En même temps, les hauteurs de neige au nord des Alpes sont supérieures à la moyenne en plusieurs endroits [1].

Séries chronologiques

Plusieurs stations exploitées par l'ENA disposent de longues séries chronologiques des hauteurs de neige, qui peuvent remonter jusqu'à 70 ans [4]. La figure 2 montre les séries des hauteurs de neige moyennes relevées durant la période d'enneigement hivernale de début novembre à fin avril. Les stations du Weissfluhjoch (2540 m), de Davos (1560 m) et de Küblis (810 m) sont très proches les unes des autres (à moins de 10 km), mais elles couvrent une large zone altitudinale. Les diagrammes prouvent bien que la hauteur de neige augmente avec l'altitude, mais ils illustrent aussi les différentes conditions climatiques qui règnent à l'intérieur de chaque zone altitudinale: alors que les moyennes glissantes sur cinq ans des stations de Davos et de Küblis font apparaître une nette diminution des hauteurs de neige depuis le début des années 1980, cette tendance ne peut pas être constatée à la station du Weissfluhjoch. Au contraire, les hauteurs de neige y ont plutôt à nouveau augmenté [1,2].

Les stations de Trübsee (1770 m), de Zermatt (1600 m) et de Zuoz (1710 m), situées à peu près à la même altitude, peuvent être classées dans différentes régions climatiques. Les séries chronologiques de leurs hauteurs de neige documentent les conditions d'enneigement des Alpes, qui varient au niveau régional. La station de Trübsee montre que la neige est relativement plus abondante dans le nord des Alpes et des Préalpes que dans les vallées intra-alpines, comme à Zermatt dans le Mattertal et à Zuoz en Engadine, où les précipitations sont plus faibles. Les moyennes glissantes de ces trois séries chronologiques montrent elles aussi que les hauteurs de neige ont nettement diminué depuis le début des années 1980 à cause des températures.

Aux six stations, on remarque que les hauteurs de neige varient beaucoup d'une année à l'autre. Ces variations peuvent être jusqu'à 350 % supérieures à la moyenne à long terme – ce qui prouve bien la complexité de la climatologie des montagnes.

Bibliographie

- [1] **Auer, M. (2003):** Regionalisierung von Schneeparametern – Eine Methode zur Darstellung von Schneeparametern im Relief. Publikation Gewässerkunde Nr. 304, Bern.
- [2] **Latenser, M. (2002):** Snow and avalanche climatology of Switzerland. Diss. ETH No. 14493, Zürich.
- [3] **SIA (2004):** Grundlagen der Projektierung von Tragwerken; Einwirkungen auf Tragwerke: Bemessungsbeispiele zu den Normen SIA 260 und 261. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich.
- [4] **SLF (2002):** Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen Winter 1997/98. Winterbericht Nr. 62, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos.
- [5] **Witmer, U. (1984):** Eine Methode zur flächendeckenden Kartierung von Schneehöhen unter Berücksichtigung von reliefbedingten Einflüssen. Geographica Bernensia G21, Bern.