

## Planche 2.2 Hauteurs annuelles moyennes corrigées des précipitations 1951–1980

### Introduction

Les précipitations constituent un des éléments les plus significatifs du climat. L'étude de leur répartition spatiale doit se fonder sur des résultats de mesures effectuées, si possible, en de nombreux emplacements. La carte des précipitations présentée ici se distingue des cartes précédemment publiées en Suisse, par la prise en compte lors de son élaboration, des erreurs de mesure systématiques affectant les hauteurs d'eau précipitées. Les interpolations temporelles aussi bien que spatiales ont été effectuées selon la méthode du krigeage, ce qui fait que la carte obtenue peut être considérée comme objective. Les valeurs des précipitations, interpolées selon une grille à mailles carrées de 1 km de côté, existent aussi sous forme digitale.

Les précipitations mesurées doivent être corrigées d'un certain nombre d'erreurs systématiques, dont principalement des pertes dues à l'influence du vent ainsi qu'au mouillage des parois, à l'intérieur de l'instrument. Les valeurs de ces corrections subissent d'importantes variations spatiales et temporelles. La prise en compte des corrections a pour effet généralement de relever les valeurs mesurées d'environ 5 à 40 %.

La méthode de correction a été développée par [2] et celle utilisée ici, décrite à la planche 2.3, représente une extension de la première version.

L'importance des erreurs de mesure dépend des instruments mais aussi tout particulièrement de l'altitude et de l'exposition de la station d'observation. C'est pourquoi, en plus du contrôle normal des données recueillies, il est nécessaire d'étudier l'emplacement des stations, les instruments et leur influence sur les mesures. Pour établir la présente carte, les hauteurs de précipitations mesurées ont été partout corrigées des erreurs systématiques. Les valeurs des corrections appliquées, soit la différence entre lames d'eau corrigées et lames d'eau non corrigées, se trouvent au milieu de la planche 2.3, rendant possible le lien avec les cartes de précipitations habituelles [1,3], pour lesquelles on n'a tenu compte ni de l'influence du vent ni de celle du mouillage des parois internes des pluviomètres.

### Base de données

La carte des hauteurs moyennes corrigées des précipitations est basée sur les séries de mesure du réseau des stations de l'Institut suisse de météorologie. Le tracé des lignes d'égale hauteur de précipitations (isohyètes) s'appuie sur environ 400 points de mesure: 310 stations avec mesures journalières (80 stations climatologiques et 230 stations pluviométriques) complétées par 30 totalisateurs, ainsi que 50 stations étrangères, à proximité de nos frontières.

Pour l'élaboration d'une carte couvrant une surface de plus de 40000 km<sup>2</sup>, 400 points de mesure représentent un nombre plutôt faible. De plus, les stations sont réparties très irrégulièrement, avec encore cet inconvénient que les régions les moins bien dotées d'instruments sont souvent celles où l'on rencontre les plus fortes variations des précipitations sur de courtes distances, comme par exemple en haute montagne.

### Influences orographiques

L'influence du relief se manifeste en premier lieu par l'augmentation des précipitations avec l'altitude. On doit cependant prendre garde au fait que cette dépendance n'est valable qu'au niveau des altitudes généralement rencontrées dans un domaine plus ou moins bien délimité. Les précipitations moyennes tombant sur des promontoires montagneux et dans des vallées étroites ou dans de larges dépressions, situées sous le vent par rapport aux chaînes de montagnes, accusent

souvent d'importantes différences d'avec les précipitations moyennes de leur zone d'altitude. La répartition des précipitations est fondamentalement différente, suivant qu'on se trouve du côté du vent ou sous le vent par rapport aux montagnes. En ce qui concerne la répartition des précipitations dans les vallées alpines, il y a des indices montrant que l'accroissement des précipitations avec l'altitude n'est sensible qu'à partir d'un certain niveau au dessus du fond des vallées. Ces mêmes indices montrent bien la large étendue de la dispersion spatiale des mesures de précipitations. Un important problème étroitement lié à cette dispersion est celui de la représentativité des mesures ponctuelles.

## **Préparation et contrôle des séries de mesures**

Une partie seulement des séries de mesures obtenues avec les stations évoquées ci-dessus couvre la totalité de la période adoptée pour l'élaboration de la carte, soit 1951-1980. Pour élargir la base de données, on a eu recours à des séries supplémentaires, ne couvrant que la période 1961-1980. L'adaptation, par extrapolation, de ces séries plus courtes a été effectuée par la méthode des quotients. On a donc calculé, pour toutes les séries de base, le rapport de la somme des précipitations de la période 1951-1980 à la même somme pour 1961-1980 et les valeurs de ces rapports ont ensuite été régionalisées selon la technique du krigeage. Ayant ainsi obtenu la valeur du rapport entre les deux séries aux emplacements où seule la série 1961-1980 est disponible, il est facile alors de calculer la somme des précipitations que l'on aurait pu mesurer pour la série 1951-1980.

Lors d'une interpolation spatiale, il convient d'accorder un plus grand poids, climatologiquement parlant, aux points où des mesures ont effectivement été réalisées. La transformation de données de précipitations obtenues ponctuellement sur un plus ou moins vaste domaine doit s'entourer des plus grandes précautions, tout particulièrement sur un terrain fortement différencié, orographiquement parlant. Ainsi, les hauteurs de précipitations obtenues ponctuellement ont également été examinées du point de vue de leur poids dans l'évaluation spatiale. Dans un premier temps, les valeurs de départ ont été soumises à une opération de krigeage. Les résidus ainsi obtenus permettent de comparer les valeurs obtenues par krigeage et les valeurs effectivement mesurées. La moyenne et l'écart-type de ces résidus fournissent le critère statistique permettant de juger de la valeur des mesures ponctuelles, dans la perspective de l'évaluation de la répartition spatiale des précipitations. Les stations dont les résidus dépassaient le double de l'écart-type, considérées alors comme sans valeur climatologique, ont été progressivement écartées. Effectivement, les emplacements fournissant des écarts aussi importants ne peuvent pas, en règle générale, être qualifiés de représentatifs.

## **Méthode d'interpolation spatiale**

La méthode utilisée pour la préparation de cette carte des précipitations annuelles moyennes est basée sur un procédé d'optimisation spatiale, avec krigeage sur une grille à maille carrée de 1 km de côté.

D'une manière générale, les hauteurs moyennes de précipitations augmentent avec l'altitude, mais en raison de fortes différences régionales, on ne peut pas donner un gradient moyen, valable pour toute la Suisse.

Pour éliminer temporairement cependant les effets orographiques, les hauteurs de précipitations ont été réduites à un niveau unitaire, à l'altitude de 1000 m. On fait ainsi mieux ressortir les différences régionales dans la répartition des précipitations. Cette réduction des mesures de précipitations ponctuelles, provenant d'altitudes variées, constitue véritablement le noyau central de la méthode. A l'aide d'une procédure d'optimisation progressive, on a déterminé un facteur de transformation qui rend possible la réduction des valeurs mesurées à la cote de 1000 m. Ce facteur est de 0.8 mm de précipitations par mètre d'altitude.

Puis les précipitations réduites à la cote de 1000 m sont analysées par krigeage spatial et leurs valeurs interpolées aux noeuds d'un maillage carré de 1 km de côté. L'étape suivante consiste à revenir de la cote 1000 m aux altitudes vraies du terrain, en calculant la valeur des précipitations pour chaque noeud, à l'aide du même facteur de 0.8 mm/m.

Au moyen de la méthode ainsi esquissée, les valeurs ponctuelles mesurées permettent de constituer une grille d'information qui sert de base à une représentation par isohyètes.

### **Carte des hauteurs de précipitations moyennes corrigées**

En tenant compte des erreurs de mesure systématiques, on arrive à des valeurs corrigées plus élevées que les valeurs non corrigées de 14 % en moyenne (période 1951-1980), avec cependant de grandes différences, soit régionales, soit dues à l'altitude. Au Tessin, par exemple, les corrections sont de 4 % dans les vallées et atteignent 30 % en haute montagne. L'échelonnement choisi des isohyètes, de 200 mm et plus, est trop grand pour mettre en évidence, dans les régions à variabilité spatiale relativement réduite, un relèvement des valeurs des précipitations corrigées de l'ordre de 100 mm. Il est par conséquent recommandé, en travaillant sur carte, d'interpoler prudemment des isohyètes supplémentaires ou un grillage plus fin. Dans les petits bassins versants (< 500 km<sup>2</sup>) du Plateau, au relief peu accidenté, les précipitations régionales déterminées d'après la carte des précipitations moyennes corrigées pourraient toujours être affectées d'un résidu d'erreurs de l'ordre de 5 % (v. planche 2.3).

### **Bibliographie**

- [1] **Kirchhofer, W. [Hrsg.] (1982, 1984, 1987, 1991):** Klimaatlas der Schweiz. Wabern.
- [2] **Sevruk, B. (1985):** Systematischer Niederschlagsmessfehler in der Schweiz. In: Beiträge zur Geologie der Schweiz - Hydrologie, Nr. 31:65-75, Bern.
- [3] **Uttinger, H. (1949):** Die Niederschlagsmengen in der Schweiz 1901-1940. Zürich.