

Planche 6.4 Importance hydrologique de la région alpine européenne

Introduction

Les montagnes et hauts plateaux sont typiquement des régions où les ressources en eau sont importantes. En effet, comme les montagnes forcent les masses d'air à s'élever, celles-ci se refroidissent et la vapeur d'eau retombe sous forme de précipitations (précipitations orographiques). De plus, le rayonnement net étant plus faible qu'en plaine (voir planche 4.2), les températures plus basses, la couverture neigeuse plus abondante (voir planche 3.6) et la période de végétation plus courte, l'évaporation y est plus faible (voir planche 4.1). Ces facteurs génèrent dans la région alpine européenne également des écoulements annuels bien plus importants que dans l'avant-pays (tab. 2), ce qui vaut aux Alpes leur titre de «château d'eau d'Europe».

Puisque les Alpes s'ouvrent de trois côtés sur des mers (Atlantique, Méditerranée et mer du Nord) et qu'elles sont situées dans la zone des vents d'ouest, elles reçoivent une grande quantité d'air humide. Leur fonction de château d'eau est aussi déterminée par l'accumulation temporaire ou durable des précipitations hivernales sous forme de neige ou de glace; celles-ci ne fondent et ne s'écoulent qu'au printemps et en été, exactement au moment où les ressources disponibles en eau sont limitées dans l'avant-pays et où la demande de l'agriculture est forte. Les plaines des fleuves Rhin, Rhône, Pô et Danube bénéficient, surtout durant les mois d'été, de l'eau qui s'écoule des Alpes chaque année avec une grande fiabilité (très petits coefficients de variation des écoulements estivaux).

Les régimes hydrologiques aussi font ressortir clairement les différences climatiques entre les Alpes et l'avant-pays: alors que les régimes de caractère glaciaire et nival dominant chez les rivières qui prennent leur source dans la région alpine (voir planche 5.2), on rencontre surtout, dans l'avant-pays, des régimes océaniques de caractère pluvial vers le nord et des régimes méditerranéens à étés secs vers le sud. A l'est, ce sont plutôt les régimes subalpins, nivaux à pluviaux, qui dominent, car ils subissent l'influence d'autres régions de montagnes (Carpathes, Alpes Dinariques, Balkans). La classification des régimes effectuée ici (fig. 1) s'appuie sur [2] et dépend de la fluctuation saisonnière moyenne des débits, principalement de l'alternance des maxima et minima. Le régime d'un affluent est toujours caractérisé en fonction de son écoulement en amont de sa confluence avec le fleuve.

La définition de la région alpine utilisée ici repose sur les critères légèrement modifiés de [3]. L'altitude en est le facteur déterminant. Les surfaces situées à plus de 1000 m sont qualifiées de montagnes, pour autant qu'elles satisfassent également à certains critères de pente et de dénivellation.

Un modèle d'altitude avec une résolution d'environ 1 km (0.5') a servi de base pour déterminer quelles surfaces faisaient partie des montagnes. Pour éviter que de petites surfaces montagneuses isolées soient représentées, on a utilisé un algorithme de lissage.

Pour quantifier l'influence des Alpes, on a déterminé, sur une base mensuelle, la part de l'écoulement en provenance de la région alpine. Les fleuves présentent une part de 100 % lorsqu'ils quittent la région alpine. Cette part alpine diminue avec les apports des affluents de la plaine; elle peut aussi augmenter à nouveau avec des affluents ayant un régime alpin. Ceci est surtout valable pour le Rhône, le Pô et le Danube. Le Danube est un cas spécial, car il prend sa source hors de la région alpine et la part alpine de son écoulement ne peut donc nulle part atteindre 100 % (voir ci-dessous).

Puisque les données hydrologiques proviennent de nombreuses archives (voir tab. 1) et couvrent ainsi des périodes différentes, il n'a pas été possible de choisir une période de référence unique. Cependant, on a utilisé autant que possible des séries pluriannuelles de la période 1961–1990.

Rhin

Dans le bassin du Rhin, la région alpine se distingue facilement de la plaine, d'un point de vue géographique mais aussi hydrologique: le Rhin alpin (Diepoldsau) constitue avec l'Aar la part alpine de l'écoulement. Cette part est complétée par la Thur subalpine. Le régime du Haut-Rhin, de type alpin à Rheinfelden, est peu à peu modifié dans le Rhin supérieur et moyen par les affluents qui, à l'exception du Main, ont un caractère océanique. Dans son cours inférieur (Rees), le Rhin présente finalement un régime équilibré, avec un maximum d'hiver et un minimum d'automne.

En été surtout, de juin à septembre, les Alpes agissent sur l'écoulement total du Rhin en le soutenant amplement. Ainsi, au mois de juin, leur contribution à l'écoulement du fleuve à Rees atteint en moyenne 52 %, alors que la surface du bassin versant ne représente qu'une part de 15 %. L'évolution des débits spécifiques le long du Rhin montre également la grande quantité d'eau que les Alpes peuvent offrir durant le semestre d'été (de mai à octobre); c'est en aval de Mayence seulement que les débits spécifiques hivernaux commencent à dépasser ceux de l'été, indiquant que l'influence océanique augmente peu à peu. Dans le cas du Rhin, on peut démontrer le caractère saisonnier de l'importance hydrologique des Alpes en comparant les débits mensuels moyens mesurés à Rheinfelden et à Rees (fig. 4): la corrélation des débits pour toute l'année est relativement faible. Elle augmente considérablement lorsqu'on considère séparément les semestres d'hiver et d'été. La corrélation plus élevée des valeurs estivales de même que l'allure plus ou moins identique des droites de régression des valeurs estivales et annuelles font clairement apparaître que c'est durant le semestre d'été que l'influence des Alpes se fait le plus sentir.

Enfin, en comparant les bilans hydriques modélisés de divers endroits du bassin du Rhin (fig. 3), on constate que les Alpes produisent un écoulement plus important.

Rhône

Lorsqu'il quitte la Suisse (Genève), le Rhône présente, un peu comme le Rhin, un régime alpin bien marqué, avec un écoulement maximum en été. L'Arve alpine, qui prend sa source en Savoie et se jette dans le Rhône à Genève, joue un rôle décisif en accentuant ce régime alpin, qui a été équilibré par le Léman. Plus loin en aval, le régime d'écoulement est modifié par des affluents de caractère subalpin (Fier), océanique (Ain, Saône) et méditerranéen (Ardèche, Durance). Cependant, les Alpes ne perdent pas de leur importance, notamment par le biais de la confluence de l'Isère, car elles restent toujours à proximité du fleuve. En aval de la confluence de la Saône, le régime du Rhône présente un minimum d'été à automne bien marqué; là aussi, c'est en été que la part de l'écoulement d'origine alpine est la plus importante, ce qui vraisemblablement empêche le fleuve d'être à sec. Les débits spécifiques du Rhône évoluent pratiquement de la même façon que ceux du Rhin, car ils dépendent eux aussi des importantes ressources en eau disponibles dans les Alpes en été. Les débits spécifiques hivernaux accusent des valeurs inférieures dans le cours supérieur du fleuve, ce qui indique un écoulement réduit durant la constitution des réserves de neige et de glace. Dans le cas du Rhin, la transition de la dominance estivale à la dominance hivernale de la genèse de l'écoulement est plus ou moins progressive, mais, dans le cas du Rhône, on peut clairement établir que cette transition a lieu à la confluence de la Saône.

Pô

Les écoulements du Pô subissent l'influence conjuguée des Alpes, de l'Appenin et du climat de plus en plus méditerranéen vers le sud. Le régime du Pô, manifestation alpine au début (Crissolo), évolue peu à peu en un régime méditerranéen à maxima de printemps et d'automne caractéristiques. Des affluents importants originaires de la région alpine (Dora Baltea, Tessin, Adda, Oglio et Mincio) continuent cependant de contribuer grandement à l'écoulement du fleuve durant les mois d'été; sans ces apports, le minimum de fin d'été du Pô serait davantage marqué et son régime globalement moins équilibré, comme le montre plus en détail l'évolution des débits spécifiques. La figure montre que l'influence directe des Alpes diminue relativement vite en été; les hauts débits spécifiques estivaux des affluents alpins sont cependant très importants pour l'avant-pays et soulignent une fois de plus la fonction de château d'eau des Alpes.

Danube

Dans son cours supérieur (Ingolstadt), le Danube présente en moyenne pluriannuelle le régime équilibré d'un fleuve de moyennes montagnes sans minima ni maxima marqués. Sur ce tronçon, l'influence des Alpes se limite à des affluents alpins (Iller, Lech et Isar). Quelques affluents subalpins (Naab, Regen) sont d'importance secondaire. Ce n'est que lorsqu'il rencontre l'Inn (Passau-Ilzstadt) que le Danube prend le caractère d'un fleuve alpin, marqué par un maximum d'été. Avec la Drave vient s'ajouter un nouvel affluent de caractère alpin; sinon, les affluents subalpins reportent l'écoulement maximum du Danube de l'été au printemps. C'est à la fin de l'été que la part des écoulements d'origine alpine est la plus importante, lorsque les débits des affluents subalpins diminuent et que les réserves de neige et de glace n'ont pas encore commencé à se constituer dans les Alpes.

Importance des Alpes et des autres montagnes

L'importance hydrologique extraordinaire des Alpes apparaît lorsqu'on compare les parts d'écoulement que laisserait prévoir la surface des bassins versants à celles observées en réalité (tab. 3).

Les régions alpines du bassin rhénan livrent, avec un apport moyen à l'écoulement total de 34 %, 2.3 fois plus d'eau que le laisserait prévoir la part de leur surface (disproportionnalité). Pour les quatre fleuves, cet apport est encore bien plus grand en juillet et en août. Le spectre s'étend ici de 36 % (Danube) à 80 % (Pô).

En principe, l'importance hydrologique des Alpes décrite ici s'applique aussi à d'autres régions de montagnes. Cette fonction de château d'eau des montagnes est particulièrement marquée dans les régions arides à semi-arides. En effet, dans les zones de plaine à climat sec, plus de 90 % de l'écoulement total provient des montagnes [4].

Tab. 2 **Bilans hydriques annuels moyens, 1961–1990**

	Canton d'Uri	Suisse	Europe
Précipitations [mm]	2088	1458	780
Evapotranspiration [mm]	382	469	510
Variation des réserves [mm]	-5	-2	0
Ecoulement [mm]	1711	991	270

(voir planche 6.3 et [1])

Tab. 3 **Part des Alpes à l'écoulement total**

Fleuve	Apport moyen des Alpes à l'écoulement total [%]	Part de la surface de la région alpine [%]	Disproportionnalité de la région alpine
Rhin	34	15	2.3
Rhône	41	23	1.8
Pô	53	35	1.5
Danube	26	10	2.6

Bibliographie

- [1] **Baumgartner, A., Reichel, E., Weber, G. (1983):** Der Wasserhaushalt der Alpen. Niederschlag, Verdunstung, Abfluss und Gletscherspende im Gesamtgebiet der Alpen im Jahresdurchschnitt für die Normalperiode 1931–1960, München, Wien.
- [2] **Grimm, F. (1968):** Zur Typisierung des mittleren Abflussganges in Europa. In: Freiburger Geographische Hefte 6:51–64, Freiburg i. Br.
- [3] **Kapos, V. et al. (2000):** Developing a map of the world's mountain forests. In: Price, M.F., Butt, N. (Eds.): Forests in Sustainable Mountain Development: a State of Knowledge Report for 2000. IUFRO research series 5:4–9, Wallingford.
- [4] **Viviroli, D., Weingartner, R., Messerli, B. (2003):** Assessing the hydrological significance of the world's mountains. In: Mountain Research and Development 23(1):32–40, Bern.