

6.3 Éléments du bilan hydrique naturel 1961–1990

Introduction

Le bilan hydrique décrit les caractéristiques hydrologiques des bassins versants et donne une vue d'ensemble des ressources en eau disponibles. Il se compose des éléments suivants: précipitations régionales (P), écoulement régional (R), évaporation régionale (E) et variation des réserves (δS). Dans certaines conditions hydrogéologiques, en particulier dans les régions karstiques, il faut encore tenir compte des apports et des écoulements souterrains naturels (I). L'équation du bilan hydrique s'énonce donc comme suit:

$$P = R + E + \delta S - I$$

Le bilan hydrique est directement lié aux conditions climatiques. Il existe par exemple une relation étroite entre l'évaporation et la température respectivement le rayonnement net, qui diminuent avec l'altitude, (v. planche 4.2).

Le but de cette planche est d'analyser en détail les ressources en eau de Suisse grâce à une étude du bilan hydrique différenciée dans l'espace. Dans des études antérieures consacrées au bilan hydrique de certains bassins versants [par ex. 1,3], il est apparu que le calcul du bilan comportait de grandes incertitudes; par conséquent, une analyse spatiale détaillée du bilan de toute la Suisse ne semblait pas réalisable. Pour l'étude présentée ici, les bassins fluviaux dont le bilan hydrique est examiné en détail dans la planche 6.1 ont été subdivisés en bassins pour le calcul du bilan et les premières analyses de l'écoulement ont été effectuées (planche 5.4). Celles-ci ont servi de base pour déterminer les bilans hydriques des 287 bassins pour le calcul du bilan. Pour nos analyses, nous avons choisi la période standard 1961–1990 de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et utilisé les moyennes correspondantes de cette période.

En Suisse, des réseaux de mesure relativement denses enregistrent les précipitations ainsi que l'écoulement. Cependant, la précision de ces deux éléments du bilan hydrique peut varier, surtout dans les bassins situés dans la région alpine, car les réseaux de mesure y sont généralement moins développés. Il n'existait jusqu'ici aucune information sur l'évaporation à l'échelle de la Suisse, mais, grâce aux travaux de [4], nous disposons désormais de très bonnes données sur cet élément (planche 4.1). En partant de quelques glaciers représentatifs et de la variation annuelle de leur masse [5], nous pouvons tirer des conclusions sur la variation des réserves des bassins comportant des glaciers. Finalement, il existe donc des informations sur les éléments du bilan hydrique pour la totalité des bassins pour le calcul du bilan, mais, ce qui est très important pour ce qui suit, celles-ci ne sont pas toutes de la même qualité. En regroupant ces informations, on obtient dans de nombreux bassins des résultats non plausibles. En effet, lorsqu'on calcule l'évaporation dans les bassins alpins en soustrayant l'écoulement des précipitations et en tenant compte de la variation des réserves, on obtient souvent des valeurs impossibles à expliquer physiquement. Les analyses ont montré que ces problèmes sont causés dans la plupart des cas par des imprécisions au niveau des précipitations régionales, elles-mêmes dues aux difficultés rencontrées lors de leur mesure ou des interpolations et extrapolations spatiales. Vu ces imprécisions, [2] a recommandé en 1985 déjà de considérer les précipitations dans les montagnes comme élément résiduel du bilan hydrique; concrètement, cela revient à calculer les précipitations à partir de l'écoulement, de l'évaporation et de la variation des réserves et à ne pas utiliser explicitement les données pluviométriques. C'est cette méthode qui a été adoptée pour la planche présentée ici; des étapes supplémentaires y ont été intégrées pour tester dans le contexte du bilan hydrique régional les valeurs des précipitations calculées à l'aide de cette méthode et pour éventuellement les corriger.

Méthodologie

En raison de la situation initiale que nous venons de décrire, les précipitations d'un bassin pour le calcul du bilan sont calculées à partir de l'écoulement, de l'évaporation et de la variation des réserves des glaciers. Pour des soucis de précision, il convient de porter une attention particulière aux erreurs contenues dans les données sur l'écoulement, puisqu'en Suisse, dans la plupart des bassins, c'est ce dernier qui constitue la plus grande part des précipitations calculées (v. carte sur le coefficient d'écoulement). L'évaporation atteint des valeurs bien plus basses que les précipitations et l'écoulement; ainsi, les erreurs dans les données sur l'évaporation ne se répercutent que légèrement sur le calcul des précipitations. Bien que les erreurs relatives qui apparaissent lorsqu'on estime la variation du bilan de masse des glaciers soient relativement importantes, elles n'ont, dans l'absolu, qu'une légère influence sur la précision des précipitations régionales.

Ces raisonnements au sujet des erreurs permettent de définir les exigences par rapport aux données dans les bassins pour le calcul du bilan. Pour ce faire, on utilise notamment les examens de plausibilité des données sur l'écoulement de la planche 5.4. Pour les bassins où les données sur l'écoulement sont fiables, le bilan hydrique est calculé directement et repris tel quel pour la suite des analyses. Pour les autres bassins, le bilan hydrique peut uniquement être estimé approximativement, étant donné que les données sur l'écoulement ne sont pas sûres. Il faut alors si possible effectuer un ajustement régional. On utilise pour cela des bassins versants principaux regroupant plusieurs bassins pour le calcul du bilan et pour lesquels on dispose de données fiables sur l'écoulement. Il existe au total 17 bassins de ce type. Dans quelques régions situées le long de la frontière nationale, on ne peut pas effectuer d'ajustement régional, car il n'y a pas de bassins principaux. Deux procédures sont donc envisageables:

- 1) Calcul du bilan hydrique avec ajustement régional: dans les bassins pour le calcul du bilan disposant de données fiables sur l'écoulement, tous les éléments du bilan hydrique sont repris tels quels, et donc les précipitations régionales aussi (plausibilité du bilan hydrique = 1; v. carte «Précipitations des bassins pour le calcul du bilan»). Pour les autres bassins, les précipitations régionales sont estimées à l'aide d'analyses et de modèles hydrologiques régionaux (plausibilité 2 ou 3, selon l'état des données). La somme des précipitations régionales de tous les bassins pour le calcul du bilan doit correspondre aux précipitations régionales du bassin versant principal. La compensation d'une éventuelle différence sera exclusivement effectuée pour les précipitations régionales des bassins ayant une plausibilité de 2 ou 3. Dans ces bassins, l'écoulement doit ensuite être calculé par l'intermédiaire du bilan hydrique.
- 2) Calcul du bilan hydrique sans ajustement régional: la procédure est semblable à celle décrite au point 1); cependant, dans ce cas, on ne peut pas effectuer d'ajustement régional. Cela signifie que les bilans hydriques estimés doivent être repris tels quels, car ce n'est pas possible de contrôler les données au niveau régional. Par conséquent, on ne peut pas non plus estimer la plausibilité du bilan hydrique (plausibilité = 4).

57 % des bassins pour le calcul du bilan entrent dans la classe de plausibilité 1; 16 % se trouvent dans la classe 2 et 9 % dans la classe 3. La plausibilité est inconnue (classe 4) chez 18 % des bassins. Nous obtenons finalement un système fermé pour dériver des bilans hydriques, basé sur des valeurs plausibles et procurant des bilans hydriques harmonisés au niveau régional.

Résultats

Quatre cartes représentent les éléments du bilan hydrique ainsi que le coefficient d'écoulement de tous les bassins pour le calcul du bilan. Ce sont les bassins situés au nord des Alpes entre le Grimsel et le Säntis ainsi que ceux de l'ouest du Tessin qui reçoivent le plus de précipitations. Cette répartition spatiale apparaît plus nettement encore avec l'écoulement, puisque les pertes dues à l'évaporation sont relativement limitées dans ces régions de haute altitude. Les écoulements donnés correspondent aux hauteurs naturelles des écoulements. Une correction appropriée a été apportée pour compenser l'influence de l'utilisation de l'énergie hydraulique (v. planche 5.3).

En plus de ces informations fondamentales sur le bilan hydrique, chaque carte fournit des renseignements supplémentaires: la carte des précipitations contient également des indications sur la plausibilité du bilan hydrique (v. méthodologie). La carte des écoulements indique en outre la valeur qu'atteint la variation du bilan de masse des bassins versants comportant des glaciers. A l'exception du glacier d'Aletsch (bassin 50-050), qui, en raison de sa taille, réagit avec une certaine inertie aux changements climatiques (v. planche 3.7), les bilans de masse des glaciers sont tous négatifs durant la période 1961–1990. La carte des écoulements révèle encore que des écoulements considérables se produisent sous terre, notamment dans la région des lacs de Walenstadt et de Thoun.

Le coefficient d'écoulement figurant sur la quatrième carte représente la part des précipitations qui s'écoulent en moyenne sur une longue période. A l'est de l'Oberland bernois, dans la partie supérieure du bassin de la Reuss ainsi que dans quelques autres régions des Alpes, jusqu'à 90 % des précipitations tombées s'écoulent. Cela montre bien que ces régions fournissent un apport considérable au «Château d'eau Suisse». Les coefficients d'écoulement sont moins importants à l'est et à l'ouest du Plateau ainsi que dans le nord-ouest du pays; dans ces bassins, l'évaporation atteint des valeurs élevées, alors que les précipitations sont plus limitées.

On utilise la possibilité d'agréger de nouvelles unités spatiales les bilans hydriques des bassins pour le calcul du bilan. En effet, les bilans hydriques sont indiqués pour quelques bassins versants importants, pour les cantons, mais aussi pour l'ensemble de la Suisse, et mis en parallèle. Cela permet par exemple de chiffrer l'apport d'un canton au «Château d'eau Suisse».

Par exemple, le cours supérieur du Rhône livre en moyenne 5645 millions de m³ d'eau par année au Léman (carte, point 50-5). Cela correspond à un débit moyen de 179 m³/s (tab. 1). Le cours supérieur du Rhône contribue à raison de 52.6 % (tab. 1) aux 10 732 millions de m³/a qui s'écoulent dans le Rhône à la frontière nationale (point 50-6, carte, tab. 1). Si l'on considère maintenant les parties du cours supérieur situées sur sol helvétique, on voit que celles-ci génèrent un écoulement annuel de 5575 millions de m³ (tab. 1), ce qui correspond à un apport moyen de 13.6 % à l'écoulement total d'origine suisse.

On peut maintenant faire le même type d'observations au niveau des cantons. Par exemple, le canton de St-Gall fournit 1519 millions de m³/a au débit du Rhin en amont de la confluence avec l'Aar. 823 millions de m³/a s'écoulent dans la Limmat (v. carte). Ces données sont approfondies dans le tableau 2. Le canton de St-Gall produit au total 2342 millions de m³/a, ce qui correspond à un apport de 8.8 % au débit total du Rhin à Bâle et de 5.7 % au débit total de la Suisse. Comme le montre la figure 1, les précipitations, l'écoulement, mais aussi, ce qui est intéressant, l'évaporation sont légèrement plus élevées que ce qu'on aurait pu attendre par rapport à la surface du canton de St-Gall.

Le tableau 1 indique également le bilan hydrique des divers bassins fluviaux et de l'ensemble de la Suisse. Malgré les différentes méthodes utilisées, les valeurs obtenues pour les précipitations (1458 mm), l'écoulement (991 mm) et l'évaporation (469 mm), ne diffèrent que légèrement de celles de la planche 6.1 (P: 1481 mm, R: 961 mm, E: 513 mm), qui présente le bilan hydrique de la Suisse durant la période 1961–1980.

Bibliographie

- [1] **Binggeli, V. (1974):** Hydrologische Studien im zentralen schweizerischen Alpenvorland, insbesondere im Gebiet der Langete. Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 22, Bern.
- [2] **Lang, H. (1985):** Höhenabhängigkeit der Niederschläge. In: Der Niederschlag in der Schweiz, Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 31:149–157, Bern.
- [3] **Leibundgut, Ch. (1978):** Die Berechnung der Verdunstung aus der Wasserbilanz von Einzugsgebieten. In: Die Verdunstung in der Schweiz, Beiträge zur Geologie der Schweiz – Hydrologie, Nr. 25:63–68, Bern.
- [4] **Menzel, L. (1997):** Modellierung der Evapotranspiration im System Boden-Pflanze-Atmosphäre. Zürcher Geographische Schriften, Nr. 67, Zürich.
- [5] **Müller-Lemans, H. et al. (1994):** Langjährige Massenbilanzreihen von Gletschern in der Schweiz. In: Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 30:141–160, Innsbruck.