

## Planche 6.1 Bilan hydrique des bassins fluviaux

### Introduction

Le bilan hydrique d'un bassin versant se compose des éléments suivants: précipitation (P), écoulement (R), évaporation (E) et variation de l'état des réserves (\*S). La seule de ces grandeurs qui ne peut être mesurée est l'évaporation; elle doit donc être calculée par différence:  $E = P - R \pm *S$ . Comme les variations des réserves dans le sol, dans les nappes aquifères, de même que dans la couche de neige, sont inconnues, l'évaporation ne peut cependant être déterminée de façon fiable que sur des périodes de plusieurs années.

Pour les plus grands des bassins versants de la Suisse (les bassins fluviaux), les éléments du bilan ont été déterminés sur la base des valeurs mensuelles de la période 1901-1984 [1]. Mais pour faciliter les comparaisons avec d'autres planches, toutes les valeurs moyennes figurant sur les cartes se rapportent à la période 1961-1980. Les séries chronologiques permettent de mieux situer ces moyennes par rapport aux oscillations des valeurs elles-mêmes, au cours des 80 premières années du 20<sup>ème</sup> siècle.

### Bilans régionaux

Les cartes, montrant les précipitations, les écoulements et les évaporations par bassin, donnent un aperçu de la répartition régionale de ces différents éléments du bilan, en fonction de la moyenne suisse. Les différences climatiques entre les bassins fluviaux sont ainsi clairement visibles.

La carte montrant les variations des réserves donne par contre des valeurs absolues. L'accroissement des réserves que l'on peut y noter provient principalement du bilan positif des glaciers, observé de 1965 à 1980 et, dans une plus faible mesure aussi, du remplissage de nouveaux bassins d'accumulation. Il ressort nettement des séries chronologiques présentées (figures 10 à 12), que l'accroissement moyen des réserves (+7,5 mm/a), observé pendant la période 1961-1980, n'est en aucun cas représentatif de la période 1901-1980 (-6 mm/a).

Le tableau 1 indique, pour tous les bassins figurant sur la carte, les moyennes annuelles des éléments du bilan hydrique, exprimées en millimètres par an (mm/a). Dans ces diverses présentations, les bassins restent identifiables par leur numéro d'ordre.

Le schéma du bilan hydrique de la Suisse (fig. 13) indique les valeurs moyennes des échanges, exprimées sous forme de l'épaisseur en millimètres des lames d'eau équivalent aux volumes annuels en jeu. Ainsi, un millimètre d'eau par an, se rapportant à la surface de la Suisse, équivaut à 41.3 millions de m<sup>3</sup>/a ou encore à 1.31 m<sup>3</sup>/s.

Ce sont 415 m<sup>3</sup>/s qui parviennent à la Suisse par divers cours d'eau, avant de rejoindre les fleuves et de quitter le pays. Les réserves d'eau retenues en 1980 dans les lacs naturels et artificiels, ou stockées sous forme de neige et de glace, représentaient environ 3.5 fois les précipitations annuelles.

### Variabilité temporelle

Les figures 1 à 9 représentent les séries chronologiques, ou simplement «chroniques», des valeurs prises par les éléments du bilan, entre 1905 et 1980, dans un certain nombre de bassins. Les courbes tracées représentent la suite des moyennes annuelles, lissées à l'aide d'un filtre passe-bas de Gauss, agissant sur 9 années. Sur chaque figure, pour bien montrer la variabilité des valeurs annuelles, on a indiqué au moyen de colonnes, pour l'un des trois bassins représentés, les déviations entre les valeurs elles-mêmes et les valeurs obtenues après lissage.

Les chroniques des précipitations et, parallèlement, les chroniques de l'écoulement, montrent de grandes variations au cours du temps. Une année extrêmement sèche peut succéder sans transition à une année extrêmement humide (1920/1921). En suivant ces variations tout au long de la période d'observation, on remarque des cycles d'une longueur de 6 à 11 ans, soit de 9 ans en

moyenne. Les variations sont particulièrement accentuées en Suisse méridionale, où l'on rencontre d'ailleurs aussi les plus fortes précipitations et les écoulements les plus importants. En plus de ces variations cycliques, on remarque la sécheresse des années 40. Dans toute la Suisse, les débits ont été alors très bas, par manque de précipitations. Dans les bassins les plus élevés (Rhône, Inn), le déficit de précipitations a été compensé par un apport plus élevé d'eau de fonte, venu soutenir le débit.

D'une façon générale, le volume des précipitations est resté assez stable. Du côté des débits par contre, on peut observer une tendance vers des valeurs plus basses. La cause en est un accroissement de l'évaporation. Dans les années sans sécheresse marquée, l'évaporation est directement fonction de la température. L'accroissement général de la température peut donc expliquer la tendance que l'on observe pour l'évaporation.

Une chose frappante est la faiblesse des débits du Tessin, au cours de la seconde moitié de la période d'observation. La cause en est cette fois-ci le peu de précipitations tombées sur le bassin versant.

D'une façon générale, les oscillations annuelles apparaissent exagérément grandes dans le cas de l'évaporation. Il s'agit en réalité de la dispersion des résultats, inhérente à la méthode utilisée, qui s'égalise sur plusieurs années. Cet effet provient de l'état variable des réserves en eau contenues tant dans le sol et le sous-sol que fixées sous forme de neige, juste au début de l'année hydrologique. Au début du siècle, des erreurs plus importantes qu'actuellement dans la mesure des débits, de même que dans l'estimation des variations des réserves entraînent des erreurs plus grandes également dans la détermination de l'évaporation.

Divers types de réserves se constituent ou s'épuisent au cours de l'année: lacs naturels, bassins d'accumulation artificiels, nappes aquifères, humidité du sol, couche de neige. Les variations de l'état de ces réserves se compensent et s'égalisent en grande partie au bout de quelques années. En revanche les glaciers constituent des réserves importantes qui, elles, varient au cours des années, bien que très lentement. Ces variations-là doivent donc bel et bien être prises en compte dans les bilans hydriques à long terme. Quant aux bassins d'accumulation, l'eau y atteint son niveau le plus élevé au début de l'année hydrologique et les variations, d'une année à l'autre, de l'état de cette réserve restent insignifiantes. Seul le premier remplissage d'un tel réservoir doit donc être pris en compte, comme variation de l'état des réserves.

Les figures 10 à 12 montrent, pour trois des bassins, les courbes des sommes des variations de l'état des réserves, entre 1901 et 1980. Sur ces courbes, il est possible de lire la variation totale des réserves entre deux points dans le temps.

Ce mode de représentation met bien en évidence le rôle important des glaciers en tant que réserve d'eau. Bien qu'interrompue par de courtes périodes de rétablissement, la tendance suivie en général par les glaciers en Suisse a été caractérisée par un fort recul entre 1901 et 1980, avec la fonte d'environ 25 % de leur volume primitif. La mise en eau des grands lacs d'accumulation valaisans dans les années 50 apparaît aussi nettement.

Ayant utilisé précédemment [1] une base mensuelle pour chiffrer les bilans hydriques, on était en mesure de représenter les variations saisonnières des éléments du bilan. Alors que pour les précipitations, le débit et les variations de l'état des réserves des lacs naturels et artificiels, on disposait de mesures, la répartition sur une base mensuelle de l'évaporation annuelle a exigé le recours à diverses observations, tirées de la littérature. Grâce à cette démarche, il a été possible d'estimer l'accroissement ou la diminution des réserves accumulées sous forme de neige, de glace, d'eau souterraine et d'humidité du sol. Les figures 14 à 17 montrent ces variations mensuelles moyennes ou régimes pour quatre bassins. A gauche d'un axe central, on a figuré par des bâtons rectangulaires les quantités qui sont entrées dans le bassin ou celles prélevées sur les réserves (déstockage). A droite apparaissent les volumes ayant quitté le bassin ou venus s'ajouter aux réserves (stockage). Cette façon de répartir les échanges permet de bien visualiser le bilan hydrique d'un bassin.

Comme entrées, on n'a en fait que les précipitations. Quant au déstockage, il comprend, en hiver, les prélèvements effectués dans les bassins d'accumulation et, en été, la fonte de la neige et de la glace, la consommation d'eau du sol et du sous-sol pendant la période de végétation, ainsi que l'abaissement du niveau des lacs naturels.

L'eau qui quitte le bassin le fait soit sous forme d'écoulement fluvial, soit sous forme d'évaporation. Le stockage comprend l'accumulation de neige et de glace, le remplissage des aquifères du sous-sol et l'humidification du sol en hiver, de même aussi que le stockage dans les lacs d'accumulation et dans les lacs naturels.

Si l'on considère la répartition saisonnière des fluctuations des réserves et du débit, d'abord dans le cas des bassins alpins, puis dans celui du bassin de moindre altitude de la Birse, on remarque des différences très nettes. Il faut aussi remarquer, dans le bassin du Rhône, le rôle que jouent les bassins d'accumulation, qui retiennent de l'eau en été pour la fournir en hiver (fig. 16). En exploitant ainsi la fonte estivale de la neige, on réduit les débits en été et on les soutient en hiver.

## **Bibliographie**

- [1] **Schädler, B. (1985):** Der Wasserhaushalt der Schweiz. Mitteilung der Landeshydrologie und -geologie, Nr. 6, Bern.