

## **Planche 5.3 Influence sur les cours d'eau des aménagements hydro-électriques (<sup>3</sup> 300kW) et de la régularisation des lacs**

### **Introduction**

De nombreux cours d'eau, en Suisse, subissent les influences d'aménagements hydrauliques et de constructions diverses. L'utilisation de l'énergie hydraulique, les prélèvements d'eau potable ou industrielle ainsi que la régularisation des lacs constituent les atteintes volumétriquement les plus importantes au régime des cours d'eau. Ceci ne devrait pas faire oublier pour autant les nombreuses atteintes à la qualité des eaux, dues elles aussi aux activités humaines (v. planche 7.2).

La planche que voici traite d'un aspect quantitatif de l'hydrologie, jouant un rôle particulièrement important dans ce pays: l'influence des centrales électriques sur le régime des cours d'eau. On a aussi représenté les effets de la régularisation des lacs, non seulement sur les lacs eux-mêmes mais aussi sur leurs émissaires.

### **Influence des aménagements à accumulation**

L'utilisation des forces hydrauliques dans les Alpes et les Préalpes a pris un fort essor, surtout entre 1950 et 1970. En conséquence, les débits des cours d'eau ont été de plus en plus influencés par des prélèvements et des restitutions.

Dans les lacs d'accumulation et les bassins de compensation (v. tableau), de l'eau est emmagasinée pour quelques heures, quelques jours ou même plusieurs mois. Cela se passe soit à l'intérieur d'un même bassin versant, soit grâce à un système développé de conduites d'amenée, avec de l'eau provenant de bassins versants parfois éloignés. Lors de la production d'électricité, l'eau est restituée au cours d'eau primitif ou à un autre cours d'eau, avec un certain retard.

La carte indique l'emplacement des lacs d'accumulation et bassins de compensation d'une certaine importance, en montrant schématiquement les prises d'eau et systèmes de conduites, avec la direction de l'écoulement. Il est possible ainsi de suivre le cheminement des eaux. On a aussi indiqué des systèmes d'adduction dont le but principal est l'alimentation en eau potable et qui ne servent qu'accessoirement à la production hydro-électrique. A titre d'exemple, on peut citer la conduite amenant l'eau du bassin supérieur de la Sarine jusqu'à Lausanne ainsi que le pompage d'eau du lac de Constance pour la région de Stuttgart.

On a bien fait ressortir les bassins de réception qui alimentent les accumulations annuelles du domaine alpin. En plus, on a différencié les bassins naturels alimentant les retenues (en vert), des bassins versants dont l'eau est détournée par une adduction (en jaune). A l'intérieur de ces bassins versants, les cours d'eau ne subissent en règle générale aucune influence artificielle.

Certains lacs d'accumulation peuvent recevoir, par pompage, de l'eau prélevée dans des bassins à un niveau inférieur. Il est possible alors parfois d'inverser le sens de fonctionnement - en utilisant les pompes comme turbines - sans qu'on ait pu toutefois l'indiquer sur la carte.

L'influence de l'exploitation des lacs d'accumulation sur les cours d'eau se comprend facilement quand on analyse la disposition des installations: de l'eau prélevée à haute altitude, surtout en été, est restituée en aval, à basse altitude, au cours de l'hiver. Dans le tronçon intermédiaire du cours d'eau, il ne reste en principe qu'une part réduite du débit naturel. A l'aval de la restitution, suivant la saison et le mode d'exploitation, les cours d'eau débitent parfois plus ou parfois moins d'eau qu'à l'état naturel. Ainsi en hiver, le débit aval est généralement supérieur au débit naturel, mais il peut retomber à un niveau inférieur pendant la nuit ou en fin de semaine.

Le but de la carte est avant tout de montrer dans quelle mesure les cours d'eau sont influencés par les installations hydro-électriques de 300 kW et plus. Pour cela on a figuré, selon six classes de répartition, le pourcentage du débit naturel annuel moyen qui s'écoule encore. L'influence est donc

d'autant plus forte que ce pourcentage est faible. Ainsi, les cours d'eau dont le régime est le plus fortement modifié ont en moyenne un débit qui représente moins de 20 % du débit naturel. On a mis en évidence les cours d'eau qui, pendant le semestre d'hiver, ont notablement plus d'eau qu'à l'état naturel.

Les quatre diagrammes de la figure 1 montrent la variation saisonnière du débit (régime des débits) dans l'état naturel et dans l'état influencé. A cet effet on a indiqué, pour chaque mois, les valeurs mensuelles, naturelles et influencées, par rapport aux valeurs moyennes annuelles naturelles (coefficients de Pardé, v. planche 5.2). On a choisi, à titre d'exemple, des stations représentatives parmi celles indiquées sur la carte 1:2.2 Mio. pour lesquelles existaient de longues séries de mesures de débit, faites avant et après modification artificielle du régime.

Dans les petits cours d'eau tout particulièrement, les débits restants sont soumis à de fortes variations saisonnières. Ils peuvent, sur de courtes périodes, s'écarter fortement des valeurs moyennes indiquées sur la carte car, par exemple lors de crues, les prises d'eau ne détournent qu'une partie du débit vers les lacs d'accumulation. On peut noter, au passage, que ces retenues artificielles diminuent souvent le risque de crues en aval.

L'exploitation des centrales provoque souvent, au gré de la demande momentanée de courant, de plus fortes variations des débits à l'aval du point de restitution (exploitation en éclusées), provoquant des oscillations du niveau d'eau atteignant facilement un mètre (v. fig. 2). Les tronçons de cours d'eau plus particulièrement affectés sont signalés sur la carte, selon un choix effectué au vu d'enregistrements limnographiques.

Les transferts d'eau à grande échelle, d'un bassin fluvial à l'autre (v. planche 6.1), sont indiqués sur la carte avec les débits moyens annuels correspondants. Il s'agit de débits pouvant atteindre 5% environ de l'écoulement naturel des bassins fluviaux concernés.

## Méthode

Pour calculer la fraction du débit naturel laissée dans un cours d'eau, il faudrait connaître le débit naturel ainsi que la quantité d'eau dérivée. Comme ces valeurs ne sont mesurées qu'en peu de points du réseau hydrographique, elles doivent être déterminées à l'aide de procédés appropriés.

Le débit naturel a été estimé aux points de prélèvement, en s'appuyant sur les données et les méthodes utilisées dans [1]. Ces méthodes ont été développées sur la base de mesures des débits naturels et de caractéristiques physiographiques des bassins versants (surface, altitude moyenne, couverture glaciaire, précipitations moyennes).

Les quantités d'eau prélevées par les ouvrages de dérivation ont été déterminées par calcul. La somme de ces prélèvements correspond à la quantité d'eau turbinée dans la centrale. Cette quantité d'eau peut être reconstituée à partir de la production d'électricité figurant dans [2] (production moyenne escomptée, en kWh), connaissant la chute nette (différence d'altitude entre lac d'accumulation ou bien prise d'eau et turbines, compte tenu des pertes hydrauliques). Dans la relation débit - chute nette - production de courant, il faut tenir compte du rendement total d'une installation hydro-électrique. Le calcul de ce rendement inclut les pertes inévitables dans la turbine et le générateur, lors de la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique. Dans les calculs effectués pour établir cette carte, on a admis une valeur unique du rendement, de 80 %.

Le volume turbiné étant ainsi calculé, il faut le répartir entre les souvent nombreuses prises d'eau. Ce n'est qu'alors qu'on peut calculer le pourcentage d'eau laissé dans le cours d'eau.

Il est clair que ce calcul peut être affecté d'erreurs diverses, tout particulièrement pour de petits bassins versants. Des vérifications, effectuées là où l'on dispose de mesures du débit naturel et du débit influencé, ont montré que généralement la catégorie où se situe le degré d'influence a bel et bien été déterminée correctement. La répartition en catégories implique évidemment que, dans les cas limites, ce soit parfois la catégorie voisine la plus proche qui soit en réalité la bonne.

## Influence des aménagements au fil de l'eau

Il existe aussi de nombreuses centrales électriques qui utilisent l'énergie hydraulique des cours d'eau du Plateau suisse et du Jura. On peut en gros y distinguer deux types d'installations. Dans les deux cas, un barrage sur la rivière provoque une retenue. Ces ouvrages sont représentés sur la carte, de même aussi que l'étendue approximative de la retenue vers l'amont (zone du remous). Dans les ouvrages du premier type, la salle des machines, avec les turbines, fait partie intégrante du barrage. La totalité de l'eau s'écoule tout au long du tronçon concerné. Dans l'autre type d'installation l'eau est dérivée, du barrage à l'usine, dans un bief amont et retourne au fleuve par un bief aval. Entre la prise d'eau et la restitution seul un débit résiduel subsiste dans l'ancien lit. On rencontre parfois une succession assez compliquée de prélèvements et de restitutions d'eau, comme par exemple sur le cours inférieur de l'Emme. Il n'a été possible de représenter que schématiquement de tels systèmes sur la carte.

## Influence de la régularisation des lacs

A l'exception du lac de Constance et du lac de Walenstadt, tous les lacs importants de Suisse sont régularisés. Les plus grands ont été équipés d'un barrage mobile, permettant de contrôler le niveau du lac et le débit à l'aval, tout en se conformant à certaines prescriptions (règlement de régularisation). Les lacs plus petits ont souvent un barrage fixe ou un seuil, qui exerce cependant aussi une action régulatrice sur le niveau.

La figure 3 montre clairement que, grâce à la régularisation, l'amplitude des oscillations entre niveaux maximum et minimum mensuels a diminué. De plus, l'occurrence de niveaux extrêmes, d'étiage ou de crue, est moins fréquente. La régularisation n'influence pas seulement le niveau du lac mais également, dans une moindre mesure, le débit du fleuve à l'aval. Les manoeuvres de régulation provoquent de brusques changements de niveau et de débit, bien reconnaissables sur les enregistrements.

## Bibliographie

- [1] **BWW (1968)**: Natürliche und durch Ableitungen beeinflusste Wasserführung der schweizerischen Gewässer (Stand 1.1.1967). Mitteilung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, Nr. 45, Bern.
- [2] **BWW (1973, 1990)**: Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz. Bern.