

## **Planche 7.7 Variations de la température des cours d'eau, 1976–2005**

### **Introduction**

La température de l'eau joue un rôle crucial dans la composition et l'évolution des associations biologiques aquatiques. La viabilité et l'activité biologique des organismes aquatiques dépendent autant des températures optimales que des valeurs extrêmes. Ainsi, bien des espèces ne vivent que sur certaines sections d'une rivière, en fonction de leurs préférences et de leur tolérance par rapport à des domaines de température spécifiques.

Les facteurs qui déterminent la variabilité de la température d'un cours d'eau sont la température de l'eau de source et des affluents, le bilan radiatif (v. planche 4.2), les précipitations, l'évaporation (v. planche 4.1), la condensation, les échanges thermiques avec le sous-sol et l'atmosphère ainsi que la morphologie des eaux et leur débit. Pour les cours d'eau alpins surtout, il faut ajouter l'influence de l'eau provenant de la fonte des neiges et des glaciers. Les changements climatiques et les déversements d'eau réchauffée – eau de refroidissement des centrales thermiques ou des entreprises industrielles et eaux usées traitées par exemple – contribuent eux aussi à modifier la température de l'eau [5]. La température d'origine d'un cours d'eau dépend de la température des eaux souterraines dans la région des sources, qui varie selon l'altitude.

Les variations typiques, journalières ou saisonnières, qui se superposent en partie, sont déjà commentées à la planche 7.3. La présente planche traite divers aspects à plus long terme des modifications de la température de l'eau. Elle montre entre autres l'évolution dans le temps des phases de températures élevées ainsi que la durée de la situation de stress que celles-ci peuvent représenter pour la flore et la faune. Ces informations sont données sur la carte au 1:500 000 à l'aide du nombre d'heures moyen par année pendant lesquelles l'eau atteint ou dépasse une certaine température. Ce paramètre a été relevé entre 1976 et 2005 pour un total de six périodes de cinq ans. L'exploitation statistique des valeurs journalières relevées durant les deux périodes consécutives de 1976–1987 et de 1988–2005 fait apparaître la tendance suivie par les modifications de la température depuis les années 1970. Afin que les températures mesurées par les nouvelles stations puissent aussi être comparées aux autres, on a représenté les mêmes données statistiques pour 2005.

### **Conséquences des températures élevées**

Lorsque la température de l'eau augmente, la solubilité des gaz diminue et l'eau peut absorber moins d'oxygène. Mais comme en même temps les organismes redoublent d'activité, ils ont besoin de plus d'oxygène. La demande en oxygène est alors supérieure à l'offre, ce qui provoque l'apparition de symptômes de stress chez les espèces piscicoles qui aiment le froid. Si les températures dépassent un seuil critique, les poissons appartenant à ces espèces ne peuvent survivre qu'en allant se réfugier dans des eaux plus fraîches, pour autant qu'aucun obstacle artificiel ou naturel ne les en empêche. C'est surtout la durée des situations de stress engendrées par la température qui est cruciale: plus elles durent, plus elles menacent les poissons aimant le froid. L'ampleur des domaines de température optimaux varie selon les espèces. Par exemple, des symptômes de stress peuvent s'observer chez les truites, les féras ou les ombres à partir d'environ 18 °C et des températures supérieures à 25 °C risquent déjà de leur être fatales, alors que les carpes, les perches ou les brochets supportent mieux les températures élevées. Les préférences et les limites de température des espèces piscicoles vivant dans les cours d'eau suisses ont été décrites dans [7].

L'apparition de maladies chez les poissons, comme la maladie rénale proliférative (MRP), dépend elle aussi fortement de la température. En effet, on a pu démontrer qu'une réaction pathologique du tissu rénal pouvait se développer chez les truites de rivière à des températures basses, inférieures à 15 °C environ, mais sans qu'il n'y ait aucune mortalité. Par contre, la maladie se

déclare avec des taux de mortalité élevés lorsque des agents pathogènes sont présents et que l'eau dépasse une température journalière moyenne de 15 °C durant deux semaines ou plus [3].

### Réseau de mesure, données et traitement des données

Les cartes et figures présentées ici se basent sur les données de 72 stations hydrométriques fédérales. La Confédération a considérablement développé son réseau thermométrique entre 2002 et 2004 afin de pouvoir également recueillir des informations sur les bassins versants plus petits et sur les régions alpines. Les points de mesure ne concernent que les cours d'eau. En effet, le réseau fédéral n'enregistre pas la température de l'eau des lacs, mais en observe les principaux affluents et effluents. Le réseau ainsi que la méthode de mesure sont décrits aux planches 7.1<sup>2</sup> et 7.3 ainsi qu'à titre de complément dans [5].

Les séries de mesures actuelles de 4 stations (Rhein–Diepoldsau, Rhein–Weil, Rhône–Chancy et Limmat–Baden) ont été complétées par les observations d'anciennes stations situées à proximité, aujourd'hui hors service. En règle générale, ceci a pu se faire sans corrections. Pour la conversion sur la série de données de Rhein–Diepoldsau, les valeurs reprises de la station de Rhein–Schmitter ont cependant été légèrement corrigées vers le bas [5]. Les moyennes journalières de la station d'Aare–Untersiggenthal ont été calculées à partir des données des stations d'Aare–Brugg, Reuss–Mellingen et Limmat–Baden, ce qui explique pourquoi il n'y a pas de valeurs horaires pour Untersiggenthal. Par ailleurs, comme des valeurs journalières (une valeur mesurée standardisée par jour) ont souvent été relevées avant les enregistrements en continu des données thermométriques, on a pu partiellement étendre les séries de mesures [5].

Les variables statistiques ont été calculées à l'aide des moyennes journalières. En plus de la médiane, on a calculé les quantiles à 5 % et 95 % pour représenter le domaine de variation des températures.

33 stations fournissent les moyennes journalières des deux périodes d'observation (1976–1987 et 1988–2005) et 6 autres uniquement celles de la seconde période (1988–2005). Les séries de 4 stations ne sont pas complètes (pour 1976, il manque des mesures à Rhein–Weil, pour 1976 et 1977 à Glatt–Rheinsfelden, Kleine Emme–Littau et Ticino–Riazzino), mais cela influence peu l'analyse des périodes. 31 stations fonctionnant depuis peu de temps n'indiquent que le domaine de température de l'année de référence 2005.

Le nombre d'heures avec des températures situées dans les divers domaines de valeurs a pu être calculé à long terme pour un total de 39 stations; les valeurs de près d'un quart de ces stations se situent toutes au-dessous de la limite des 15 °C. Pour saisir la fréquence des températures élevées, on a compté le nombre d'heures durant lesquelles l'eau a dépassé les 15 °C pendant chaque période de cinq ans. Les températures de 18 °C, 21 °C et 24 °C ont été choisies comme limites pour les autres classes. Seules les séries de mesures observées en continu entrent en ligne de compte pour ces analyses.

Les stations représentées aux figures 1 et 2 ont été choisies parce qu'elles livraient de longues séries de mesures, couvraient un large territoire et étaient marquées par des évolutions annuelles variées (cycle thermique).

La figure 3 et le tableau 2 regroupent toutes les stations en service en 2003 ainsi que les températures maximales qu'elles ont enregistrées. Lorsque les séries de mesures sont assez longues (10 ans ou plus), il est indiqué si de nouvelles valeurs maximales ont été mesurées l'été 2003. Cette information n'est pas donnée pour les séries de mesures plus courtes.

### Tendances à long terme, 1954–2005

Les séries chronologiques des températures de l'eau d'un choix de stations (fig. 2) révèlent une nette hausse des moyennes annuelles depuis 1954; ce réchauffement est plus important sur le Plateau (parfois jusqu'à 2 °C de plus) que dans les régions alpines. Aucune hausse notable n'est observée dans les bassins versants influencés par les glaciers, comme celui de la Lütschine (17.4 % de surface englacée). Remarquons que la hausse des températures de l'eau est

particulièrement marquée entre 1987 et 1988 [4,5]. C'est pour cela que les deux périodes de 1976–1987 et de 1988–2005 sont souvent représentées l'une en face de l'autre.

L'évolution des températures à long terme montre que la flore et la faune des cours d'eau sont obligées de s'adapter à des conditions plus chaudes. Des espèces originaires des cours inférieurs et moyens vont remonter le courant vers des zones qui jusque-là étaient encore trop froides pour elles [1]. Ainsi, la zone des truites est déjà remontée de 100 à 200 m [4].

### **Variations au cours de l'année**

Dans la période la plus récente (1988–2005), la hausse des températures au printemps se révèle plus rapide que les années précédentes; le cycle thermique fait également apparaître une prolongation de la période chaude estivale (fig. 1) [4,6]. La courbe des températures relevées dans les eaux des Préalpes est aplatie sous l'effet de l'eau de fonte.

L'élévation des températures hivernales et printanières dans les cours d'eau importants prolonge la phase de croissance de la faune et de la flore en général. Par contre, en été, ce sont les êtres vivants préférant une eau chaude qui sont avantagés [1].

### **Canicule de l'été 2003**

L'été 2003, les cours d'eau ont atteint des températures parfois extrêmes (fig. 3). Durant une assez longue période, on y a enregistré des valeurs mettant en danger la vie des espèces piscicoles aimant le froid [2]. Les eaux piscicoles du Jura et du Plateau ont été les premières concernées. On a même enregistré de nouveaux records dans les cours d'eau subalpins ayant une part englacée inférieure à 10 %, alors que la situation n'était pas problématique dans les cours d'eau alpins influencés par la fonte des neiges et des glaciers.

L'été 2006, les cours d'eau ont à nouveau atteint des températures très élevées. De nouveaux maxima ont surtout été mesurés dans les stations situées près des Alpes. Par rapport à l'été 2003, le mois de juillet 2006 était déjà très chaud, tandis qu'en août les températures sont très vite redescendues jusqu'à un bas niveau. Cela correspond aussi à l'évolution des conditions météorologiques, avec un mois de juillet extrêmement chaud et un mois d'août exceptionnellement frais. Avec le réchauffement climatique, les températures estivales extrêmes seront plus fréquentes [1].

### **Températures supérieures à 15 °C**

Entre 1976 et 2005, on constate une augmentation du nombre d'heures avec des températures relativement élevées à toutes les altitudes des stations de mesure, ce qui entraîne aussi une hausse des moyennes annuelles. Dans les eaux des Préalpes, ce sont surtout les heures avec des températures situées entre 15 °C et 18 °C qui augmentent, ce qui, pour les cours d'eau de ces régions, représente déjà des températures élevées. Dans les grands cours d'eau du Plateau, le nombre d'heures dans le domaine de température cité diminue plutôt, alors que le nombre d'heures au-dessus de 18 °C augmente le plus souvent. A ces points de mesure, le domaine intermédiaire de 15–18 °C est traversé plus rapidement au printemps et en automne, mais en revanche les températures estivales demeurent plus longtemps dans le domaine élevé (fig. 1 et [6]). Les heures avec des températures dépassant les 24 °C sont surtout enregistrées dans les rivières du Plateau, spécialement en aval des lacs. En effet, dans un lac, l'eau de surface se réchauffe très fortement en cas de situation météorologique chaude durable, et c'est cette couche d'eau chaude qui alimente ensuite l'eau de la rivière.

## Bibliographie

- [1] **Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (Hrsg.) (2007):** Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Bern.
- [2] **BUWAL, BWG, MeteoSchweiz (2004):** Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer. Schriftreihe Umwelt Nr. 369, Bern.
- [3] **Gerster, S. (2006):** PKD – Die Proliferative Nierenkrankheit. Faltblatt, Fischereiberatung (FIBER) EAWAG, Kastanienbaum.
- [4] **Hari, R.E. et al. (2006):** Consequences of climatic change for water temperature and Brown trout populations in Alpine rivers and streams. In: Global Change Biology 12:10–26, Oxford.
- [5] **Jakob, A. et al. (1996):** Temperatur in Schweizer Gewässern – Quo Vadis? In: Gas-Wasser-Abwasser 4/96:288–294, Zürich.
- [6] **Jakob, A. et al. (2002):** 30 Jahre NADUF – Eine Zwischenbilanz. In: Gas-Wasser-Abwasser 3/2002:203–208, Zürich.
- [7] **Küttel, S. et al. (2002):** Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten schweizerischer Fliessgewässer. Rhône-Thur Publikation Nr. 1, EAWAG, Kastanienbaum.