



## ETAT DE VAUD

Département de la sécurité et de l'environnement  
**Service des forêts, de la faune et de la nature**  
chemin du Marquisat 1

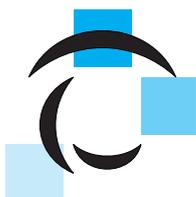
CH - 1025 ST-SULPICE



**INSPECTION DE LA PECHE**  
Tél: 021/694'82'30 Fax: 021/694 82 50

# Influence du couvert végétal sur le régime thermique de l'Orbe à la Vallée de Joux

*Version résumée du rapport de l'EAWAG "Einfluss der Beschattung auf das Temperaturregime der Orbe (Janvier 2005). Auteurs : Lorenz Moosmann, Martin Schmid, Alfred Wüest. Résumé et adaptation française : B. Büttiker*



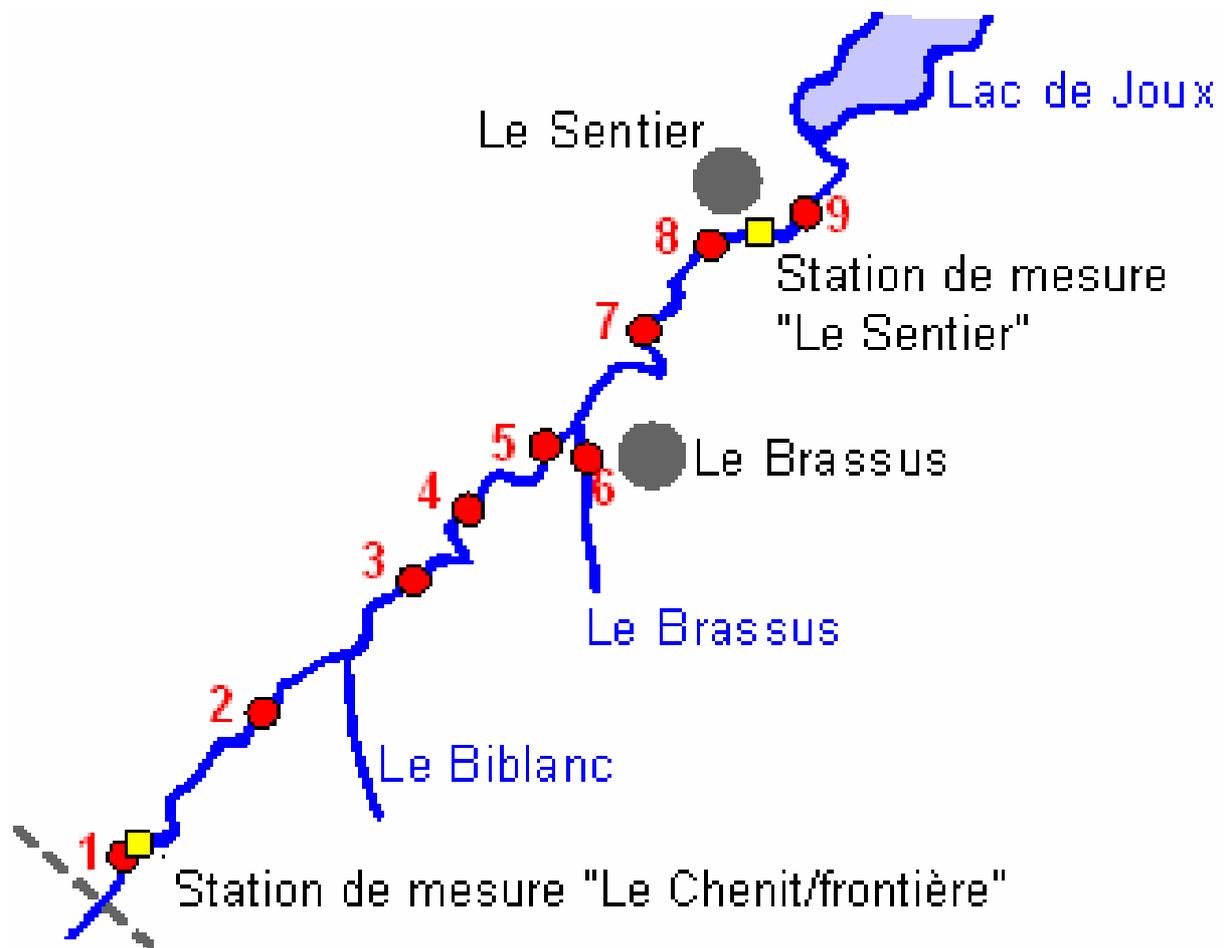
## **EAWAG**

Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung,  
Abwasserreinigung und Gewässerschutz  
6047 Kastanienbaum

## Influence du couvert végétal sur le régime thermique de l'Orbe à la Vallée de Joux

La densité du boisement des berges de l'Orbe à la Vallée de Joux est très faible. De ce fait, la température de l'eau augmente fortement pendant les mois d'été, en partie par l'effet de la radiation solaire. Pour de nombreuses espèces piscicoles, notamment l'ombre de rivière (Paquet, 2002), la température optimale est souvent dépassée de manière importante (pour la température optimale des différentes espèces piscicoles, voir tableau en annexe I).

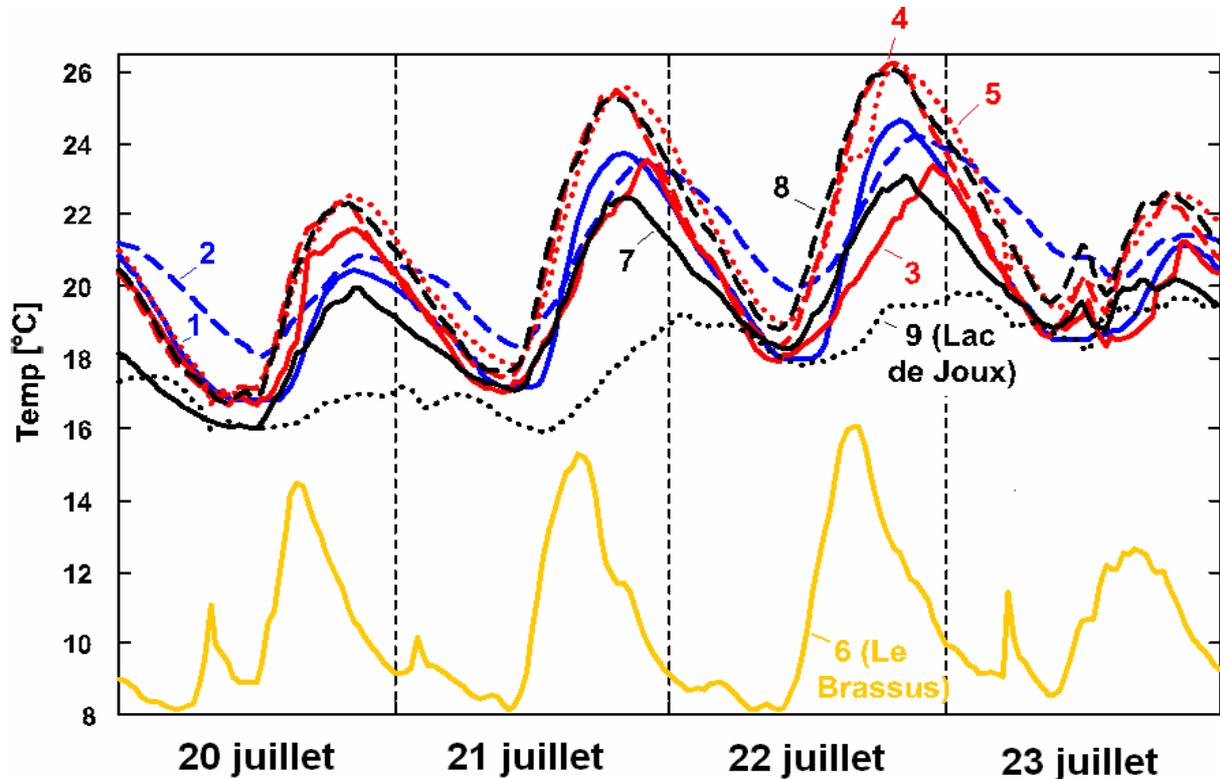
A l'aide d'un modèle numérique, les auteurs ont analysé les modifications de la température de l'Orbe qui peuvent être obtenues en créant des zones ombragées par un couvert végétal sous forme de boisements riverains. Pour y parvenir, ils ont procédé à des mesures de la température de l'eau et utilisé les données disponibles sur le débit de l'Orbe ainsi que sur les conditions météorologiques.



**Figure 1.** Emplacement des stations de mesure de la température (sondes à enregistrement en continu, numérotées de 1 à 9) et des stations de mesure du débit ("Le Chenit/frontière", station fédérale, OFEG ; "Le Sentier", station cantonale, SESA)

## Résultats de l'analyse – prédiction de l'effet de plusieurs variantes d'ombrage par couvert végétal

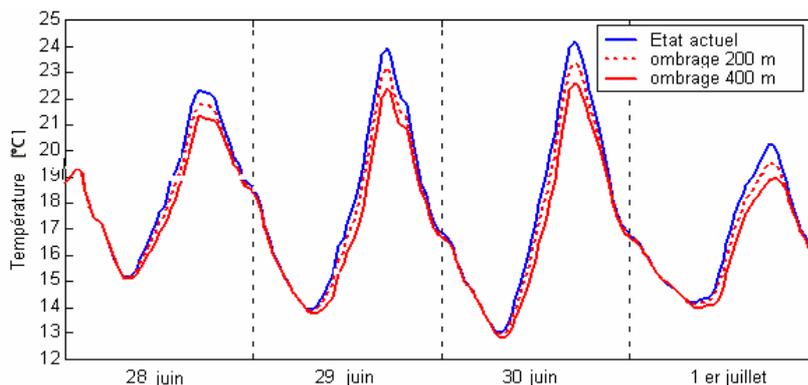
La période la plus chaude en 2003 se situait entre le 20 et le 23 juillet. Les températures mesurées durant cette période ressortent de la figure 2.



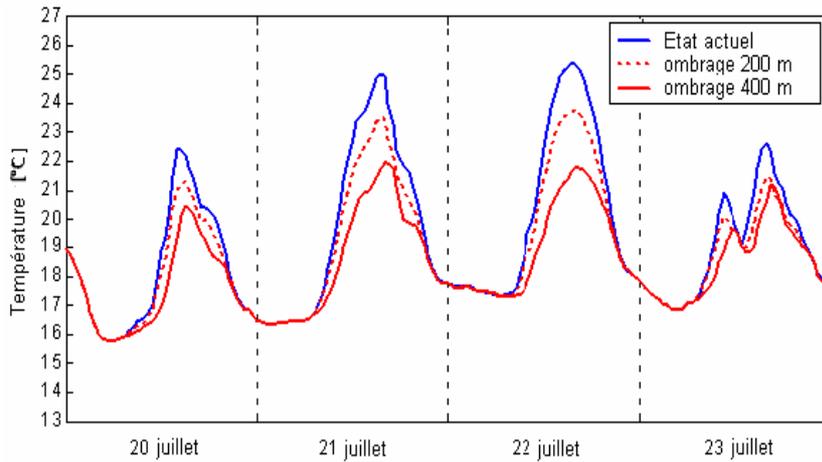
**Figure 2.** Températures mesurées du 20 au 23 juillet 2004 (période la plus chaude de l'année) par les sondes situées aux stations 1 à 9 (voir figure 1). On constate que le Brassus représente un apport d'eau fraîche.

L'analyse des données permet de formuler les conclusions suivantes :

- La création de zones ombragées de quelques centaines de mètres de longueur permettrait de diminuer la température de l'Orbe de plusieurs degrés : Par exemple, une baisse de 4°C peut être obtenue à l'étiage et lorsque la température de l'eau est la plus élevée, en créant un écran boisé de 400 m de longueur. Lorsque le débit est plus important, l'effet est moindre. Mais, dans ces conditions, la température est moins élevée qu'à l'étiage et la nécessité d'abaisser la température se fait donc moins sentir (figures 3 et 4).

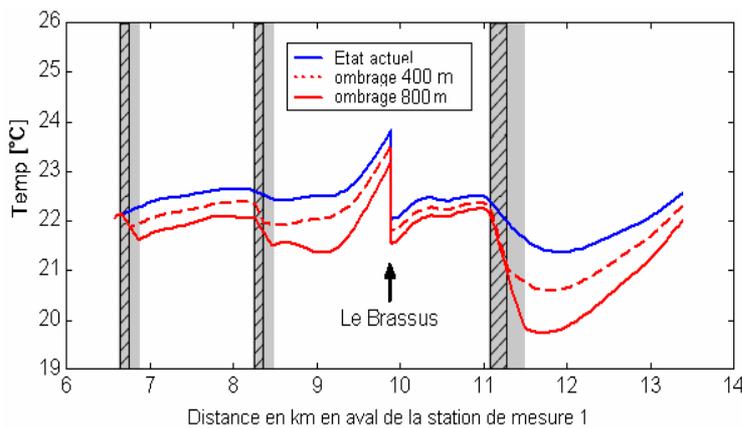


**Figure 3.** Températures estimées par simulation, avec divers scénarios d'ombrage. Période du 28 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2004. Les graphiques montrent les températures modélisées à la sortie de segments ombragés de 200 ou 400 m, ainsi qu'avec le degré de couverture végétale actuel.

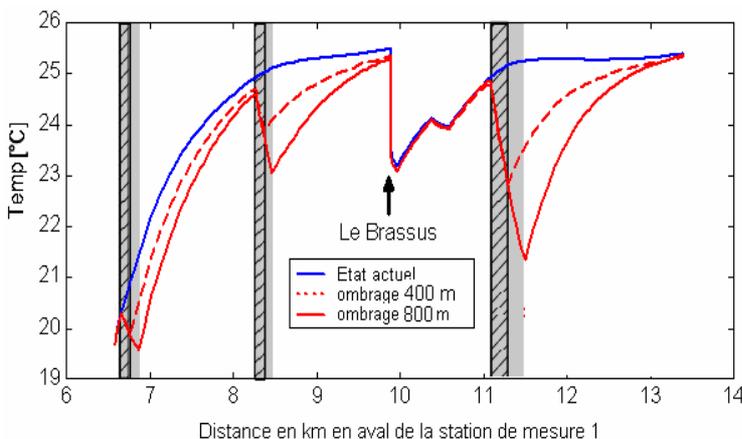


**Figure 4.** Températures estimées par simulation, avec divers scénarios d'ombrage. Période la plus chaude de l'année, du 20 au 23 juillet 2004. Les graphiques montrent les températures modélisées à la sortie de segments ombragés de 200 ou 400 m, ainsi qu'avec le degré de couverture végétale actuel.

- Quelques kilomètres en aval de la zone ombragée, la température s'approche progressivement de la valeur de référence ("état actuel" des figures 5 et 6). L'effet sur les conditions écologiques du cours d'eau sera donc le meilleur si plusieurs zones de l'ordre de 100 m sont ombragées par un écran de végétation dense, car la température sera abaissée au maximum dans ces zones. Le résultat serait moins favorable avec un ombrage partiel sur toute la longueur de l'Orbe (exemples : figures 5 et 6).



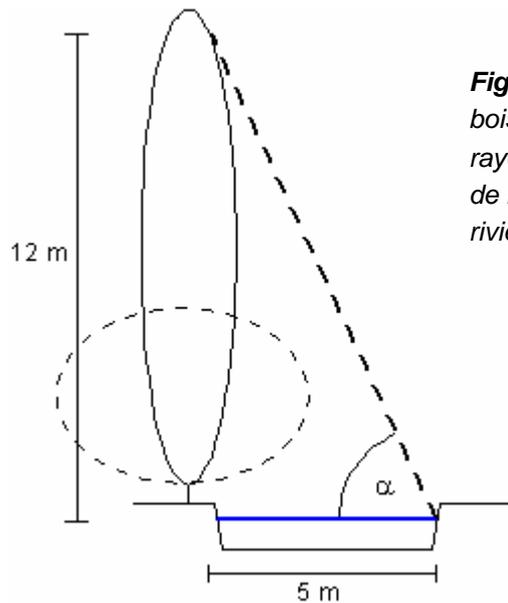
**Figure 5.** Evolution de la température le 30 juin 2004 (15:00 h) avec un couvert végétal totalisant 400 m ou 800 m. Le couvert est réparti sur 2 zones de 100 m en amont du Brassus et une zone de 200 m en aval, ou respectivement sur 2 zones de 200 m et une zone de 400 m. Les colonnes à barres obliques représentent 400 m de zones ombragées, les colonnes grises représentent 800 m de zones ombragées..



**Figure 6.** Représentation analogue à celle de la figure 5, mais pour le 22 juillet 2004 (15:00 h).

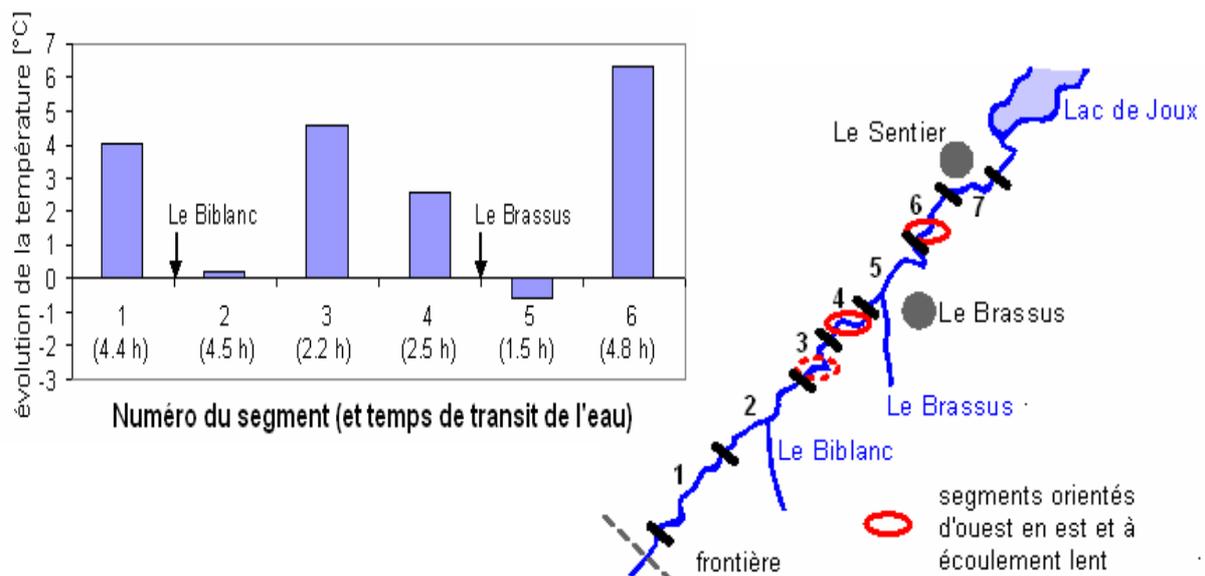
- L'effet de la végétation sur la température ne se fait sentir de manière optimale que lorsque cette végétation crée un ombrage complet (hauteur suffisante ou inclinée sur la rivière). Si la végétation est clairsemée ou moins élevée, l'effet diminue en fonction de la réduction de la surface ombragée. La représentation schématique de la figure 7 indique

que, pour obtenir un écran maximal contre l'ensoleillement pendant les périodes les plus chaudes, il est nécessaire de créer une couverture végétale de 12 m de hauteur.



**Figure 7.** Profil en travers de l'Orbe avec écran boisé. Pendant la période estivale, l'angle du rayonnement solaire est de  $67^\circ$  ( $\alpha$ ) et la hauteur de la végétation nécessaire pour ombrager la rivière sur toute sa largeur est de 12 m.

- Les critères suivants devraient être utilisés pour le choix des zones à ombrager : (a) Zones à faible vitesse d'écoulement. Le modèle donne quelques indications à ce sujet, mais la vitesse peut simplement être observée sur place. (b) Zones orientées d'ouest à est, afin d'obtenir un effet d'écran vers le sud. (c) Segments à température élevée, c'est-à-dire non situés immédiatement en dessous des apports d'eau fraîche par les affluents. (d) Zones intéressantes du point de vue de l'écologie piscicole. (e) Zones comprenant une faible densité de plantes aquatiques (suivant les objectifs recherchés).



**Figure 8.** A gauche : évolution de la température entre deux stations de mesure le 23 juillet 2004 (vers midi). A droite : Plan indiquant la situation des segments 1 à 7 ainsi que les segments qui seraient favorables à l'implantation d'un couvert boisé.

- Un suivi simple doit être envisagé pour vérifier l'effet de l'intervention. La température peut être enregistrée en continu, à faible coût, au moyen de sondes de température placées au début et à la fin des segments ombragés. L'effet de l'ombrage peut ainsi être quantifié durant les mois critiques. D'autres effets, par exemple la préférence des zones ombragées par les poissons, peuvent être constatés par un monitoring piscicole.

### **Bibliographie consultée par les auteurs du rapport original :**

- Elliott, J. M. (1981). Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. In *Stress and Fish* (A. D. Pickering, ed.), S. 209-245. Academic Press, London.
- Frey, M. (2002). Temperaturmodellierung – Auswirkungen von Kraftwerken auf das Temperaturregime in Zuflüssen der Rhône. Diplomarbeit. Rhône-Thur Publikation Nr. 2, ETH Zürich/EAWAG Kastanienbaum, <http://www.rhone-thur.eawag.ch/publikationen.html>.
- Küttel, S., A. Peter und A. Wüest (2002). Temperaturpräferenzen und -limiten von Fischarten Schweizerischer Fließgewässer. Rhône-Thur Publikation Nr 1. EAWAG, Kastanienbaum, <http://www.rhone-thur.eawag.ch/publikationen.html>.
- Kuhn, W. (1977). Berechnung der Temperatur und Verdunstung alpiner Seen auf klimatologisch-thermodynamischer Grundlage. Arbeitsbericht der SMA, 70. Schweizerische Meteorologische Anstalt, Zürich.
- Meier, W. (2002). Modellierung der Auswirkungen von Wasserkraftanlagen auf physikalische und chemische Eigenschaften von Bergbächen. Dissertation ETH Nr. 14526. Ökostrom Publikation Band 11.
- Meier W., C. Bonjour, A. Wüest and P. Reichert (2003). Modelling the effect of water diversion on the temperature of mountain streams; *J. Environmental Engineering*, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2003)129:8(755).
- Paquet, G. (2002). Biologie et écologie de l'ombre commun (*Thymallus thymallus* L.) dans l'Orbe à la Vallée de Joux, canton de Vaud, Suisse. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.
- Persat, H. (1988). De la biologie des populations de l'ombre commun *Thymallus thymallus* (L. 1758) à la dynamique des communautés dans un hydrosystème fluvial aménagé, le Haut-Rhône français. Éléments pour un changement d'échelles. Thèse d'Etat, Université Claude-Bernard, Lyon.

## Annexe I

Températures optimales et valeurs extrêmes (°C) pour quelques espèces piscicoles importantes de l'Orbe à la Vallée de Joux (Küttel et al., 2002). Il s'agit de valeurs tirées de la bibliographie, qui ne tiennent pas compte des effets de l'adaptation.

		Ombre de rivière ( <i>Thymallus thymallus</i> )	Truite de rivière ( <i>Salmo trutta</i> )	Brochet ( <i>Esox lucius</i> )	Chevaine ( <i>Leuciscus cephalus</i> )	Vairon ( <i>Phoxinus phoxinus</i> )
Oeufs	Maximum	16	14	25	30	16
	Optimum supérieur	14	9	15	24	16
	Optimum inférieur	7	1	8	16	6
	Minimum	0	0	2	16	6
Juvéniles	Maximum		28	33		23
	Optimum supérieur		14	26		
	Optimum inférieur		7	7		
	Minimum		0	3		
Adultes	Maximum	26	30	34	39	31
	Optimum supérieur	18	19	25	25	25
	Optimum inférieur	4	4	9	8	13
	Minimum	0	0	9	8	0
Reproduction	Maximum	15	13	23	18	22
	Optimum supérieur	10	10	10	18	22
	Optimum inférieur	6	1	5	13	11
	Minimum	4	1	0	13	7