

**Zeitschrift:** Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 56 (2003)  
**Heft:** 3

**Artikel:** L'écoulement des eaux du Rhône dans le lac Léman  
**Autor:** Ishiguro, Naoko / Balvay, Gérard  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-740434>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 02.05.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# L'ÉCOULEMENT DES EAUX DU RHÔNE DANS LE LAC LÉMAN

PAR

**Naoko ISHIGURO<sup>1</sup> & Gérard BALVAY<sup>2</sup>**

(Ms. reçu le 10.07.2003, accepté le 13.11.2003)

## ABSTRACT

**Water movement of the Rhône River entering Lake Geneva.** - This research contributes to understanding the movement of the Rhone inflow into Lake Geneva in summer, by field observations in July 2002. The results were, firstly, to show the Rhone entered in the thermocline, passed around the north shore of the lake by Coriolis's force, and it became clear that it reached the central level of the main basin called the "Grand Lac". Secondly, thanks to the detailed observations of CTD probe at 1 m intervals, we found that Rhone inflow was divided into two or more depths, connected with the thermal staircases in the thermocline. There is a possibility that the Upper Rhone intrusion (cold and very turbid) causes double-diffusive convection.

**Key-words:** Lake Geneva, Rhone inflow, water movements, turbidity currents.

## 1. INTRODUCTION

La réalisation de profils verticaux dans le Léman montre parfois des couches qui comportent des anomalies en divers éléments (MEYBECK *et al.*, 1991). Si on ne considère qu'un seul profil, il est impossible de connaître l'origine des masses d'eau en cause. BLANC *et al.* (1993) ont montré, d'après des mesures de température et d'oxygène sur le transect d'Evian à Lausanne, l'existence d'une masse d'eau particulière côté Lausanne vers 200 m de profondeur le 4 mars 1992.

Des études détaillées ont été menées par DOMINIK *et al.* (1983), GIOVANOLI & LAMBERT (1985), LAMBERT & GIOVANOLI (1988) et GIOVANOLI (1990) sur le comportement du Rhône. Leurs mesures en continu ont montré que le passage de courants turbides dans le canyon du Rhône est occasionnel (LAMBERT & GIOVANOLI, 1988). Par ailleurs, pour CAMPY & MEYBECK (1995) la station SHL2 au centre du Grand Lac est en partie influencée par les apports de la Dranse d'après les analyses de sédiments. En fait, il n'existe pas d'étude démontrant l'existence d'un panache du Rhône atteignant le niveau du transect Evian-SHL2-Lausanne situé à presque 20 km de l'embouchure de Rhône; les études connues sur le panache du Rhône sont limitées à proximité de l'embouchure du Rhône.

Le but premier de notre travail est donc d'étudier le comportement du panache du Rhône dans le Léman à des périodes données, en couvrant la partie amont du Grand Lac, afin de connaître :

<sup>1</sup> Département de Géographie, Université de Limoges, 87036 Limoges Cedex, France.

<sup>2</sup> INRA, 75 avenue de Corzent, BP 511, 74203 Thonon-les-Bains Cedex, France.

- le trajet et la profondeur de ce courant,
- s'il s'agit bien de l'eau du Rhône (caractéristiques physico-chimiques distinctes),
- la distance à l'embouchure où l'influence de ce courant est ressentie hors des périodes exceptionnelles (crues).

Le second objectif est de comprendre la variation saisonnière de profondeur du panache du Rhône, avec des mesures régulières.

## 2. MÉTHODOLOGIE

Pour ce premier but, nous avons effectué une campagne le 31 juillet 2002 qui a comporté 5 transects qui sont, d'amont en aval: Vevey-St-Gingolph (points 7 à 9), Rivaz-Bret (6 et 10), Cully-Meillerie (1 à 5), Lutry-Tourronde (11 et 12) et Ouchy-SHL2 (13 et 14) (Tableau I et Fig. 2).

TABLEAU I. Coordonnées des points de prélèvements du 31 juillet 2002. – Location of sampling sites on July 31, 2002.

1	N 46°25,516'	E 6°43,584'	8	N 46°25,604'	E 6°49,506'
2	N 46°26,189'	E 6°43,583'	9	N 46°24,779'	E 6°49,020'
3	N 46°26,907'	E 6°43,669'	10	N 46°25,483'	E 6°46,587'
4	N 46°27,726'	E 6°43,828'	11	N 46°28,573'	E 6°40,834'
5	N 46°28,511'	E 6°43,957'	12	N 46°29,306'	E 6°41,046'
6	N 46°28,022'	E 6°46,126'	13	N 46°29,527'	E 6°37,769'
7	N 46°26,677'	E 6°50,277'	14	N 46°28,655'	E 6°37,559'

A chaque transect nous avons réalisé un certain nombre de points d'échantillonnage à intervalles réguliers. Chacun d'eux est caractérisé par les paramètres suivants: température, teneur en oxygène dissous, conductivité, turbidité et concentration en chlorophylle *a*. Ces mesures ont été réalisées en continu avec la sonde multi-paramètres de l'INRA-Thonon (Sea & Sun Technology), tous les mètres depuis la surface jusqu'au fond du lac, pour suivre les variations de ces paramètres au long de la colonne d'eau.

Les points de prélèvement sont repérés dans l'espace à l'aide d'un GPS (*eTrex Venture de GARMIN International, Inc.*).

Pour réaliser le 2<sup>e</sup> objectif, nous avons utilisé les mesures faites en 1986 et 1987 avec la sonde multiparamètres *Meeres-technik - Elektronik GmbH*, avec une fréquence de deux semaines à un mois d'intervalle (MICHALSKI & LEMMIN, 1995; LEMMIN *et al.*, 1989), aux points indiqués dans la figure 1. Les paramètres mesurés sont la température, la conductivité et la turbidité. Nous discutons ici des résultats de la turbidité.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

En reprenant les mesures de BLANC *et al.* (1993) et en construisant les graphiques de tous les éléments mesurés, on met en évidence des caractéristiques particulières différentes de la masse d'eau environnante: teneur en oxygène et turbidité plus élevées, conductivité plus faible, température plus froide. On peut donc penser à partir de ces quatre caractères que cette masse d'eau est d'origine fluviale, donc qu'elle vient du Rhône.

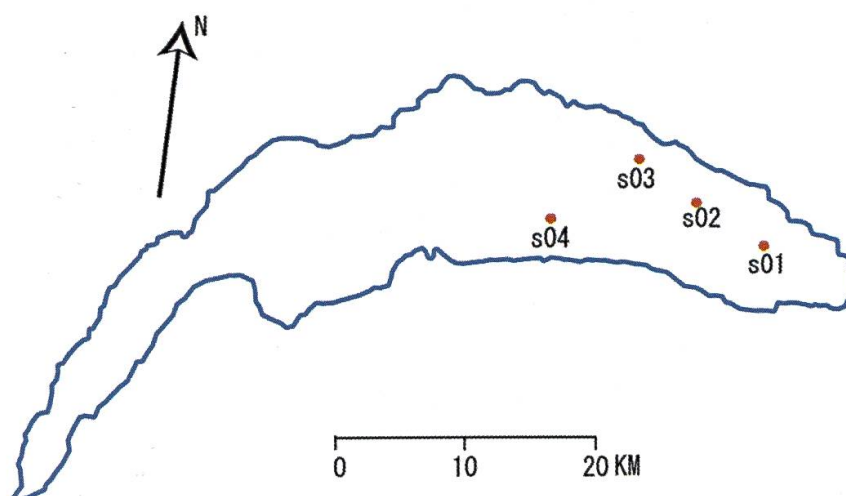


FIG. 1. Points de prélèvements de 1986 à 1987. – Location of sampling sites since 1986 to 1987.

### 3.1. Le Rhône à travers les mesures instantanées

La campagne du 31 juillet 2002 permet d'avoir une image générale de la pénétration des eaux du Rhône dans le Léman à une période donnée.

Le Rhône à la Porte du Scex pendant les jours précédant la campagne présente les caractéristiques suivantes :

TABLEAU II. Température moyenne journalière et débit du Rhône (données OFEG). – Mean water temperature and Rhone input before and during the campaign.

	Unité	27/07/2002	28/07/2002	29/07/2002	30/07/2002	31/07/2002
Température	°C	10,0	11,1	11,0	9,6	9,0
Débit	m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>	230	214	301	338	343

D'après le profil du transect Meillerie-Cully construit à partir des points 1 à 5 (Fig. 2), nous pouvons faire quelques remarques:

1) La turbidité est plus importante au nord et s'étend jusqu'au point central (point 3). L'épaisseur de la zone turbide au point 3 est plus fine (5,47 NTU au maximum) que celle du point 5, beaucoup plus épaisse et qui atteint 8,90 NTU à 15 m de profondeur.

2) La profondeur de forte turbidité (Fig. 2a) ne correspond pas tout à fait aux profondeurs de forte teneur en chlorophylle *a* (Fig. 2b). Ce qui signifie que la forte turbidité observée n'est pas due à la présence de phytoplancton. L'eau du Rhône, qui est plus turbide et moins riche en chlorophylle *a* que l'eau du lac, est arrivée vraisemblablement à cette profondeur. De plus, du point 3 au point 4, la teneur en chlorophylle *a* augmente à nouveau vers 20 m de profondeur, en dessous de la zone de pénétration du Rhône. Cela veut dire que le panache du Rhône estival peut influencer la distribution spatiale planctonique.

Nous avons trouvé la trace du Rhône jusqu'au niveau de la zone SHL2-Ouchy, le point 13 présentant une turbidité maximale de 5,696 NTU à 21 m de profondeur. Ce résultat peut conforter la possibilité d'une eau venant du Rhône trouvée par BLANC *et al.*

## a) Turbidité

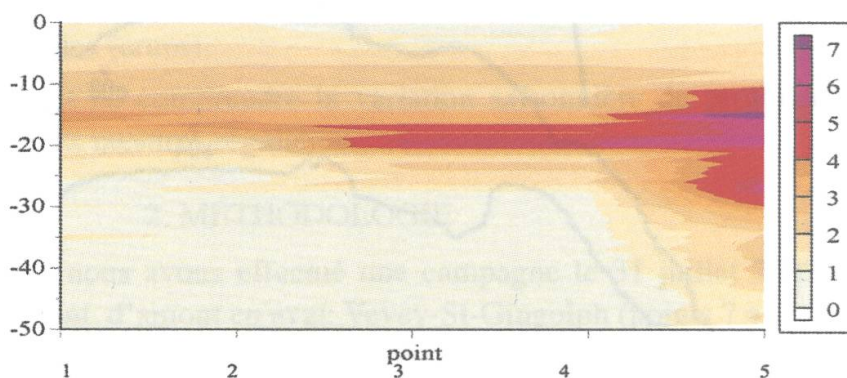
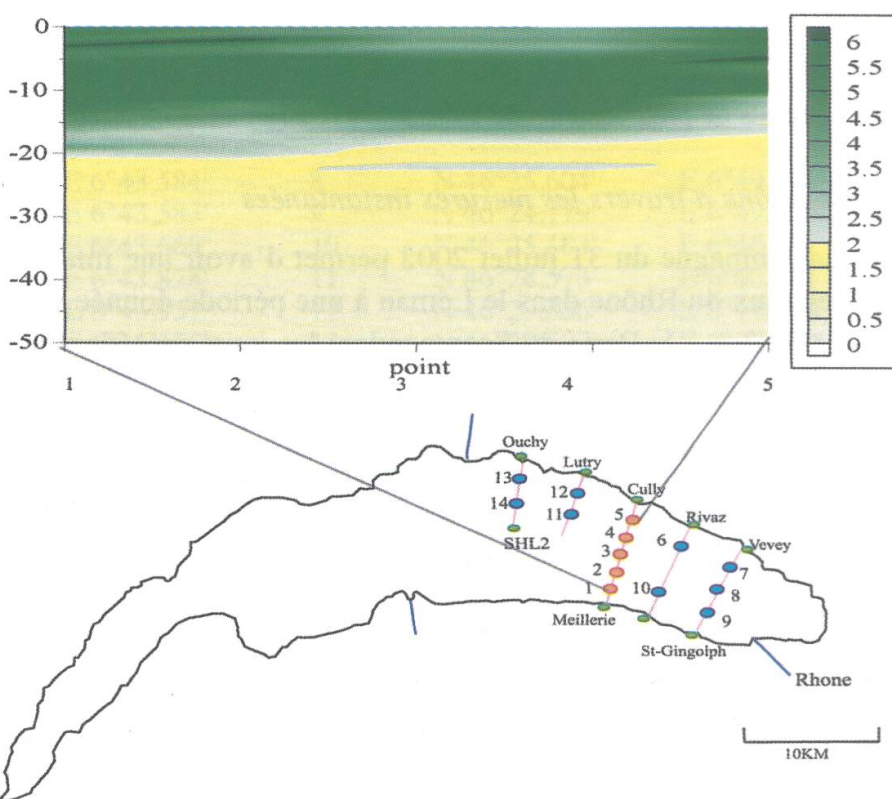
b) Chlorophylle  $a$ 

FIG. 2. Turbidité (NTU) et chlorophylle  $a$  (mg chl. $a$ /L) sur le transect Meillerie-Cully le 31 juillet 2002 (axe Y: profondeur en m). – Turbidity and chlorophyll  $a$  content along the transect Meillerie-Cully on July 31.

(1993), mais les différences de profondeur de forte turbidité sont dues à la température de l'eau du Rhône.

Nous avons également observé que l'eau du Rhône plonge à deux profondeurs différentes. La figure 3 montre clairement deux grands pics de turbidité sur un profil, mais on peut trouver deux pics de turbidité sur le profil jusqu'au point 13. Les températures au niveau de ces deux pics diffèrent de plus de 3 °C (Tableau III). Cela peut probablement être la convection «double-diffusive» qui se traduit par une température en «escaliers» (OKUBO *et al.*, 1998; ISHIGURO & OKUBO, 2003) (Fig. 3), l'écoulement du fluide résultant

des effets combinés de la gravité et de la diffusion de deux composantes avec des diffusivités moléculaires différentes (EHRENSTEIN, 1986). Mais pour avoir plus de détails il faudrait disposer de plus de mesures.

Le nanophytoplancton qui entraîne des teneurs élevées en chlorophylle *a* le 31 juillet 2002 (LEBOULANGER, 2003) ne semble pas agir sur la turbidité des eaux dans la couche supérieure à la différence des strates d'eau turbide mises en évidence entre 10 et 30 m. Cette période correspond par ailleurs à une augmentation de transparence due à la réduction numérique du nanophytoplancton en relation avec l'abondance accrue des daphnies (BALVAY, 2003).

Le tableau III indique la profondeur du maximum de turbidité et sa température aux points 8, 6, 5, 12 et 13. Pour le point 8, nous indiquons des données pour les deux pics: 8-1 pour le pic supérieur et 8-2 pour le pic inférieur (Fig. 3).

La masse d'eau turbide au point 5 à 15 m de profondeur peut être à l'origine du point 8-1; par contre celle des points 6, 12 et 13 peut être à l'origine du point 8-2 d'après la correspondance des profondeurs.

TABLEAU III. Profondeurs du maximum de la turbidité et température. – Depth of the maximum turbidity and temperature.

Point	8-1	8-2	6	5	12	13
Profondeur de turbidité max.	14	22	20	15	21	21
Température (°C)	14,87	11,70	12,45	14,0	11,88	11,11
Turbidité (NTU)	53,975	54,510	10,325	8,904	5,091	5,696

Il a semblé intéressant de comparer les valeurs de turbidité mesurées sur le profil vertical au point 5 (le plus éloigné du Rhône ayant de grandes profondeurs effectivement mesurées) avec les valeurs de turbidité prises dans le fleuve lui-même lors des jours précédant la campagne lacustre, en affectant ces dernières valeurs d'une vitesse de pénétration dans le Léman.

Sachant que la vitesse de sédimentation est telle que les particules mettent environ un mois pour atteindre le fond du lac à 300 m, nous avons réalisé ce calcul pour cette période.

Sur la figure 4, le graphique de droite représente la teneur de matières en suspension qu'aurait l'eau si le panache du Rhône arrivait jusqu'au point 5 sans mélange. Ce calcul a été réalisé avec une vitesse de sédimentation de  $10^{-4}$  m/s environ pour un limon de l'ordre de 10 micromètres d'après OKUBO (2000), soit 8 m/jour, et avec une vitesse de progression horizontale de 3,2 cm/s (LEMMIN, 1998). Ce graphique potentiel (Fig. 4 à droite) est à comparer avec les mesures effectivement réalisées au point 5 (Fig. 4 à gauche). La relation entre les deux est bonne. Les fortes concentrations potentielles de surface se retrouvent effectivement en sub-surface. Les teneurs élevées potentielles vers 100 m de profondeur existent dans la réalité. Le minimum potentiel vers 150 m correspond aussi au minimum réel. Enfin, de fortes concentrations, à la fois potentielles et mesurées, se retrouvent à de grandes profondeurs, au-dessus du fond. Ainsi, malgré quelques distorsions (dues à l'intervalle de mesures, à l'approximation de la vitesse de sédimentation et à l'assimilation de la vitesse horizontale à celle d'un courant régulier),

les nuages turbides mesurés aux différentes profondeurs du Léman sont assez bien corrélés avec les variations de la concentration en matières en suspension du Rhône.

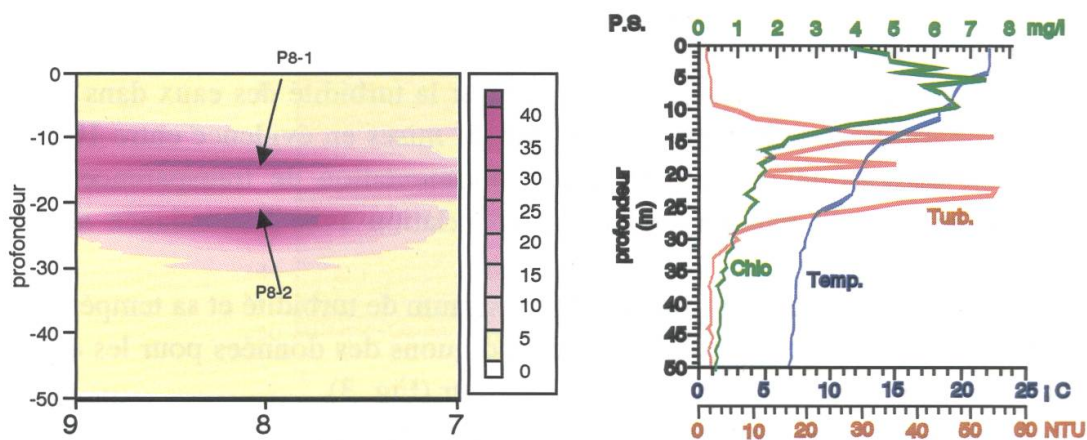


FIG. 3. Turbidité sur le transect des points 9 à 7 le 31 juillet 2002, et profil vertical de turbidité (rouge), de chlorophylle a (vert) et de température (bleu) au point 8. – Turbidity along the transect 9 to 7 on July 31, and vertical profiles of turbidity (red), chlorophyll a (green) and temperature (blue) in the sampling

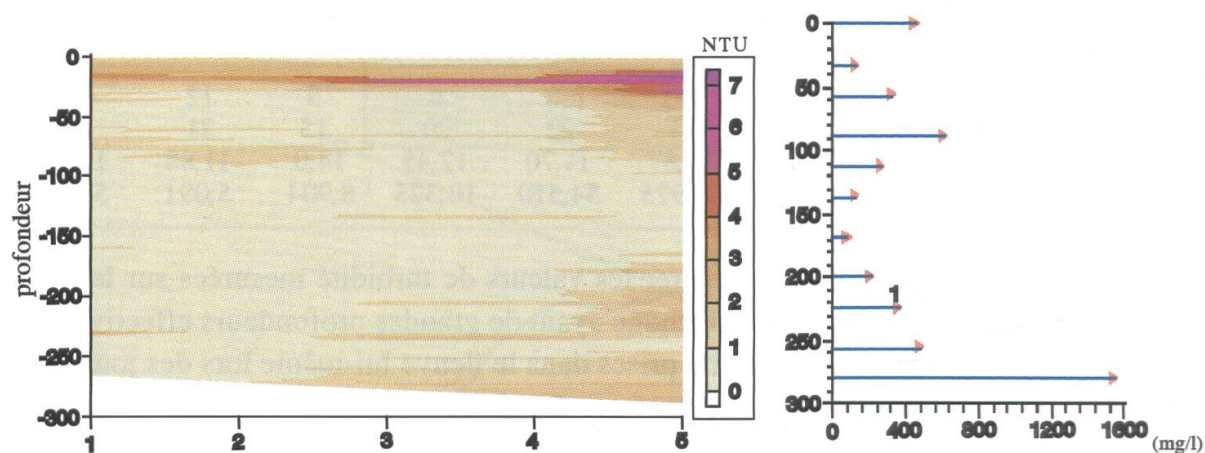


FIG. 4. Turbidité sur le transect Meillerie-Cully à toute profondeur (à gauche) et variation de la turbidité du mois de juillet exprimée en fonction de la profondeur (à droite) (vitesse de sédimentation calculée avec la valeur de  $10^{-4}$  m/s). – Turbidity along the transect Meillerie-Cully (left) and turbidity in July according to the different depths (right).

TABLEAU IV. MES du Rhône amont en juillet 2002 et profondeur calculée de sédimentation. – Suspended matter in upper Rhone in July 2002, and calculated depth for sedimentation

Dates de prélèvement des MES tot. dans le Rhône à la porte du Scex											
20/6/02	24/6/02	27/6/02	1/7/02	4/7/02	8/7/02	12/7/02	15/7/02	18/7/02	22/7/02	25/7/02	29/7/02
Teneur en MES tot. (mg/l) dans le Rhône à la Porte du Scex											
1545.1	1567.1	480	361.2	201.9	81.1	124.6	269.5	607.5	323.4	127.8	449.4
Dates d'arrivée de l'eau du Rhône au point 5 du Léman, situé à 13,59 km de l'embouchure du Rhône											
24/6/02	28/6/02	31/6/02	5/7/02	8/7/02	12/7/02	16/7/02	19/7/02	22/7/02	26/7/02	29/7/02	02/8/02
Nombre de jours de différence par rapport au 31/07/2002 (D)											
37	33	30	26	23	19	15	12	9	5	2	*

\* Le panache du Rhône n'est pas encore arrivé au point 5.

Les résultats obtenus montrent que le Rhône peut être à l'origine d'une turbidité importante dans le Léman jusqu'au niveau de Vevey. Cette même turbidité, déviée vers la côte suisse par la force de Coriolis, est observable jusqu'au niveau d'Ouchy (Fig. 5).

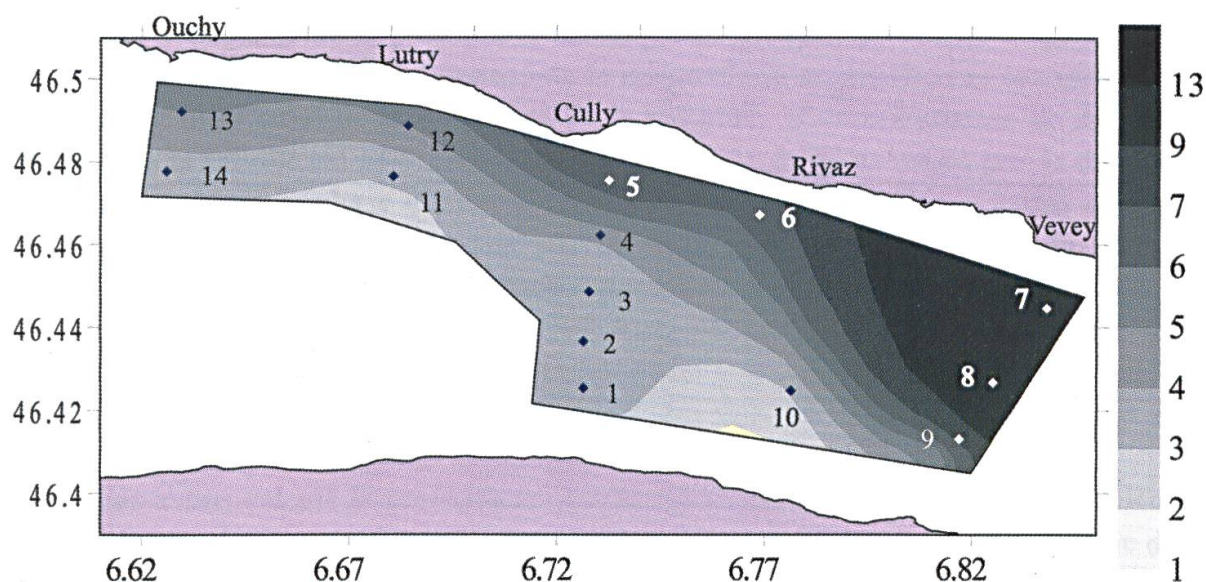


FIG. 5. Variation horizontale de la turbidité (en NTU) en zone amont du Grand Lac (axes X et Y en coordonnées de Greenwich). – Horizontal changes of the turbidity in the eastern part of the “Grand Lac” (axis X et Y in Greenwich co-ordinates).

Notre résultat de la variation horizontale ne correspond pas vraiment à celui observé par GIOVANOLI (1990) pour qui, lors de son étude, l'eau du Rhône passe beaucoup plus au sud.

En effet, cette turbidité semble évoluer tel un courant de densité. Ces différences de résultat proviennent sans doute de méthodologies différentes (points de prélèvement, matériels de mesures, réalisation du graphique au niveau de l'extrapolation, moyens d'analyse, etc.). Mais il peut y avoir aussi de véritables causes de terrain, comme l'intervention de courants internes. D'ailleurs, cette masse d'eau est peut-être aussi très mobile et il faudrait multiplier les époques de mesures pour le vérifier. A long terme, les sédiments du fond du lac sont un témoin de la distribution géographique dominante du panache du Rhône. De ce point de vue, nos résultats s'accordent bien avec les teneurs en métaux lourds mesurées par ARBOUILLE *et al.* (1989). Enfin, nos résultats confirment la complexité de la pénétration verticale du Rhône dans le lac, déjà pressentie par d'autres auteurs, et ajoutent que la masse d'eau rhodanienne pénètre la plupart du temps dans le métalimnion même si cette eau est très chargée en matière en suspension. Nous avons aussi prouvé qu'elle se conserve jusqu'au centre du Grand lac avec une assez forte turbidité.

### 3.2. Le Rhône en variation saisonnière

La figure 6 montre que la conductivité du Rhône, qui est fonction de la salinité, est inférieure à celle du Léman durant l'été.

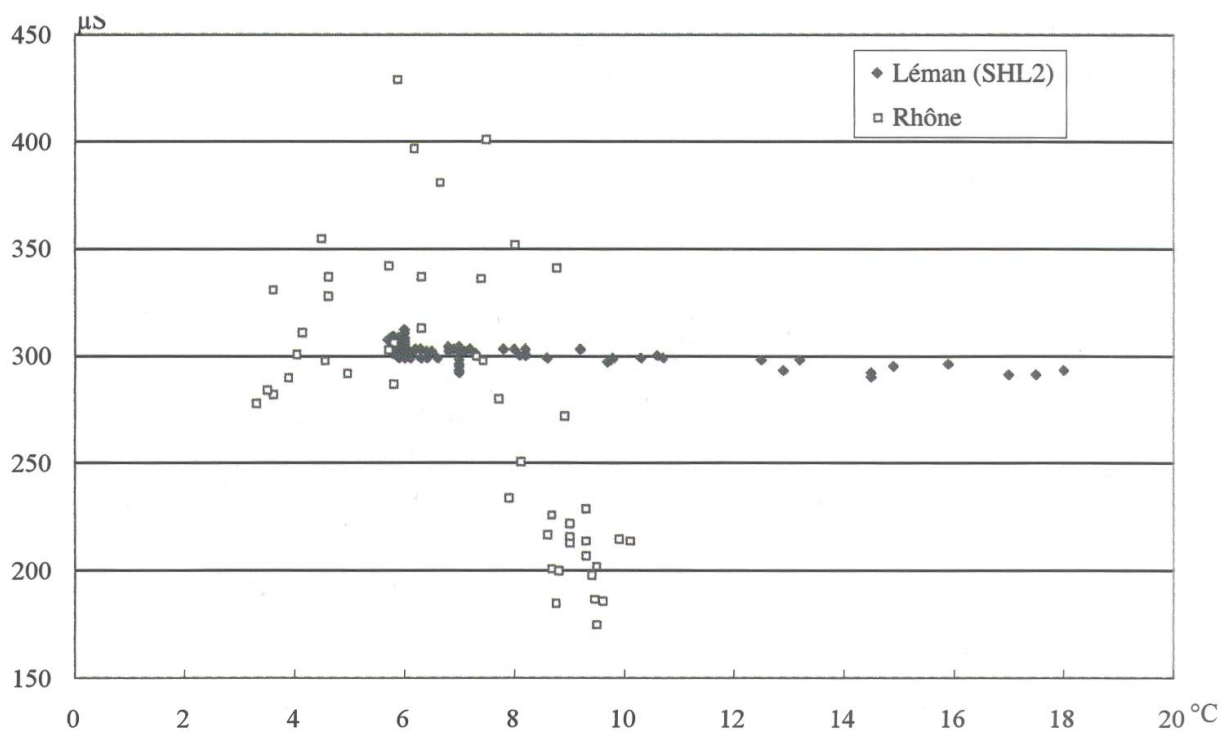


FIG. 6. Variation de conductivité du Rhône et du lac en fonction de la température en 1999. – Changes in the conductivity of water in the Rhone and in the lake in 1999.

La figure 7 montre la profondeur de plongée du panache du Rhône en fonction de la saison. En été, le Rhône plonge vers 20 m de profondeur et ce résultat correspond tout à fait à notre résultat du 31 juillet 2002.

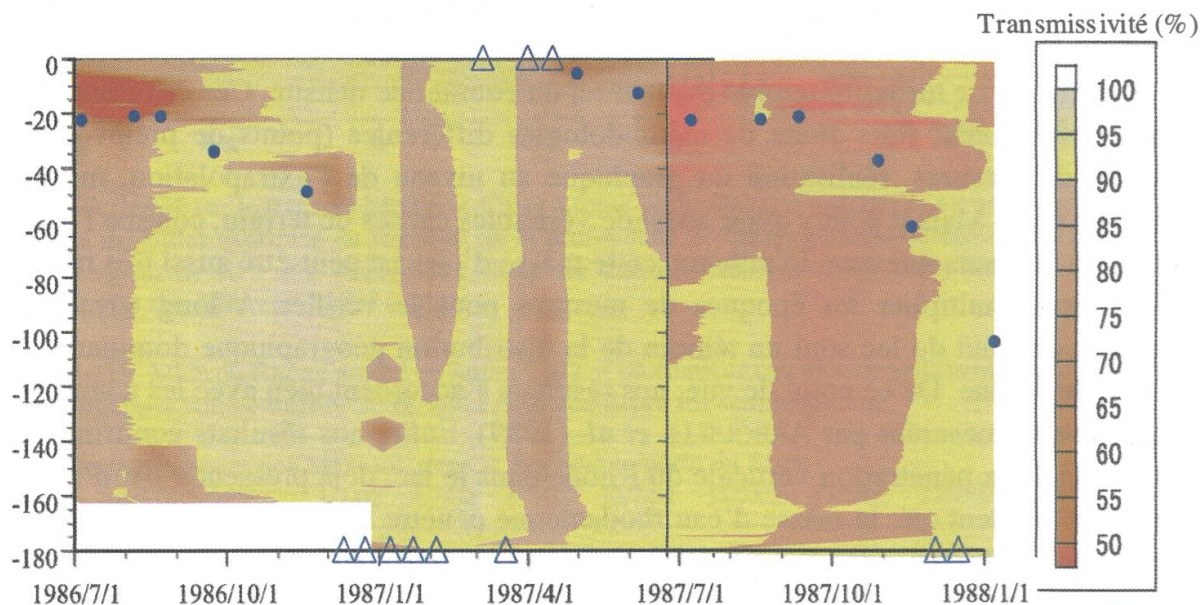


FIG. 7. Turbidité au point s01 de juillet 1986 à juillet 1987 et profondeur de l'eau du Rhône qui est à la même température que l'eau du lac (points en bleu). Les triangles indiquent les cas où l'eau du Rhône est plus dense (triangles inférieurs) ou moins dense (triangles supérieurs) que l'eau du Léman. – Turbidity in the sampling site s01 from July 1986 to July 1987 and depth on the water Rhone input which has the same temperature that the lake water (blue dots). Cases when Rhone water is more (triangles on down axis) or less dense (upper axis) than lake water.

Ce panache plonge en saison froide. Nous pouvons remarquer parfois deux pics de plongée en été et en hiver, comme ceux observés en 2002. En été, le courant du Rhône plonge dans le métalimnion avec une faible épaisseur alors qu'en hiver, il est peut-être plus épais dans l'hypolimnion.

Nous avons calculé la profondeur théorique de plongée du Rhône d'après sa température à la Porte du Scex. La densité de la masse d'eau ne dépend pas seulement de la température mais aussi de la salinité et de la turbidité. Mais la variation de densité en fonction de la salinité est négligeable dans l'eau douce. Ici nous avons pris la densité en relation avec la température qui est le facteur le plus important. Nous avons considéré que l'eau du Rhône arrive au point s01 en deux jours depuis la Porte du Scex, en employant une vitesse de 3,2 cm/s obtenue par LEMMIN (1998) au nord du point s01 aux profondeurs de 5, 16 et 17 m en août 1989, bien que la vitesse de courant change selon la profondeur et aussi selon les caractéristiques de la stratification thermique. Il ne faut pas oublier que les températures du Rhône utilisées sont des moyennes journalières alors que les profils au point s01 sont instantanés.

Nous avons calculé la profondeur croisée (profondeur où la température du Rhône et celle de s01 deviennent égales) avec une fonction qui calcule le point croisé de deux lignes de valeur numérique. Les résultats sont indiqués dans la figure 7 par des points noirs. Parfois la température du Rhône n'est retrouvée à aucune profondeur sur le profil; dans ce cas l'eau du Rhône est moins dense ou plus dense que l'eau du lac à toutes les profondeurs. Ces cas sont indiqués soit au fond soit en surface par des triangles. En été, les points sont souvent en dessous du panache. C'est ce qu'on a trouvé en juillet 2002: le Rhône reste dans la couche plus chaude, c'est-à-dire moins dense. Ce phénomène est étonnant, puisque l'eau du Rhône devrait être plus dense que celle du lac à cause de sa turbidité ; il est vraisemblablement dû au gain de chaleur lorsque l'eau du Rhône passe dans la couche superficielle du lac, plus chaude que l'eau de cet affluent.

#### 4. CONCLUSION

Notre étude est particulièrement importante sur les trois points suivants :

1) La grande superficie couverte pour apprécier l'extension de la pénétration du Rhône dans le lac. Nous avons trouvé que la trace du Rhône peut arriver jusqu'au nord de la station SHL2 située au centre du Grand Lac.

2) Grâce aux petits intervalles de mesure utilisés (moins de 1 m), nous avons montré que le flux d'entrée du Rhône se divise en deux ou plusieurs segments.

3) Les mesures inter-annuelles régulières en un point fixe permettent de comprendre les variations saisonnières du panache du Rhône qui pénètre dans le métalimnion en été et dans l'hypolimnion en hiver. En été, nous avons remarqué que l'eau du Rhône reste dans la couche lacustre plus chaude que la température initiale de l'affluent.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions U. LEMMIN (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne) pour la fourniture de données, L. TOUCHART (Université de Limoges), G. BARROIN (INRA Thonon) et P. OLIVE (Université de Paris VI) pour leurs nombreux conseils, K. OKUBO

(Université de Okayama) pour le prêt de matériel et ses judicieuses remarques. Enfin Messieurs J.P. MOILLE, J.C. HUSTACHE, P. CHIFFLET, J. LAZZAROTTO et J.P. BOSSE (INRA Thonon) pour leur aide durant les campagnes de terrain, ainsi que R. CROUZEVALLE pour la Fig. 5. Nous remercions aussi le Gouvernement français (1997-98) et la Yoshida Scholarship Foundation (2000-2003) pour leur aide financière. Ainsi que la SPHN pour la publication des planches en couleur.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARBOUILLE, D., H. HOWA, D. SPAN & J.P. VERNET, 1989. Etude générale de la pollution par les métaux et répartition des nutriments dans les sédiments du Léman. *Rapp. Comm. Internat. Prot. Eaux Léman*. CIPEL (éd.) Lausanne: 139-172.
- BALVAY, G. 2003. Evolution du zooplancton du Léman. *Rapp. Comm. Internat. Prot. Eaux Léman*. CIPEL (éd.) Lausanne: 85-97.
- BLANC, P., J. PELLETIER & J.P. MOILLE, 1993. Variabilité spatiale et temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques dans l'eau du Léman. *Rapp. Comm. Internat. Prot. Eaux Léman*. CIPEL (éd.) Lausanne: 113-162.
- CAMPY, M. & M. MEYBECK, 1995. Les sédiments lacustres. In M. Pourriot & M. Meybeck (éds). *Limnologie générale*. Masson Paris. Coll. Écol. 25: 185-226.
- DOMINIK, J. *et al.* 1983. A preliminary investigation of the Rhone river plume in eastern Lake Geneva, *J. Sed. Petrology*, 53: 159-163.
- EHRENSTEIN, U. 1986. Méthodes spectrales de résolution des équations de Stokes et de Navier-Stokes. Application à des écoulements de convection double-diffusive. Thèse Doctorat Univ. Nice, 254 pp.
- GIOVANOLI, F. 1990. Horizontal transport and sedimentation by interflows and turbidity currents in Lake Geneva. In M.M. TILZER & C. SERRUYA (eds), *Large Lakes*. Springer Verlag: 175-195.
- GIOVANOLI, F. & A. LAMBERT, 1985. Die Einsichtung der Rhone im Genfersee Ergebnisse von Strömungsmessungen im August 1985. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 47 (2): 159-178.
- ISHIGURO, N. & K. OKUBO, 2003. Double-diffusive convection and internal waves in the thermocline of Lake Geneva. *Nihon Chiri gakkai Shuki gakujutsu taikai yoshi-shu* (en japonais).
- LAMBERT, A. & F. GIOVANOLI, 1988. Records of riverbone turbidity currents and indications of slope failures in the Rhone delta of Lake Geneva. *Limnol. Oceanogr.* 33 (3): 458-468.
- LEBOULANGER, C. 2003. Dynamique de la production phytoplanctonique et de la biomasse chlorophyllienne dans le Léman. *Rapp. Comm. Internat. Prot. Eaux Léman*. CIPEL (éd.) Lausanne: 52-67.
- LEMMIN, U. 1998. Courantologie lémanique. *Archs Sci. Genève* 51 (1): 103-120.
- LEMMIN, U., C. PERRINJAQUET & W. GRAF, 1989. Etude de la variation saisonnière des phénomènes de mélange dans l'hypolimnion du Léman. *Rapp. Comm. Internat. Prot. Eaux Léman*. CIPEL (éd.) Lausanne: 89-105.
- MEYBECK, M., P. BLANC, A.E. MOULHERAC & C. CORVI, 1991. Chemical evidence of water movements in the deepest part of Lake Lemman (Lake Geneva). *Aquatic Science* 53 (4): 273-289.
- Michalski, J. & U. LEMMIN, 1995. Dynamics of vertical mixing in the hypolimnion of a deep lake: Lake Geneva. *Limnol. Oceanogr.* 40 (4): 809-816.
- OKUBO, K. 2000. Biwako no koryû. Somiya (éd). Biwako. Gihôdô: 115-124. (en japonais)
- OKUBO, K., S. NAGAI & F. OBAYASHI, 1998. On thermal staircases formed in process of multiple diffusive convection in lakes. *J. Hydrosience and Hydraulic Eng.* 16 (1): 127-136.