

# APPORTS AU LEMAN DES FORMES DISPONIBLES DU PHOSPHORE

PAR

FRANÇOIS RAPIN

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION  
DES EAUX DU LEMAN, LAUSANNE

## RESUME

*L'évolution des apports en phosphore total par les affluents principaux du Léman suit parfaitement les variations de l'hydraulicité, mettant ainsi en évidence l'importance prépondérante de l'érosion dans les apports en phosphore particulaire.*

*Il est relevé une forte décroissance (- 56 % depuis 1976) des apports en phosphore dissous, liée aux mesures d'assainissement dans le bassin versant. L'interdiction des phosphates dans les produits de lavage textiles en Suisse a permis de faire baisser les rejets des réseaux d'assainissement d'environ 40 % et cette baisse se marque très nettement dans les rivières drainant le bassin versant suisse comme le Rhône, la Venoge ou l'Aubonne.*

## 1. INTRODUCTION

Les diverses études entreprises dans le bassin lémanique par BURRUS (1984) ou FAVARGER et VERNET (1987) ont montré l'importance des différentes formes du phosphore dans les apports du Rhône. FAHRNI et RAPIN (1986) ont indiqué qu'il était indispensable de disposer d'études soignées des formes du phosphore dans les affluents et les rejets directs au lac des réseaux d'assainissement, si l'on voulait pouvoir mettre au point un modèle du cycle du phosphore dans le lac permettant de simuler les réactions de ce dernier à des variations des apports en phosphore. En 1986, TASSIN a, dans une première phase et à l'aide d'un modèle biogéochimique du cycle du phosphore, couplé à un modèle unidimensionnel thermique, montré que le lac ne semblait pas réagir directement à des variations des apports en phosphore total. Enfin, RAPIN et al. (1988) ont montré que la baisse des concentrations en phosphore dans le lac depuis 1980 était à mettre en relation avec une très nette baisse des apports en phosphore dissous par les affluents principaux; baisse liée aux efforts d'assainissement effectués sur le bassin versant par la mise en service de nombreuses stations d'épuration (STEP), par l'introduction de la déphosphatation dans celles-ci et par la suppression des phosphates dans les produits de lavage textiles en Suisse.

## 2. METHODES

Ce rapport synthétise les résultats de diverses recherches ou de programmes de surveillance effectués dans le cadre de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution ou de programmes intercantonaux suisses.

L'évolution du phosphore dans le Léman est basée sur les mesures au centre du Grand Lac à la station SHL 2 (BLANC et al., 1988).

Les apports sous formes dissoutes du phosphore sont :

- pour les affluents principaux (Rhône, Dranse, Venoge et Aubonne), obtenus à partir des analyses sur les échantillons prélevés en continu proportionnellement au débit (ORAND et COLON, 1988)
- pour les rejets des stations d'épuration, obtenus à partir des contrôles des services cantonaux ou départementaux et des mesures des gestionnaires des stations (VIOGET et al., 1988b)
- pour les déversements des réseaux d'assainissement (déversoirs d'orage), estimés à partir des résultats des études entreprises sur les réseaux Thonon-Evian (ALLAIN, 1987) et sur les réseaux Lausanne, Vevey, Montreux, Morges, Pully (VIOGET et al., 1988a).

Pour les apports en phosphore particulaire, les formes de ce phosphore ont été obtenues par la méthode de WILLIAMS et al. (1978) modifiée d'après VIEL (1983). Les formes qui peuvent être mises en évidence sont, par ordre décroissant de disponibilité potentielle vis-à-vis des végétaux :

1. phosphore particulaire inorganique non apatitique : PINA
2. phosphore particulaire organique : POP
3. phosphore particulaire apatitique : PIA

Les rivières étudiées sont :

- Rhône en 1986 et 1987 (FAVARGER et al., 1987, 1988), Venoge et Aubonne en 1986 et 1987 (ZHANG et al., 1988), Dranse en 1986 (dès décembre) et 1987.
- Pour ces quatre rivières, les valeurs 1985 (et 1986 pour la Dranse) ont été estimées à partir de régressions établies à partir des valeurs 1986 et 1987 entre le débit, les concentrations en phosphore dissous et particulaire et les formes du phosphore particulaire et ceci en fonction des saisons.

Pour les réseaux d'assainissement (stations d'épuration), les stations suivantes ont été étudiées en 1987 : Lausanne, Vevey, Pully, Rolle, Villeneuve et Sévery-Pampigny. Les valeurs relatives obtenues entre les formes du phosphore ont été extrapolées aux mesures du phosphore particulaire total de 1985 à 1987.

### 3. RESULTATS

Les apports en phosphore total des quatre principaux affluents (Rhône, Dranse, Venoge, Aubonne) ne montrent pas de tendance nette depuis 1973, si ce n'est une nette augmentation ces deux dernières années (1986-1987) (figure 1). Ces augmentations sont à mettre en relation avec l'hydraulicité du Rhône et de la Dranse, rivières pour lesquelles il a été observé de fortes crues pendant les périodes d'été. Par exemple en 1987, on peut relever pour le Rhône la crue du 25 août avec des débits de 1'010 m<sup>3</sup>/s; le maximum mesuré jusqu'à ce jour est de 1'100 m<sup>3</sup>/s en 1947. Ces crues ont entraîné de fortes quantités de matières solides en suspension et par conséquent de phosphore particulaire. Il est à relever que le phosphore particulaire dans les quatre affluents principaux représente en 1987 le 93 % du phosphore total (ORAND et COLON, 1988).

La parfaite similitude des courbes du phosphore total et du débit des affluents (figure 1) met en évidence l'importance prépondérante de l'érosion dans les apports en phosphore total.

En revanche, on relève une évolution tout à fait remarquable des apports en phosphore réactif dissous (PO<sub>4</sub>), qui pour la même période et les mêmes rivières présente une très forte décroissance. Cette diminution atteint par exemple - 56 % depuis 1976. Comme l'ont montré RAPIN et al. (1988), cette décroissance des apports en phosphore dissous est directement responsable de l'évolution à la baisse des teneurs en phosphore dans le lac ces huit dernières années.

La décroissance du phosphore réactif dissous dans les rivières depuis ces quinze dernières années est à mettre en relation avec les efforts d'assainissement effectués dans le bassin versant, par la mise en service de nombreuses stations d'épuration (STEP) et par l'introduction de la déphosphatation dans celles-ci.

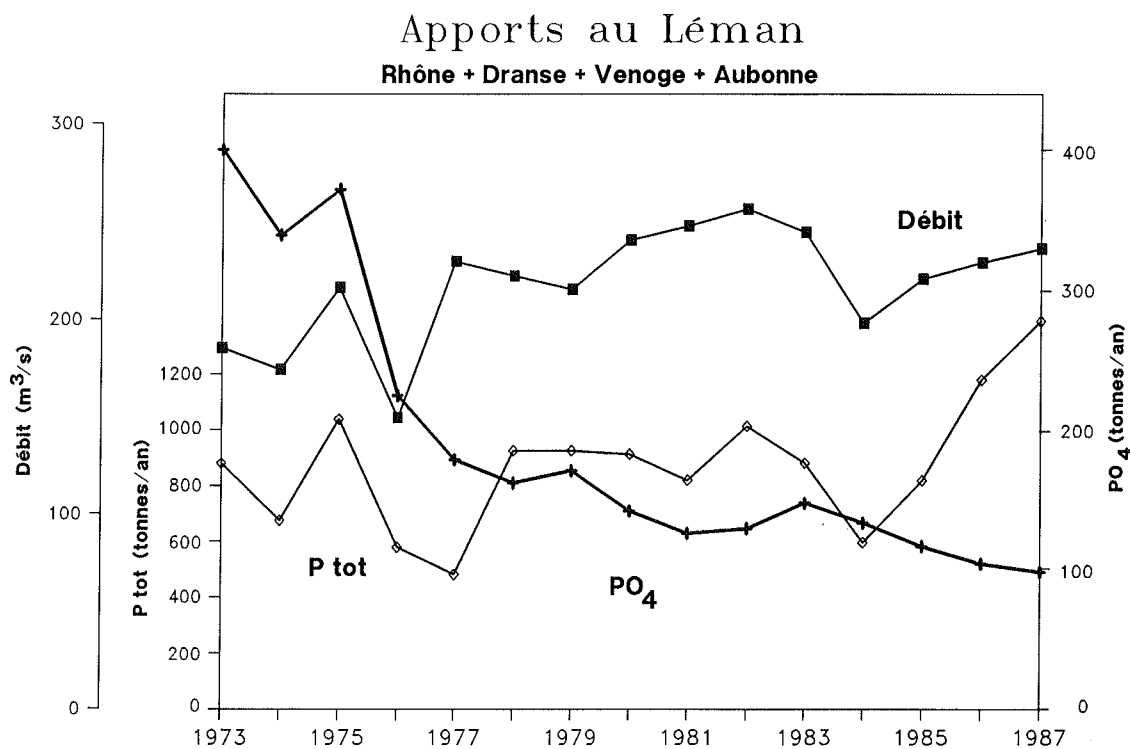


FIGURE 1 : APPORTS AU LEMAN PAR LES QUATRE AFLUENTS PRINCIPAUX

#### APPORTS PAR LES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

La mesure d'interdiction des phosphates dans les produits de lavage textiles en Suisse (1er juillet 1986), qui a fait décroître les charges en phosphore arrivant dans les stations d'épuration de près de 50 % entre 1985 et 1987 (étude sur quatre grandes STEP vaudoises - VIOGET et al., 1988b), a eu une très grande influence sur les apports au lac par les réseaux d'assainissement (déversoirs d'orage + rejets d'eaux traitées par les STEP).

Les figures 2 à 4 montrent l'évolution des rejets totaux des réseaux d'assainissement de l'ensemble du bassin versant lémanique et pour :

- phosphore réactif dissous (PO<sub>4</sub>) : forme directement disponible pour les algues (figure 2)
- phosphore réactif dissous (PO<sub>4</sub>) + phosphore particulaire inorganique non apatitique (PINA) : forme directement disponible + forme potentiellement disponible pour les algues (figure 3)
- phosphore total (figure 4)

On constate que, pour l'ensemble du bassin lémanique, les apports de ces formes du phosphore par les réseaux d'assainissement sont en baisse d'environ 40 % entre 1985 et 1987.

Pour la forme réactive dissoute (PO<sub>4</sub>) la baisse des rejets annuels entre 1985 et 1987 atteint, pour les réseaux d'assainissement rejetant dans les bassins versants des quatre rivières étudiées (Rhône, Dranse, Venoge, Aubonne), environ 27 tonnes.

**Apports de phosphore réactif dissous (PO<sub>4</sub>)  
par les stations d'épuration et les déversoirs d'orage  
dans le bassin hydrographique du Léman**

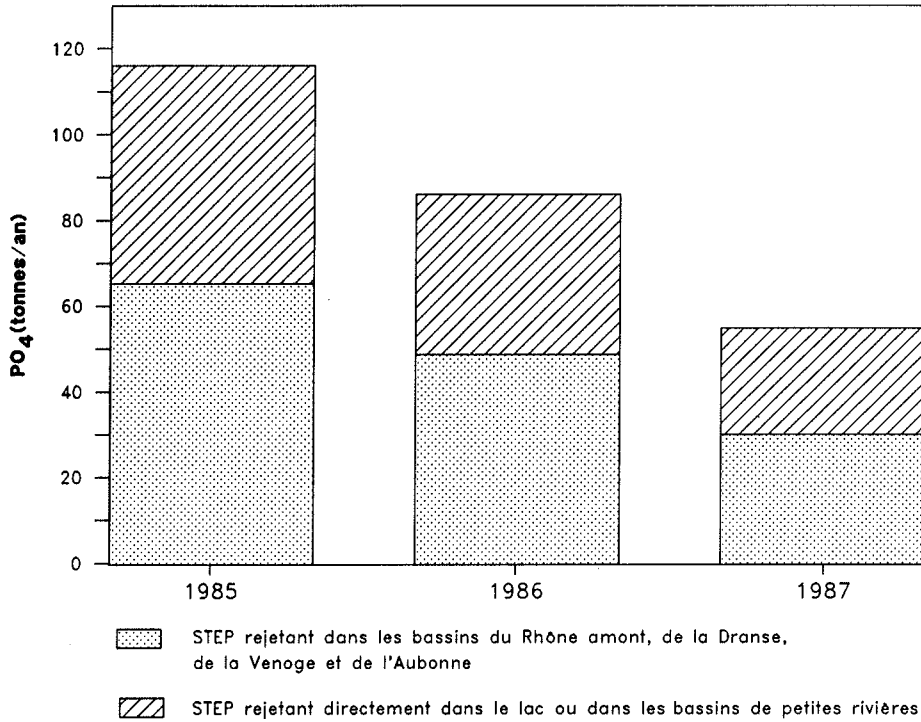


FIGURE 2

**Apports de phosphore dissous (PO<sub>4</sub>) + de phosphore particulaire inorganique non apatitique (PINA)  
par les stations d'épuration et les déversoirs d'orage  
dans le bassin hydrographique du Léman**

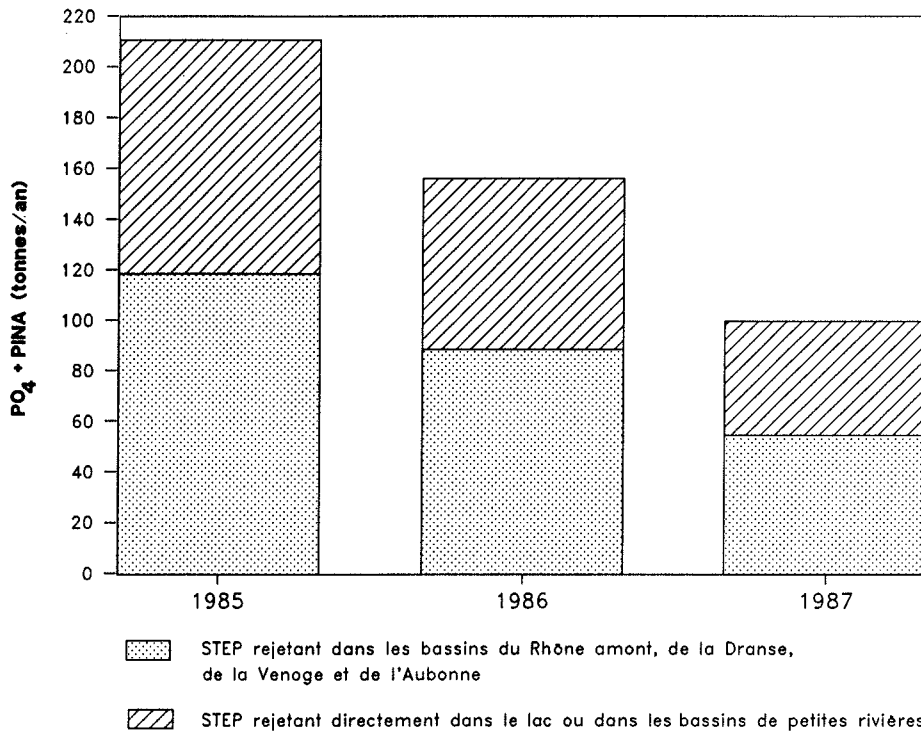
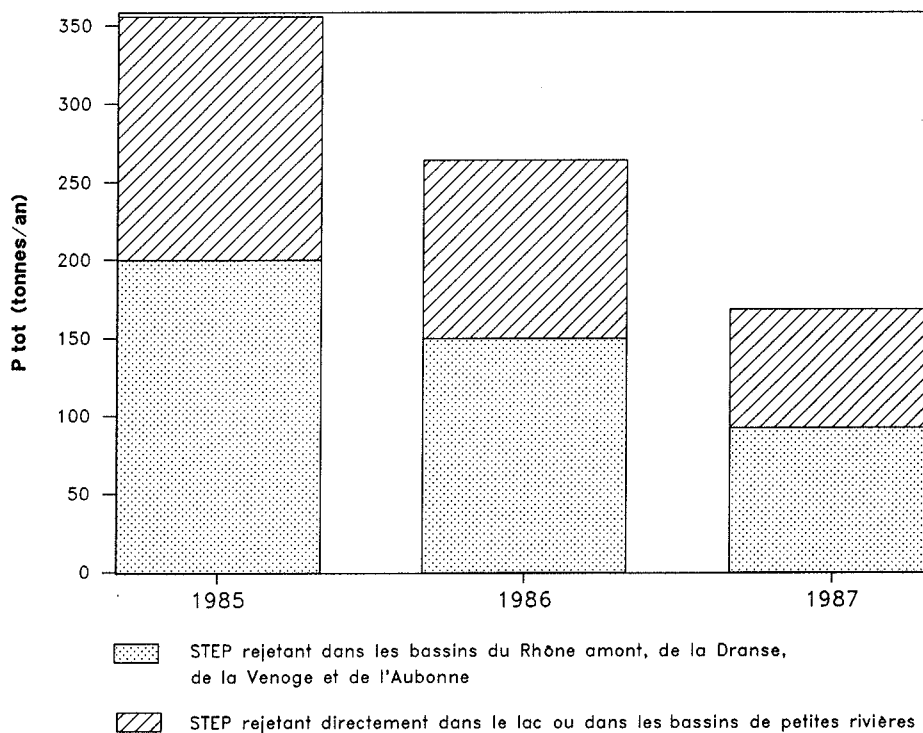


FIGURE 3

**Apports de phosphore total par les stations d'épurations  
et les déversoirs d'orage dans le bassin hydrographique  
du Léman**



**FIGURE 4**

**APPORTS PAR LES QUATRE RIVIERES PRINCIPALES**

Si l'on étudie l'évolution des apports en différentes formes du phosphore pour les quatre affluents principaux (figure 5 à 8) :

- pour les formes dissoutes ( $PO_4$ ) (figure 5), on constate une très nette baisse des apports pour le Rhône, la Venoge et l'Aubonne et une légère augmentation pour la Dranse.

Pour le Rhône, la Venoge et l'Aubonne, la baisse des apports annuels est d'environ 24 tonnes entre 1985 et 1987.

- pour les formes particulières (PINA, POP, PIA) (figures 6 à 8), on relève une augmentation nette de toutes ces formes pour le Rhône et la Dranse et au contraire une stabilité pour la Venoge et l'Aubonne.

Ce phénomène met très bien en évidence l'origine principalement érosive de ces formes particulières pour le Rhône et la Dranse, rivières alpines torrentielles pour lesquelles on a relevé de fortes crues en 1986 et 1987. La stabilité pour la Venoge et l'Aubonne provient de l'origine karstique de ces deux rivières (résurgences au pied du Jura). En effet, en cas de fortes pluies ou de la fonte des neiges, la partie des eaux sortant des résurgences est très faiblement chargée en éléments particuliers.

**Apports en phosphore réactif dissous ( $PO_4$ ) au Léman  
par le 4 affluents principaux**

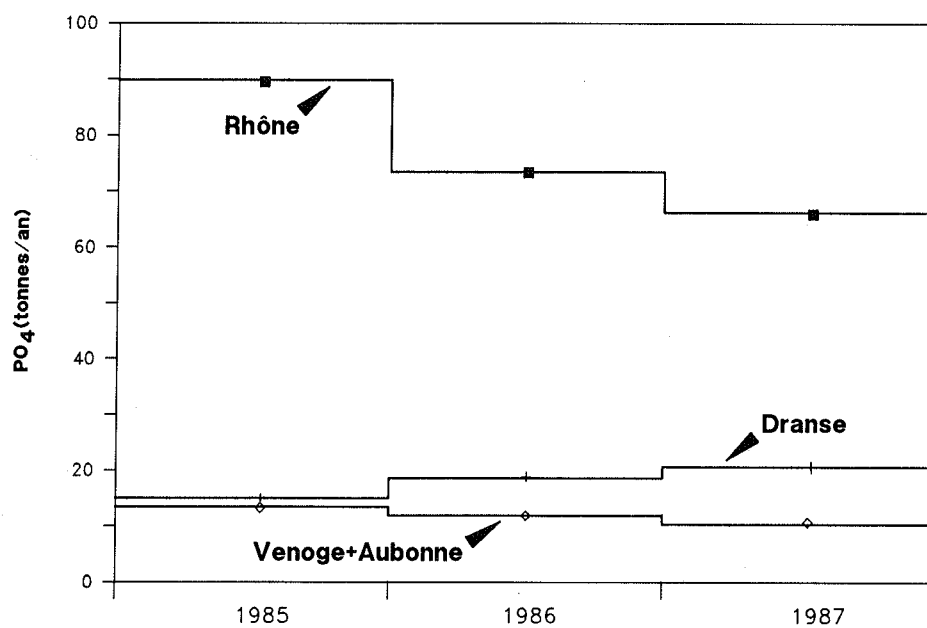


FIGURE 5

**Apports en phosphore particulaire inorganique non apatitique (PINA)  
au Léman par les 4 affluents principaux**

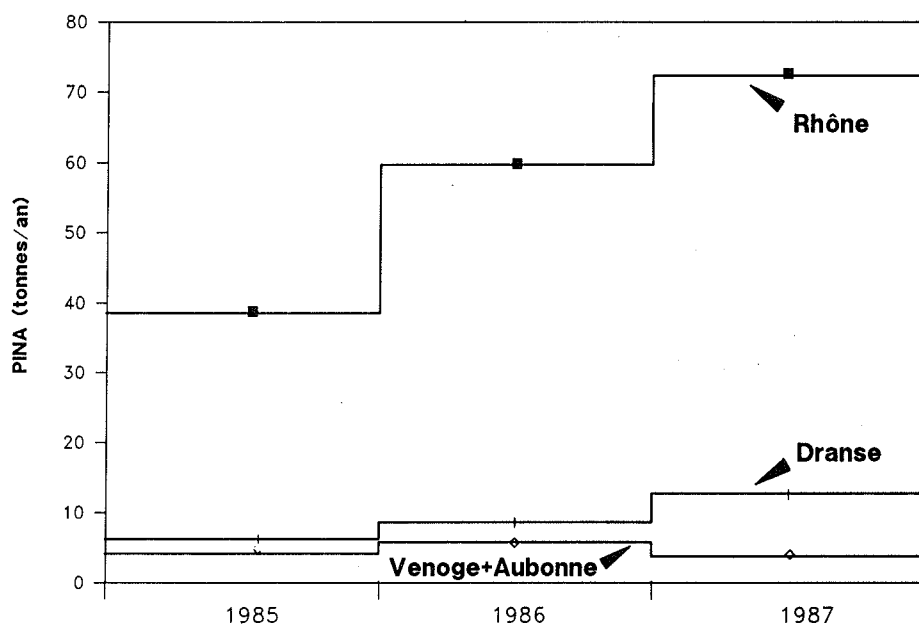


FIGURE 6

**Apports en phosphore particulaire organique (POP)  
au Léman par les 4 affluents principaux**

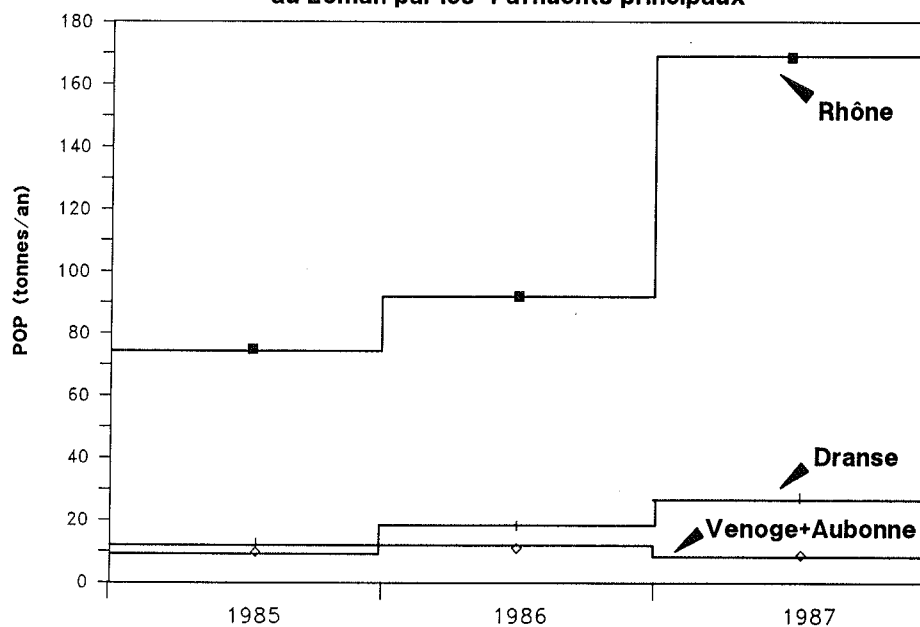


FIGURE 7

**Apports en phosphore particulaire apatitique (PIA)  
au Léman par les 4 affluents principaux**

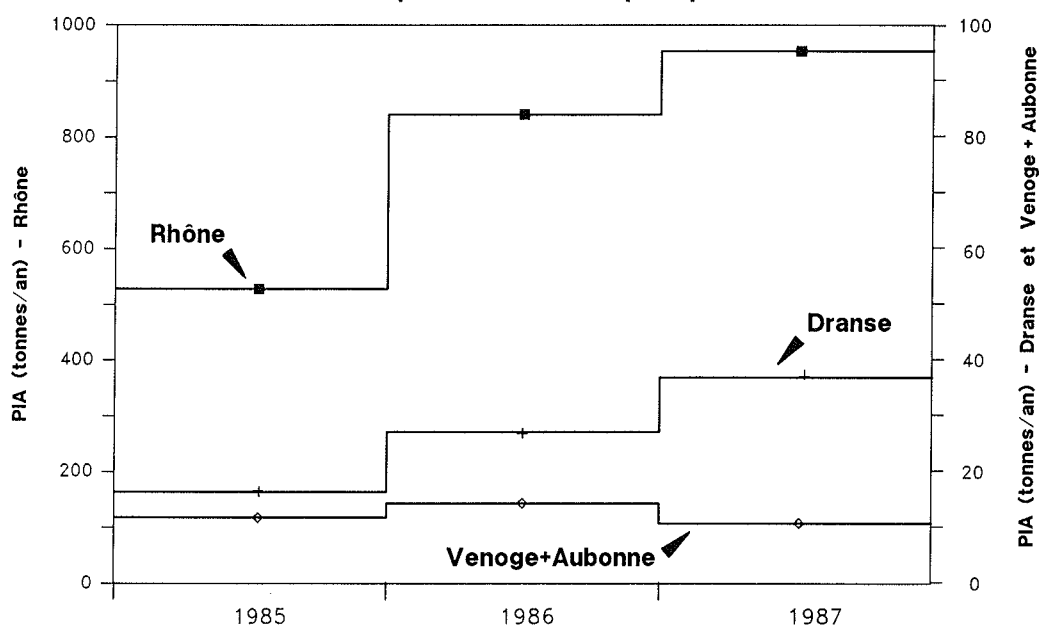


FIGURE 8

#### 4. CONCLUSIONS

L'évolution des apports en phosphore total pour les affluents principaux du Léman, dont 93 % est sous forme de phosphore particulaire en 1987, suit parfaitement les variations de l'hydraulicité. Cette similitude met bien en évidence l'importance prépondérante de l'érosion dans les apports en phosphore total. Les fortes crues de ces deux dernières années dans le Rhône et la Dranse ont apporté une grande quantité de phosphore particulaire supplémentaire.

L'augmentation de 1985 à 1987 des apports des différentes formes du phosphore particulaire (PINA, POP, PIA) par le Rhône et la Dranse montre l'origine principalement érosive pour toutes ces différentes formes; en effet, ces apports suivent bien l'hydraulicité.

Par contre, on note une forte décroissance des apports en phosphore dissous ( $PO_4$ ), cette diminution atteint - 56 % depuis 1976. Cette diminution est due aux mesures d'assainissement dans le bassin versant. Cette évolution est d'autant plus importante que le lac Léman réagit beaucoup plus aux apports en phosphore réactif dissous ( $PO_4$ ) qu'aux apports en phosphore particulaire.

L'interdiction au 1er juillet 1986 des phosphates dans les produits de lavage textiles en Suisse a provoqué une diminution d'environ 40 % des rejets par les réseaux d'assainissement qui ont passé, entre 1985 et 1987, de 356 tonnes à 210 tonnes de phosphore total pour l'ensemble du bassin versant lémanique.

Pour les formes dissoutes du phosphore ( $PO_4$ ), cette mesure d'interdiction a permis de faire baisser d'environ 27 tonnes les rejets annuels des réseaux d'assainissement dans les bassins versants des quatre principaux affluents. Pour les stations d'épuration et réseaux déversant dans les autres petites rivières ou directement au lac, la baisse est d'environ 19 tonnes, toujours pour le phosphore dissous et entre 1985 et 1987.

Cette baisse des rejets des réseaux d'assainissement se marque très bien dans les affluents drainant le bassin versant suisse (Rhône, Venoge, Aubonne), où l'on note une diminution entre 1985 et 1987 d'environ 24 tonnes des apports annuels en phosphore dissous.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLAIN, P., (1987) : Apports polluants au lac Léman en provenance des déversoirs d'orage. Etude réalisée sur les réseaux d'assainissement de Thonon-Evian. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1986, 119-133.
- BLANC, P., CORVI, C. et RAPIN, F., (1988) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987.
- BURRUS, D., (1984) : Contribution à l'étude du transport du phosphore dans le Rhône alpin. Thèse N° 2135, Fac. Sci., Univ. Genève, 100 p.
- FAHRNI, H.-P. et RAPIN, F., (1986) : Modélisation du cycle du phosphore dans le Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1985, 153-190.
- FAVARGER, P.Y. et VERNET, J.-P., (1987) : Flux particulières de quelques nutriments et métaux dans les suspensions du Rhône à la Porte du Scex. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1986, 91-96.
- FAVARGER, P.-Y. et VERNET, J.-P. (1988) : Flux particulières de quelques nutriments et métaux dans les suspensions de quatre affluents du Léman : A. Rhône à la Porte du Scex. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987.
- ORAND, A. et COLON, M., (1988) : Etude des affluents du Léman et de son émissaire. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987.
- RAPIN, F., BLANC, P. et CORVI, C., (1988) : Evolution et état de l'eutrophisation du lac Léman. In : IIème conf. int. des Limnologues d'expression française (CILEF 88), Aussois (France), mai 1988.
- TASSIN, B., (1986) : Contribution à la modélisation écologique du lac Léman : modèles physiques et biogéochimiques. Thèse Ecole nationale des Ponts et Chaussées - CERGRENE - Paris.
- VIEL, M., (1983) : Etude sédimentologique et géochimique des dépôts récents du lac Majeur. Thèse N° 2083, Fac. Sci., Univ. Genève, 129 p.
- VIOGET, P., FIAUX, J.-J. et BEE, G., (1988a) : Apports polluants au lac Léman en provenance des déversoirs d'orage. Etude réalisée sur les réseaux d'assainissement de Lausanne, Vevey, Montreux, Morges et Pully. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987.
- VIOGET, P., FIAUX, J.-J., BEE, G., RAPIN, F. et MERCIER, B., (1988b) : Contrôles des stations d'épuration. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987.
- WILLIAMS, J.D.H., JAQUET, J.-M. et VERNET, J.-P., (1978) : Influence des rejets de deux stations d'épuration sur la teneur en phosphore des sédiments côtiers du Léman. Schweiz. Z. Hydrol., 40/2, 361-373.
- ZHANG, L., GREGOR, D.J. et VERNET, J.-P., (1988) : Le flux particulière de quelques nutriments et métaux dans les suspensions de quatre affluents du Léman : B. Venoge, Aubonne et Promenthouse. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1987.