

# BILAN DES APPORTS PAR LES AFFLUENTS AU LÉMAN ET AU RHÔNE À L'AVAL DE GENÈVE

Campagne 2001

PAR

**Philippe QUETIN, Jean-Marcel DORIOZ et Jean-Paul MOILLE**

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA-UMR/CARTEL), BP 511, FR - 74203 THONON-LES-BAINS Cedex

**François RAPIN**

COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN  
CP 80, CH - 1000 LAUSANNE 12

## RÉSUMÉ

*Les apports au Léman par les rivières sont calculés à partir des analyses sur des prélèvements d'eau en continu (proportionnels aux débits) pour les quatre affluents principaux (Rhône amont, Dranse, Aubonne et Venoge) et de prélèvements sur sept affluents secondaires. Les exportations du lac sont contrôlées sur le Rhône émissaire à Genève. Enfin, les analyses sur le Rhône aval (à Chancy) et ses principaux tributaires de la région genevoise ont permis de dégager l'importance des apports du bassin versant du Rhône entre sa sortie du Léman et son entrée sur le territoire français.*

*L'année 2001 est une année de pluviométrie élevée au voisinage du Léman. Les débits moyens annuels sont supérieurs à la moyenne de la période 1981-2000.*

*En 2001, les apports en phosphore total au lac par les quatre rivières principales ont été de 1'120 tonnes. Le Rhône amont représente 93.75 % de ces apports. Les neuf rivières secondaires apportent 41.8 tonnes de phosphore total au Léman.*

*Les apports en phosphore dissous ont représenté un total de 57 tonnes, constitués pour environ 60 % par le Rhône amont (34 t), 30 % par les trois autres affluents principaux (16 t), et pour le reste par les sept affluents secondaires (8 t), dont la Versoix qui à elle seule apporte 4 tonnes. Les apports des quatre rivières principales montrent une baisse de près de 9.5 % par rapport à ceux de 2000. Les concentrations moyennes annuelles sont dans les rivières secondaires, telles que la Chamberonne (47 µgP/l), la Versoix (32.1 µgP/l) et la Morges (40.7 µgP/l) quoique encore relativement élevées, en baisse par rapport à 2000.*

*Les apports en azote minéral total par le Rhône amont représentent 64.6 % du total des apports répertoriés (quatre rivières principales et neuf rivières secondaires). Les concentrations en azote minéral total varient de 0.59 mgN/l dans la Dranse à 4.31 mgN/l dans la Morges. Une rivière principale, la Venoge, ainsi que deux rivières secondaires, la Morges et l'Eau froide dépassent la concentration moyenne annuelle de 3 mgN/l.*

*Les apports en chlorure sont toujours en augmentation avec 60'200 tonnes dans les rivières principales. Sept affluents secondaires apportent 3'150 tonnes. La concentration moyenne annuelle pondérée dans les rivières secondaires (11.4 mgCl/l) est du même ordre que celle des rivières principales (13.5 mgCl/l).*

*Les analyses effectuées sur les différentes rivières en aval du lac permettent de faire la part apportée par le bassin versant du Rhône entre sa sortie du Léman et Chancy pour les éléments chimiques tels que les nitrates, le phosphore total et le phosphore dissous. Entre le Rhône émissaire et Chancy, pour des débits multipliés par 1.42, on constate que les nitrates sont multipliés par un facteur de 2.2, le phosphore total augmente d'un facteur 2.9 et le phosphore dissous d'un facteur 5.*

## 1. GÉNÉRALITÉS

En 2001, les apports au Léman ont été mesurés sur les quatre affluents principaux, le Rhône amont à la Porte du Scex, la Dranse au pont de Vongy pour les prélèvements d'eau et au pont de Bioge pour les débits, l'Aubonne et la Venoge. Les prélèvements de la Dranse sont effectués en amont du rejet de la STEP de Thonon et de la zone industrielle de Vongy. Les exportations sont déterminées sur le Rhône à Genève. Pour ces rivières, les prélèvements sont effectués en continu et les analyses réalisées sur des échantillons proportionnels au débit.

Plusieurs affluents secondaires, tous situés sur la côte suisse, ont été suivis : la Versoix, la Promenthouse, la Dullive, la Morges, la Chamberonne, la Veveyse et l'Eau Froide. Les résultats des suivis sur les affluents secondaires font l'objet d'un paragraphe en fin de rapport. En effet, il n'est pas possible, pour l'évolution à long terme, de traiter l'ensemble des rivières car les affluents secondaires ne sont analysés, pour certains, que depuis quelques années. Par contre, compte tenu de l'importance relative des rivières secondaires par rapport aux rivières principales (le Rhône amont mis à part), nous avons inclus les apports des rivières secondaires dans les graphiques.

Les analyses sur le Rhône émissaire, le Rhône à Chancy (programme NADUF), l'Arve ainsi que l'Allondon permettent de déterminer les bilans des apports de l'agglomération genevoise.

Les prélèvements ainsi que les analyses chimiques sont effectués par les laboratoires suivants :

- Service cantonal d'hydrobiologie, Genève
- Laboratoire du Service des eaux, sols et assainissement du canton de Vaud, Epalinges
- Laboratoire du Service de la protection de l'environnement du canton du Valais, Sion
- Station d'Hydrobiologie Lacustre (INRA), Thonon-les-Bains
- Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux (EAWAG), Dübendorf, programme NADUF.

La validité des résultats est périodiquement testée par des analyses interlaboratoires organisées dans le cadre de la CIPEL auxquelles participent 20 laboratoires (STRAWCZYNSKY et al., 2002).

La plupart des analyses sont effectuées sur des échantillons d'eau filtrée (maille de 0.45 µm). Par contre, les concentrations de phosphore total, d'azote total et de carbone organique total sont déterminées sur les échantillons d'eau brute.

Le programme de surveillance de la Commission internationale comprend le suivi du Rhône amont, de la Dranse, de la Venoge, de l'Aubonne, du Rhône émissaire et de trois affluents secondaires. Toutes les autres rivières sont suivies dans le cadre de programmes cantonaux ou propres aux laboratoires.

TABLEAU 1 - Type de prélèvement

	Proportionnel au débit intégré sur 1 semaine	Proportionnel au débit sur 24 h. (1 x mois)	Instantané (1 x mois)
<b>Bassin du Léman</b>			
<b>Rhône - Porte du Scex</b>	x		
<b>Dranse</b>	x		
<b>Aubonne</b>	x		
<b>Venoge</b>	x		
Versoix			x <sup>3</sup>
Veveyse	x <sup>1</sup>		
Promenthouse	x <sup>1</sup>		
Chamberonne	x <sup>1</sup>		
Eau Froide		x	
Morges	x <sup>1</sup>		
Dullive		x	
<b>Rhône émissaire</b>	x <sup>2</sup>		
<b>Bassin du Rhône aval</b>			
Arve			x
Allondon			x
<b>Rhône à Chancy</b>	x <sup>2</sup>		

<sup>1</sup> = intégré sur une semaine, proportionnel au temps

<sup>2</sup> = intégré sur deux semaines

<sup>3</sup> = instantané 2 fois par mois

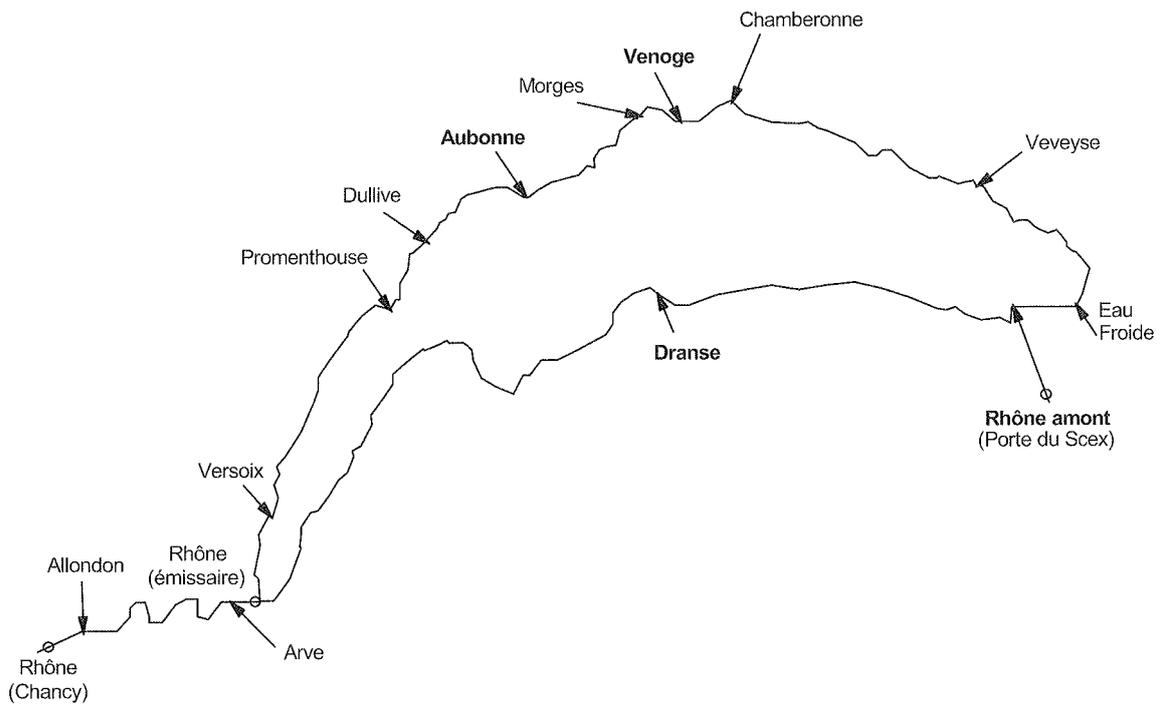


Figure 1 : Situation des diverses rivières étudiées

## 2. DÉBITS DES AFFLUENTS PRINCIPAUX ET DE L'ÉMISSAIRE (figure 2)

L'année 2001 est une année à pluviométrie élevée avec une lame d'eau précipitée au niveau du Léman de l'ordre de 1'350 mm (QUETIN et COLON, 2002). Les débits moyens des rivières principales sont en hausse par rapport à 2000, tandis que la moyenne décennale (1982-2001) ne change pratiquement pas.

TABLEAU 2 - Débits des affluents principaux et de l'émissaire (m<sup>3</sup>/s )

Année	Rhône amont	Dranse	Aubonne	Venoge	Rivières secondaires	Rhône émissaire
1982	219.0	22.7	7.0	6.1		304.0
1983	206.0	22.7	6.5	5.2		268.0
1984	160.2	19.6	5.9	5.3		221.0
1985	182.7	19.7	4.6	3.4		258.0
1986	199.1	21.4	5.3	3.9		259.1
1987	198.2	23.3	6.9	4.7		276.6
1988	206.7	22.2	6.7	5.5		278.9
1989	169.6	12.1	2.9	2.3		207.2
1990	172.2	18.3	3.7	3.0		238.6
1991	173.7	14.9	5.9	3.2	12.3	201.5
1992	178.5	21.3	7.2	4.1	16.8	224.7
1993	191.2	17.3	5.6	6.6	16.5	243.2
1994	216.4	20.5	6.1	4.5	11.7	297.4
1995	210.5	27.2	6.6	5.3	13.6	303.4
1996	147.2	15.2	4.5	3.5	9.7	192.5
1997	184.9	18.7	5.8	3.9	8.0	234.0
1998	170.5	17.2	4.9	3.3	8.0	216.3
1999	218.0	24.9	6.0	5.1	16.9	302.2
2000	189.7	19.8	6.1	4.2	10.4	246,6
2001	200.8	26.2	6.7	5.6	11.5	308.5
Moyenne	189.9	20.3	5.7	4.4	12.3	254.1

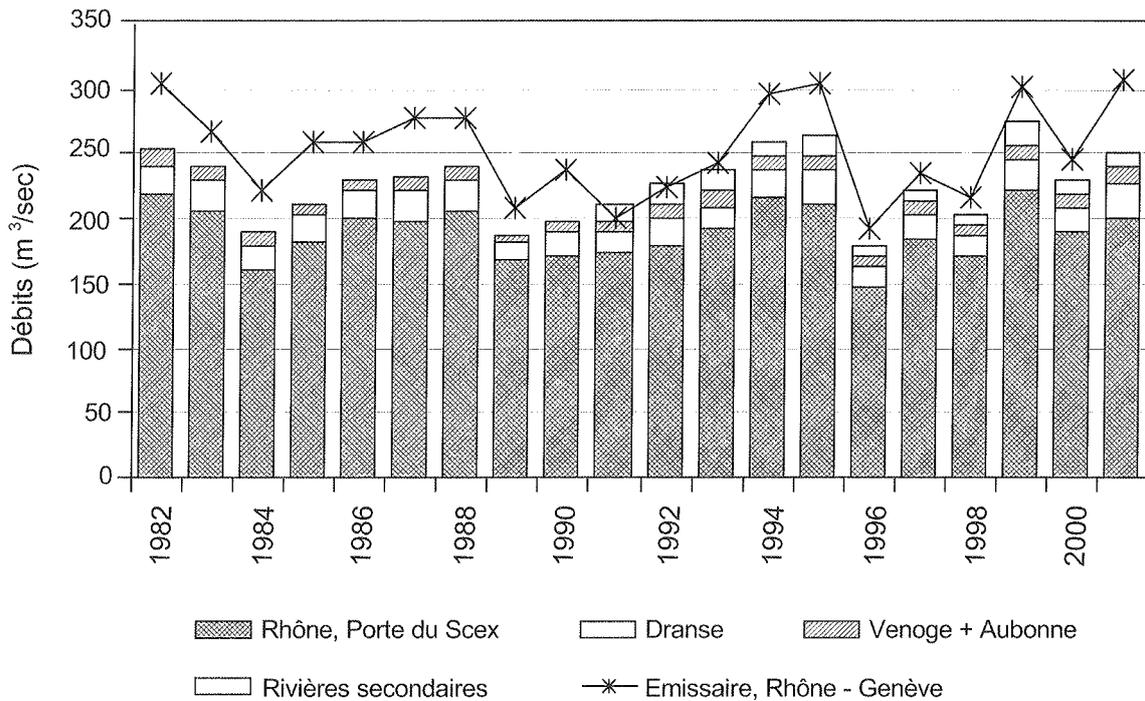


Figure 2 : Débits moyens annuels

### 3. APPORTS ANNUELS ET COMPOSITION DE L'EAU DES AFFLUENTS

Les calculs des flux et des concentrations moyennes annuelles pondérées sont effectués de la façon suivante :

- Pour les rivières échantillonnées en continu

$$Fa = \sum_1^s Ch \cdot Qh$$

$$C_{moy} = \frac{Fa}{\sum_1^s Qh}$$

avec

- Fa = flux annuel
- Ch = concentration de l'échantillon intégré, hebdomadaire (ou bimensuel)
- Qh = volume d'eau de la période correspondante
- s = 52 (échantillonnage hebdomadaire)  
26 (échantillon bimensuel)
- C<sub>moy</sub> = concentration moyenne annuelle pondérée

- Pour les rivières à échantillonnage mensuel

$$F_{moy} = \frac{\sum_1^n Ci \cdot Qi}{n}$$

$$C_{moy} = \frac{F_{moy}}{Q_{moy}}$$

avec

- F<sub>moy</sub> = flux moyen (g/s)
- C<sub>i</sub> = concentration dans l'échantillon prélevé (g/l)
- Q<sub>i</sub> = débit moyen de la période correspondante (m<sup>3</sup>/s)
- n = nombre d'échantillons
- Q<sub>moy</sub> = débit moyen annuel

### 3.1 Phosphore (figures 3 à 5)

Le phosphore apporté par les affluents peut être subdivisé en :

- *fraction dissoute* : orthophosphate (forme prépondérante dans la fraction dissoute) et phosphore organique dissous.
- *fraction particulaire* : phosphore organique particulaire et phosphore inorganique particulaire (apatitique ou non apatitique).

Rappelons que seul le phosphore directement ou indirectement assimilable par les algues joue un rôle dans le phénomène d'eutrophisation. Les algues ne peuvent assimiler que des formes dissoutes de phosphore ou se transformant en formes dissoutes.

La fraction dissoute est donc la plus importante au plan biologique : l'orthophosphate ( $PO_4$ ) est directement biodisponible, de même que certains composés phosphorés provenant d'eaux usées; sous certaines conditions (faible teneur en orthophosphate), les algues peuvent métaboliser la forme organique dissoute du phosphore. En faisant abstraction du phénomène secondaire de fixation sur les particules qui sédimentent à travers l'hypolimnion, la majeure partie du phosphore dissous apporté par les affluents est à disposition des algues.

#### 3.1.1 Phosphore total et particulaire

Les apports en phosphore total au lac par les rivières sont constitués par environ 95 % de phosphore particulaire et 5 % de phosphore dissous. Dans le lac se produit la sédimentation du phosphore particulaire ce qui explique que dans l'émissaire c'est le phosphore dissous qui domine.

Les apports moyens annuels en phosphore total par les quatre rivières principales sur la période 1980-2001 sont de 1'065 tonnes par an. Ils sont de 1'120 tonnes pour l'année 2001 dont 1'050 tonnes pour le Rhône-amont. La valeur du phosphore total dans le Rhône émissaire est depuis 1988 relativement stable.

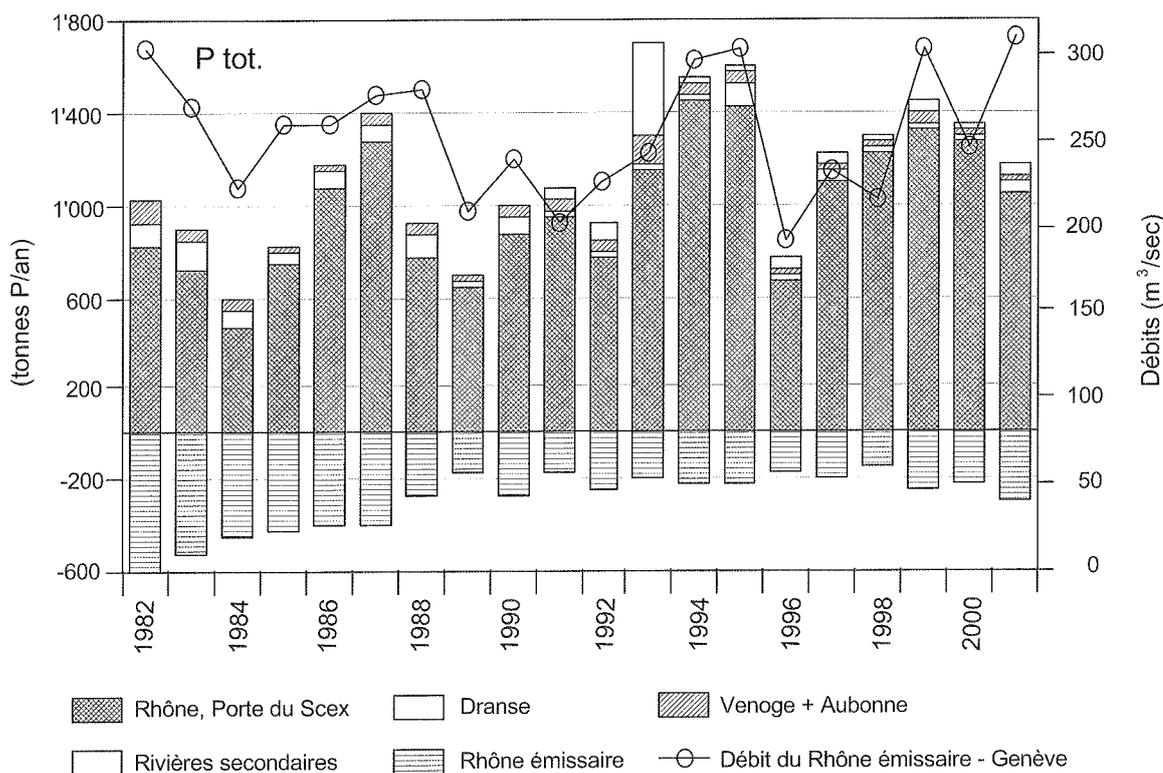


Figure 3 : Phosphore total - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac)

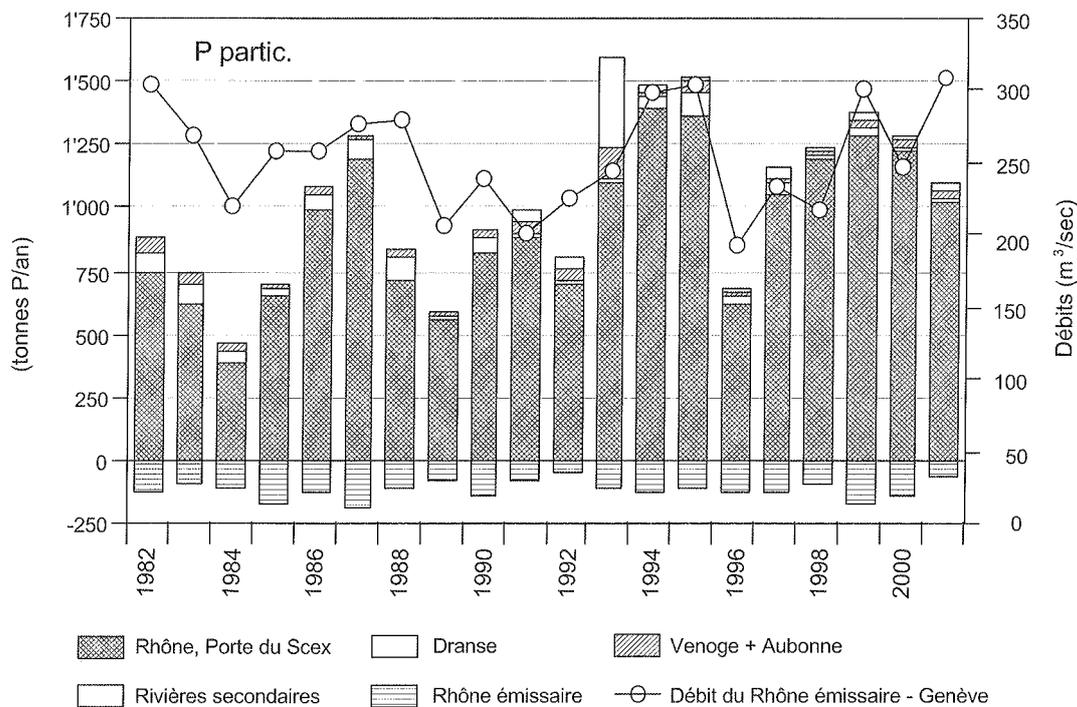


Figure 4 : Phosphore particulaire - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac)

### 3.1.2 Phosphore dissous (orthophosphate)

Le total des apports en orthophosphate par les affluents principaux (49.8 tonnes) suit depuis 1980 une décroissance linéaire ( $r^2 = 0.83$ ). Tandis que celui dans l'émissaire a lui une décroissance logarithmique avec un coefficient de corrélation légèrement supérieur ( $r^2 = 0.90$ ).

Les concentrations moyennes annuelles pondérées par les débits se répartissent comme suit : 5.4 µgP/l pour le Rhône amont, 8.3 µgP/l pour la Dranse, 17.7 µgP/l pour l' Aubonne et 26 µgP/l pour la Venoge.

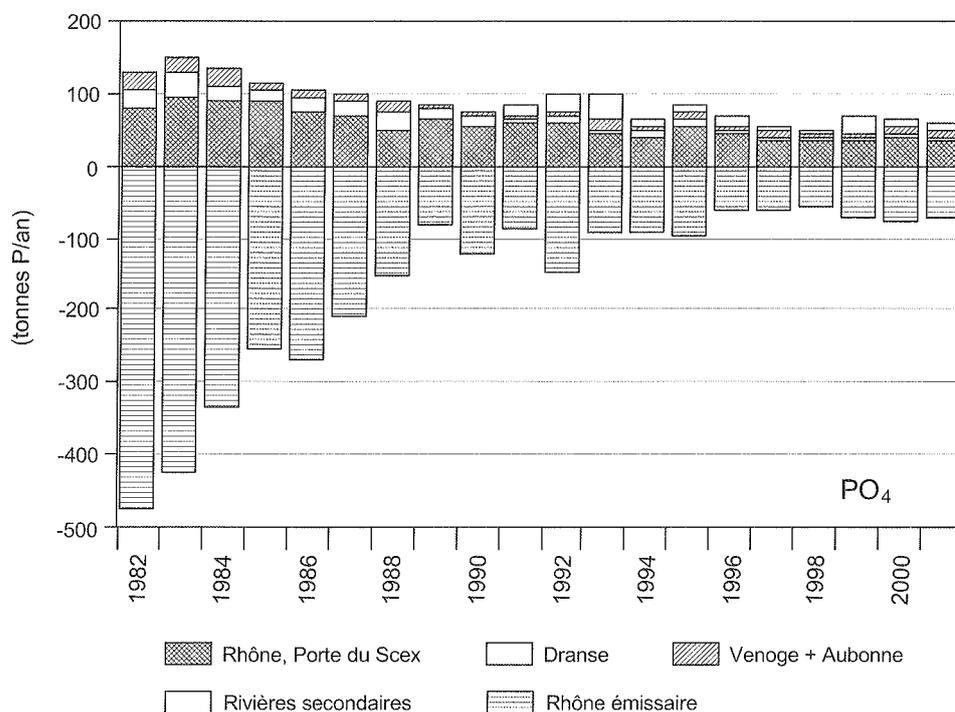


Figure 5 : Phosphore dissous (orthophosphate) - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac)

### 3.2 Azote minéral et organique (tableau 3 et figures 6 à 8)

Pour l'azote total (azote minéral et organique) dans le Rhône amont, les apports en 2001 (4'560 tonnes) sont plus faibles que la moyenne interannuelle 1980-2001 (5'580 tonnes), c'est le contraire pour la Dranse (613 tonnes et 516 tonnes). L'évolution de l'azote total depuis 1980 est en légère diminution sur le Rhône amont, tandis qu'elle est stable sur la Dranse.

Représentés à plus de 90 % par l'azote nitrique, les apports en azote minéral total par les rivières principales s'élèvent à 4'240 tonnes. Le Rhône amont représente 69 % du total des apports des rivières principales. Leurs évolutions depuis 1980 sont en relative stabilité.

En 2001, les apports en azote nitrique par les quatre affluents principaux atteignent 4'236 tonnes (concentration moyenne pondérée par les débits : 0.56 mgN/l).

Les exportations d'azote nitrique par l'émissaire sont en 2001 de 3'471 tonnes, total supérieur à la moyenne 1980 - 2001 (3'182 t).

TABLEAU 3 - Apports annuels en azote total (t N/an) et concentrations moyennes annuelles pondérées - Rhône Porte du Scex et Dranse.

Année	Rhône amont		Dranse	
	tonnes	mgN/l	tonnes	mgN/l
1982	5'171	0.750	619	0.860
1983	5'685	0.880	531	0.740
1984	6'181	1.220	450	0.730
1985	5'592	0.970	525	0.850
1986	5'869	0.940	549	0.820
1987	7'362	1.160	567	0.770
1988	6'649	1.020	598	0.850
1989	4'929	0.920	322	0.850
1990	6'136	1.130	493	0.860
1991	5'790	1.060	412	0.880
1992	6'520	1.160	606	0.900
1993	5'672	0.940	438	0.800
1994	5'647	0.827	472	0.729
1995	5'949	0.896	627	0.730
1996	4'132	0.890	396	0.827
1997	4'871	0.835	493	0.833
1998	4'593	0.854	459	0.846
1999	5'705	0.830	599	0.763
2000	4'654	0.791	549	0.877
2001	4'561	0.720	613	0.742
Moyenne	5'598	0.940	516	0.810

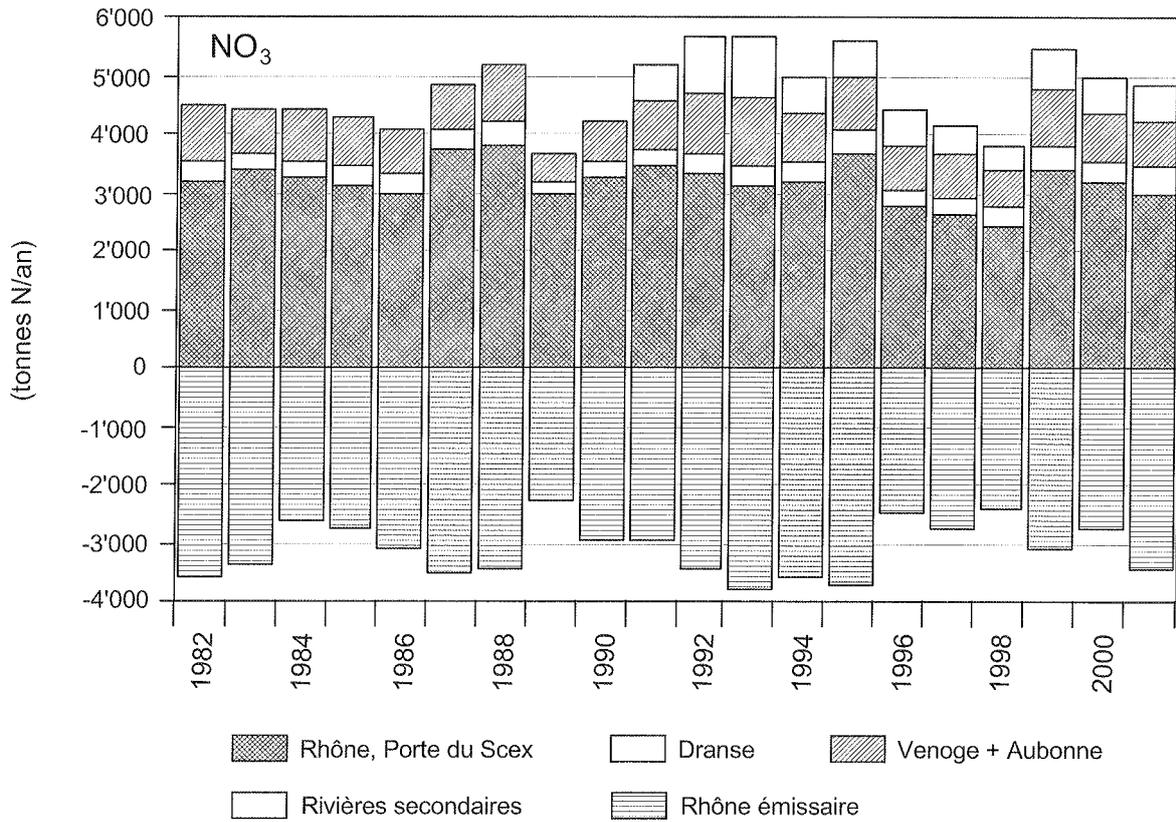


Figure 6 : Azote nitrique - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac)

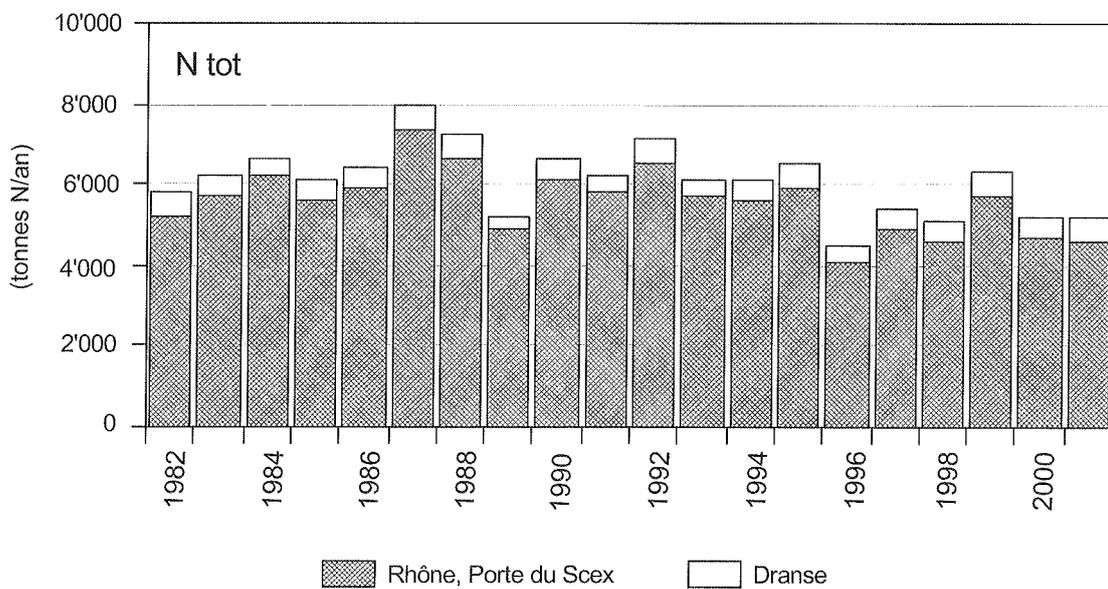


Figure 7 : Azote total - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac)

### 3.3 Chlorure (figure 9)

En terme d'apports annuels, le chlorure est relativement stable par rapport à 2000. Pour 2001, la concentration moyenne pondérée pour les 4 affluents principaux est de 7.54 mg Cl/l et les apports totaux par les rivières principales atteignent 56870 tonnes.

La teneur moyenne dans les eaux du Rhône à l'émissaire atteint 7.3 mg/l, ce qui correspond en terme de bilan à une perte annuelle de 70750 tonnes.

L'étude de l'évolution du chlorure depuis 1980 montre que les apports sont relativement stables sur l'Aubonne et la Venoge, et que l'augmentation est légèrement plus forte sur le Rhône que sur la Dranse.

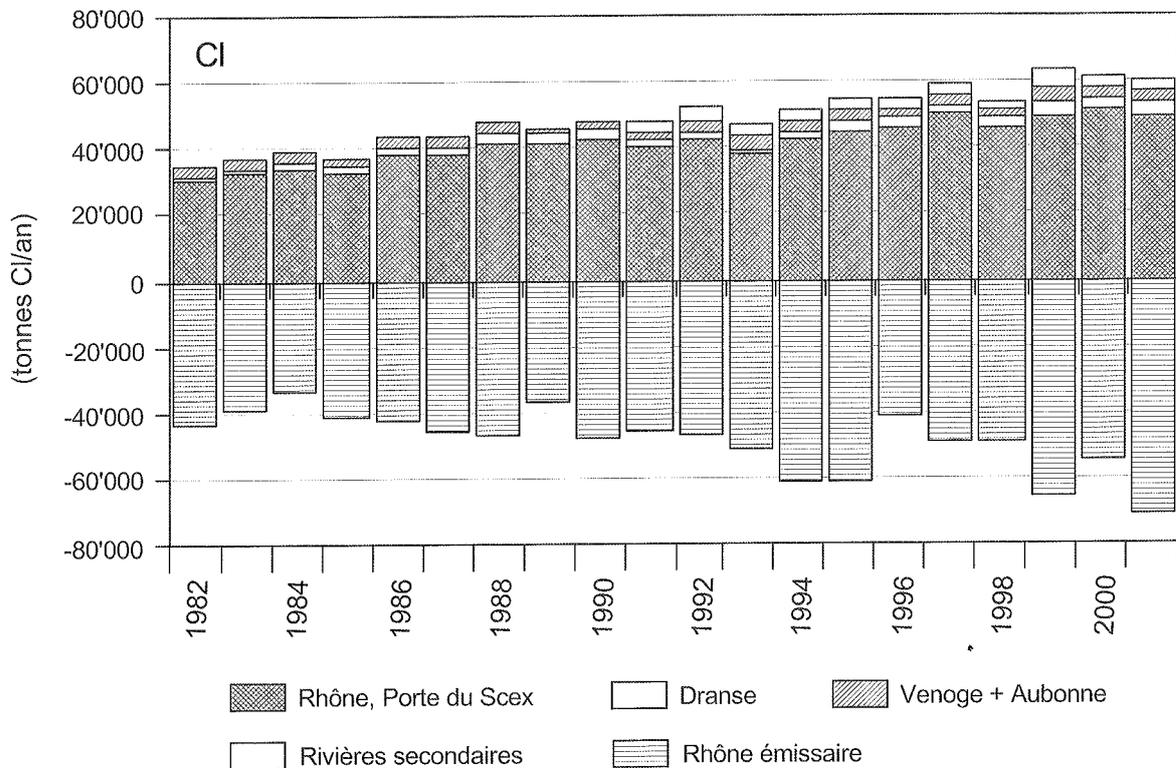


Figure 8 : Chlorure - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac)

### 3.4 Carbone organique

Le carbone organique dissous (COD) est analysé dans les eaux de l'ensemble des rivières principales et secondaires sauf dans la Dranse. Le carbone organique total (COT) est mesuré dans les eaux du Rhône amont et du Rhône à Chancy.

Les concentrations en carbone organique dissous des eaux du Rhône amont (0.9 mgC/l) sont plus faibles que dans les autres rivières principales. Les concentrations moyennes pondérées par les débits évoluent entre 0.9 mg/l pour le Rhône-amont à 3.1 mg/l pour la Morges.

La concentration de COD dans les eaux du Rhône émissaire est de 1.06 mgC/l pour l'année 2001, alors que la concentration moyenne annuelle pondérée par les débits de l'ensemble des rivières principales et secondaires considérées est de 1.04 mgC/l.

Les concentrations moyennes annuelles en carbone organique total dans les eaux sont voisines : 0.9 mgC/l pour le Rhône amont et 1.3 mgC/l pour le Rhône à Chancy. Elles sont en forte baisse par rapport à 2000 (3.3 et 2.9 mgC/l).

#### 4. ÉTUDE DES AFFLUENTS SECONDAIRES

Les affluents secondaires étudiés fournissent un débit total de 11.5 m<sup>3</sup>/s, soit 4.6 % des apports mesurés au lac. Comme pour les affluents principaux, l'ensemble des résultats de la campagne 2001 sur les sept affluents secondaires du Léman est consigné dans les tableaux 6 et 7.

Les apports de l'Allondon et de l'Arve qui se jettent dans le Rhône aval ne sont pas pris en compte dans cette analyse, mais figurent avec ceux du Rhône à Chancy. Ils permettront de préciser les apports du bassin versant du Rhône entre la sortie du lac et la frontière franco-suisse que nous aborderons au chapitre 5.

TABLEAU 4 - Affluents secondaires ( + Rhône à Chancy ) : débits moyens annuels en m<sup>3</sup>/s

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Bassin versant du Léman</b>											
Versoix	2.90	4.66	2.87	3.17	3.65	3.35	2.74	3.07	4.63	3.30	3.88
Stockalper	2.87	3.62	2.79	2.41	3.32	2.20			3.17		
Veveyse	1.52	2.58	1.87	2.40	1.88	1.16	1.63	1.84	3.10	3.17	2.89
Promenthouse	1.51	1.41	1.72	1.30	1.97	1.23	1.79	1.43	2.64	1.90	2.25
Chamberonne	0.57	0.68	0.68	1.07	1.06	0.77	0.75	0.68	1.05	0.88	1.08
Hermance										0.54	
Eau Froide	0.30	0.29	0.78	0.53	0.55	0.33		0.38	0.46	0.47	0.44
Morges	0.25	0.28	1.69	0.48	0.97	0.47	0.43	0.33	0.57	0.45	0.67
Dullive	0.15	0.25	0.98	0.28	0.19	0.21	0.21	0.26	0.34	0.24	0.24
Vengeron		0.32							0.92		
Nant d'Aisy										0.04	
Mercube				0.02							
Nant de Pry							0.17				
Le Brassu							0.17				
Nant de Brai							0.08				
<b>Bassin versant du Rhône aval</b>											
Arve	78.8	92.8	62.50	84.28	90.55	71.36	63.03	65.63	103.5	72.59	92.1
Allondon	2.36	6.17	3.78	3.96	3.80	4.45	3.01	3.00	6.48	3.73	5.12
Rhône Chancy	316.0	363.0	356.5	403.57	415.67	285.37	333.09	307.30	416.00	330.01	439.1

##### 4.1 Phosphore dissous (orthophosphate) et phosphore total

La charge annuelle en phosphore dissous qui transite par les sept affluents est de 7.95 tonnes, dont la Versoix qui à elle seule apporte 4 tonnes.

Le tonnage de ces sept affluents correspond à celui apporté par l'Aubonne et la Venoge réunies (8.3 tonnes).

Pour les mêmes rivières mesurées en 1999, au nombre de sept, le total des apports en orthophosphate est stable.

En terme de concentration en orthophosphate, la Versoix (32.1 µgP/l), la Chamberonne (47.0 µgP/l) et la Morges (40.7 µgP/l) sont les rivières présentant les concentrations les plus élevées; elles sont en légère baisse par rapport à 2000.

En phosphore total, 41.85 tonnes sont amenées par les rivières secondaires contrôlées.

## 4.2 Azote minéral total

Les concentrations moyennes annuelles en azote minéral total varient de 0.73 mgN/l pour la Veveyse à 4.3 mgN/l pour la Morges. Les concentrations sont du même ordre de grandeur que les concentrations moyennes annuelles atteintes dans les eaux des rivières principales, notamment la Venoge (3.2 mgN/l) et la Dranse (0.6 mgN/l).

Les apports cumulés de l'ensemble des rivières secondaires représentent 45 % des apports cumulés de la Venoge, de l'Aubonne et de la Dranse. Globalement, les rivières secondaires examinées transfèrent 603 tonnes d'azote minéral total au Léman, en légère baisse par rapport à 2000.

## 4.3 Chlorure

Les apports en chlorure des rivières secondaires atteignent 3150 tonnes. Ce total est du même ordre de grandeur que celui des apports de la Venoge et l'Aubonne réunies. Par rapport aux quatre rivières principales, les apports des rivières secondaires représentent 5.5 %. Les concentrations en chlorure dans les rivières secondaires varient entre 4.76 mgCl/l (l'Eau Froide) et 15.4 mgCl/l (la Chamberonne).

## 5. BASSIN VERSANT DU RHÔNE DE GENÈVE À CHANCY (figure 10)

Nous rappelons qu'en aval du lac, le Rhône traverse le territoire du canton de Genève et quitte la Suisse à Chancy-Pougny. Le long de son parcours, il reçoit les eaux de plusieurs affluents, les deux principaux étant l'Arve (débit moyen 72.5 m<sup>3</sup>/s) et l'Allondon (débit moyen 3.73 m<sup>3</sup>/s). Les débits du Rhône émissaire et de l'Arve constituent 96.7 % du débit mesuré à Chancy.

Nous disposons, pour effectuer un bilan des apports au Rhône entre le lac et Chancy, des analyses d'eau du Rhône émissaire, de l'Arve à Genève (la Jonction), de l'Allondon à son embouchure et du Rhône en aval de Chancy. Les prélèvements du Rhône émissaire et de Chancy sont effectués en continu proportionnellement au débit, ceux de l'Arve et de l'Allondon sont mensuels et instantanés. Les apports calculés pour ces deux rivières doivent donc être considérés avec prudence.

Une partie importante des apports en nutriments provient de huit stations d'épuration (STEP) françaises et de onze STEP suisses dont celle de Genève-Aire (533'000 EH), totalisant 701'700 EH<sup>1</sup>. Douze de ces installations se déversent directement dans le fleuve (692'800 EH), le reste dans les divers affluents. Aucune ne pratique la déphosphatation et au moins quatre d'entre elles traitent des eaux d'origine industrielle. Le bassin de l'Arve, en amont du Rhône, compte trente-six STEP qui totalisent 401'300 EH.

Une estimation des apports ponctuels et diffus du bassin dit "genevois" est obtenue en soustrayant au flux du Rhône à Chancy ceux mesurés de l'émissaire (sortie du Léman), de l'Arve et de l'Allondon.

La figure 10 montre le détail des charges qui transitent par Chancy.

TABLEAU 5 - Débits en m<sup>3</sup>/s et flux en tonnes/an

	Débit m <sup>3</sup> /s	Nitrates t N/an	Ortho- phosphate t P/an	Phosphore total t P/an	Carb. org. dissous (DOC) t C/an	Chlorure t Cl/an	Sulfates t SO <sub>4</sub> /an
Rhône émissaire	308.5	3'471	69.5	293	10'269	70'750	437'526
Arve	92.1	1'814	107.0	206	3'416	19'276	120'315
Allondon	5.1	240	10.2	17	311	919	1'212
Bassin versant "genevois" *	33.3	2'056	158.7	335	3'527	15'817	1'789
Rhône Chancy	439.0	7'581	345.4	851	17'523	106'762	560'842

\* = valeur non mesurée, mais obtenue par soustraction

<sup>1</sup> EH = équivalent habitant à 60 g de DBO<sub>5</sub> par jour

L'augmentation du flux de nitrates entre le Rhône à l'émissaire et Chancy est de 120 %. Le flux de phosphore dissous à Chancy provient à 46 % du bassin dit "genevois" et à 31 % de l'Arve. Pour le phosphore total, 39 % proviennent du bassin dit "genevois".

Alors que les débits du Rhône émissaire représentent 70.3 % du débit du Rhône à Chancy, la participation du Rhône émissaire dans la charge totale du Rhône à Chancy représente :

- 20.1 % de la charge en phosphore dissous (orthophosphate)
- 34.4 % de la charge en phosphore total
- 45.8 % de la charge en nitrates
- 66.3 % de la charge en chlorure
- 78.0 % de la charge en sulfates.

Ces participations sont en légère augmentation par rapport à 2000 sauf pour le phosphore dissous.

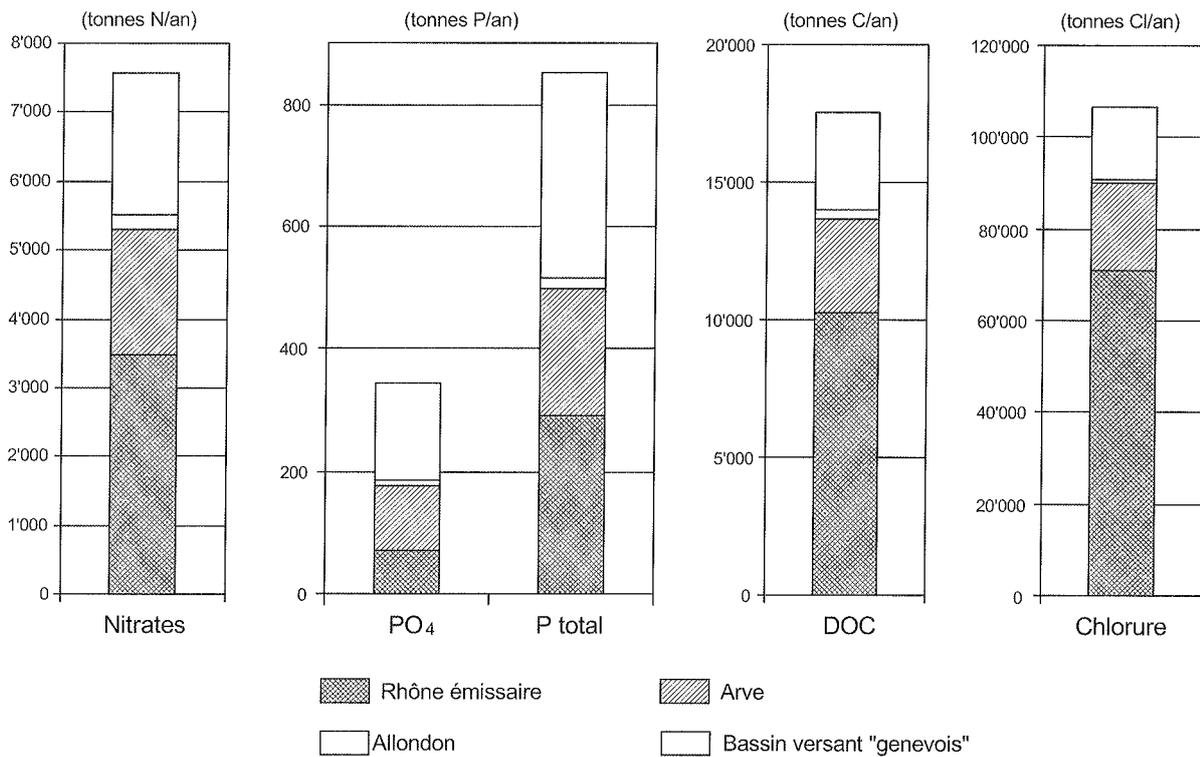


Figure 10 : Charges du Rhône à Chancy en 2001

## **6. CONCLUSIONS**

### **6.1 Bassin versant du Léman**

Avec une lame d'eau précipitée de l'ordre de 1350 mm sur le bassin versant proche du Léman, 2001 est une année à pluviométrie élevée et les débits du Rhône à l'émissaire sont supérieurs à la moyenne sur 10 ans. La somme des débits moyens de l'ensemble des quatre affluents principaux (Rhône, Dranse, Aubonne et Venoge) est de 240 m<sup>3</sup>/s.

Les apports en phosphore total sont de 1'120 tonnes pour les quatre rivières principales. Les apports par le Rhône amont représentent 94 % de ce total. Pour le phosphore dissous, élément directement assimilable par les algues, les apports par les rivières principales (49.8 tonnes) redescendent en dessous de 50 tonnes. Les apports par les rivières secondaires (8 tonnes) ne peuvent être comparés aux apports des années précédentes compte tenu des changements qui interviennent dans la liste des rivières contrôlées. En terme de concentration moyenne annuelle en phosphore dissous, la Chamberonne atteint le niveau de 47 µgP/l, la Morges de 40.7 µgP/l. Les flux sur le Rhône émissaire ont l'air d'atteindre un plateau (aux alentours de 70 t/an).

Représentés à plus de 90 % par l'azote nitrique, les apports en azote minéral total par l'ensemble des rivières principales et secondaires contrôlées, s'élèvent à 4805 tonnes. Les apports en azote minéral total par le Rhône amont représentent 64.6 % de l'ensemble des apports des quatre rivières principales et de sept rivières secondaires. On constate que 3 rivières ont des concentrations en azote minéral total supérieures à 3 mgN/l. C'est le cas pour la Morges (4.3 mgN/l), la Venoge (3.3 mgN/l), et l' Eau Froide (4.2 mgN/l).

Les apports en chlorure par l'ensemble des rivières contrôlées sont de 60'020 tonnes, légèrement moins qu'en 2000. La concentration moyenne pondérée par les débits pour les rivières principales atteint 7.5 mgCl/l. Elle est de 8.7 mgCl/l pour les sept rivières secondaires contrôlées.

### **6.2 Bassin versant du Rhône aval jusqu'à Chancy**

Les analyses effectuées sur le Rhône émissaire, le Rhône à la sortie du territoire suisse à Chancy, l'Arve et l'Allondon ont permis de préciser la participation des divers bassins versants dans l'enrichissement en éléments fertilisants des eaux du Rhône aval.

L'Arve apporte au Rhône 1814 tonnes de nitrates et 107 tonnes de phosphore dissous (orthophosphate). Le bassin dit "genevois" apporte, quant à lui, 2056 tonnes de nitrates et 159 tonnes de phosphore dissous.

La charge du Rhône en éléments fertilisants à la frontière franco-suisse (Chancy) est multipliée par 2.2 pour le nitrate (même valeur qu'en 2000) et par 4.97 pour le phosphore dissous (supérieur à 2000) par rapport à celle mesurée à la sortie du lac (Rhône émissaire).

Par rapport aux charges à Chancy, celles dues à l'Arve représentent 23.9 % pour le nitrate et 31 % pour le phosphore dissous. Pour le bassin dit "genevois", les charges (obtenues par soustraction) représentent 27.1 % pour le nitrate et 45.9 % pour le phosphore dissous (en nette augmentation par rapport à 2000).

## **BIBLIOGRAPHIE**

- QUETIN, P. et COLON, M. (2002) : Météorologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001.
- STRAWCZYNSKY, A. et PASQUINI, F. (2002) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2001.

TABLEAU 6 - Concentrations moyennes en 2001

2001	Débit m <sup>3</sup> /s	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>2</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Nmintot	Ntot	P-PO <sub>4</sub>	Ptot	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na	K	SiO <sub>2</sub>	COD	COT	MES	
		µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgN/l	µgP/l	µgP/l	mg/l	mg/l	még/l	még/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
<b>Bassin versant du Léman</b>																			
Rhône amont	200.7	34.2		465		720	5.4	166.0	7.84	49.70	1.98	0.45	5.73	1.43	3.08	0.88	3.15		186.8
Dranse	26.2	19.1	4.4	573	596	742	8.3	37.4	5.06	47.25	3.33	0.70	3.65	0.87	3.33				21.0
Aubonne	6.7	18.1	7.7	1'215	1'241		17.7	73.8	4.78	4.22	3.41	0.44	2.97	0.70	2.82	2.52			48.1
Venoge	5.6	68.5	25.4	3'197	3'290		26.0	121.0	11.66	15.60	4.15	0.63	5.91	1.85	4.79	2.62			82.4
Versoix	3.9	14.2	99.2	1'007	1'120	1'199	32.1	78.9	6.25	5.88	3.17	0.42	3.50	0.84		1.95			
Veveyse	2.9	22.1	7.0	704	733		4.9	145.4	10.94	12.72	3.23	0.52	8.43	1.25	4.12	2.50			158.4
Promenthouse	2.2	38.8	7.1	1'770	1'816		12.6	77.8	6.02	5.63	3.82	0.59	3.72	1.15	4.07	2.08			61.5
Chamberonne	1.1	62.6	29.8	2'772	2'864		47.0	210.8	15.4	30.79	3.82	0.66	9.95	2.36	5.98	2.65			110.5
Eau Froide	0.44	624.1	24.5	3'622	4'270		7.8	26.1	4.76	30.34	3.14	0.50	4.11	1.98	3.87	2.45			5.2
Morges	0.67	36.3	22.3	4'253	4'312		40.7	246.1	13.90	22.05	4.49	0.82	6.95	2.83	8.05	3.06			172.5
Dullive	0.24	14.9	6.2	2'711	2'732		11.7	77.8	9.14	19.84	4.57	0.99	5.73	2.02	8.08	1.97			33.5
<b>Bassin versant du Rhône aval</b>																			
Rhône émissaire	308.5	41.0	11.6	357	409	579	7.1	30.1	7.27	44.97	2.10	0.48	5.96	1.58	0.67	1.06			
Arve	92.1	43.4	32.4	624	700	867	36.8	71.2	6.63	41.41	2.63	0.44	4.50	1.45		1.18			
Allondon	5.1	45.9	27.4	1'488	1'561	1'717	63.3	103.3	5.69	7.51	3.61	0.43	3.60	1.23		1.93			
Rhône Chancy	439.1	77.2	27.6	547	652	746	24.9	61.4	7.71	40.50	2.09	0.47	5.35	1.46	1.24	1.27	1.96		13.4

TABLEAU 7 - Flux en 2001

2001	Debit (m3/s)	N-NH4 (t/an)	N-NO2 (t/an)	N-NO3 (t/an)	Nmintot (t/an)	NtotBrut (t/an)	P-PO4 (t/an)	PtotBrut (t/an)	Ppartic (t/an)	Cl (t/an)	SO4 (t/an)	Ca (t/an)	Mg (t/an)	Na (t/an)	K (t/an)	SiO2 (t/an)	DOC (t/an)	TOC (t/an)	MES (t/an)	
<b>Bassin versant du Léman</b>																				
Rhône amont	200.7	212.1		2'942		4'561	33.97	1'049		49'618	314'626	251'028	34'988	36'267	9'069	19'524	5'567	19'949	1'182'621	
Dranse	26.2	15.7	3.6	473	492	613	6.89	30.9	21.9	4'184	39'039	55'100	7'029	3'013	720	2'754			17'316	
Aubonne	6.7	3.8	1.6	258	264		3.76	15.7	11.5	1'015	897	14'528	1'136	631	148	600	535		10'224	
Venoge	5.6	12.1	4.5	523	579		5.17	21.3	16.1	2'050	2'745	14'631	1'339	1'039	326	843	462		14'488	
Versoix	3.9	1.7	12.2	123	137	147	3.94	9.7		766	720	7'784	621	428	103		239			
Veveyse	2.9	2.0	0.6	64.3	66.9		0.45	13.3	12.2	999	1'161	5'902	572	770	114	376	228		14'463	
Promenthouse	2.2	2.8	0.5	126	129		0.90	5.5	4.5	427	399	5'430	508	264	82	289	148		4'364	
Chamberonne	1.1	2.1	1.0	94.7	97.8		1.60	7.2	5.3	526	1'052	2'614	272	340	81	204	90		3'776	
Eau Froide	0.44	8.7	0.3	50.3	59.3		0.11	0.4	0.2	66	421	874	85	57	27	54	34		73	
Morges	0.67	0.8	0.5	90.4	91.7		0.86	5.23	4.3	295	469	1'912	213	148	60	171	65		3'667	
Dullive	0.24	0.1	0.05	20.8	21.0		0.09	0.6	0.5	70	152	702	92	44	15	62	15		257	
Total de 11 affluents	250.7	261.9		4'805			57.14	1'159		60'016	361'680	360'505	46'854	43'000	10'746	24'877	7'383		1'251'250	
<b>Bassin versant du Rhône aval</b>																				
Rhône émissaire	308.5	398.6	112.7	3'470	3'982	5'631	69.49	293.0	65.2	70'749	437'527	410'308	56'797	48'303	15'363	6'556	10'269			
Arve	92.1	126.1	94.1	1'814	2'085	2'519	106.98	206.9		19'276	120'315	152'878	15'485	13'074	4'215		3'416			
Allondon	5.1	7.4	4.4	240.3	252.2	277	10.23	16.7		919	1'212	11'695	840	581	198		312			
Rhône Chancy	439.1	1'147	410.3	7'581	9'138	10'331	345.46	850.7		106'763	560'842	580'212	78'582	74'122	20'207	17'175	17'523		185'250	