

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

Campagne 1998

PAR

Alain ORAND et Jean GAGNAIRE

STATION D'HYDROBIOLOGIE LACUSTRE (INRA), F - 74203 THONON-LES-BAINS Cedex

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 1998 est une année de pluviométrie inférieure à la moyenne au voisinage du Léman. Les débits moyens annuels sont inférieurs à la moyenne de la période 1984-1998.

En 1998, les apports en phosphore total au lac par les quatre rivières principales ont été de 1'266 tonnes. Le Rhône amont représente 98 % de ces apports. Les sept rivières secondaires apportent 25 tonnes de phosphore total au Léman.

Les apports en phosphore dissous par les quatre rivières principales (45.6 t) sont les plus faibles depuis le début des années 60. Les concentrations sont relativement élevées dans certaines des rivières secondaires telles que la Morges (47.4 µg P/l), la Chamberonne (37.9 µg P/l) et la Versoix (31.7 µg P/l). Il semble que la situation se soit améliorée pour la Versoix, puisque la concentration moyenne de 61.9 µg P/l en 1996 a été réduite de moitié.

Les apports en azote minéral total par le Rhône amont représentent 64.5 % du total des apports répertoriés (quatre rivières principales et sept rivières secondaires). Les concentrations en azote minéral total varient de 0.53 mg N/l dans la Grande Eau à 5.96 mg N/l dans la Morges. Une rivière principale, la Venoge, ainsi que trois rivières secondaires, la Chamberonne, la Morges et la Dullive atteignent ou dépassent la concentration moyenne de 3 mg N/l.

Les flux en chlorures cessent d'augmenter en 1998. Ils sont pour les quatre rivières principales très voisins de 52'000 tonnes. Les sept affluents secondaires apportent environ 2'300 tonnes. La concentration moyenne annuelle pondérée dans les rivières principales (8.4 mg Cl/l) est sensiblement plus élevée que celle des rivières secondaires (7.1 mg Cl/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 1.4, on constate que les nitrates sont multipliés par un facteur de 2.2, le phosphore total augmente d'un facteur 4.6 et le phosphore dissous d'un facteur 5.5.

1. GÉNÉRALITÉS

En 1998, 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 ainsi que la Grande Eau, un affluent du Rhône amont (confluence en amont de la Porte du Scex). Les résultats des recherches 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 flux des rivières secondaires dans les graphiques.

Les analyses sur le Rhône émissaire, le Rhône à Chancy (programme NADUF), l'Arve et son affluent l'Aire 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'écotoxicologie, Genève
- ▶ Laboratoire du Service des eaux, sols et assainissement, Epalinges (Vaud)
- ▶ 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 (IFAEPE), Dübendorf, programme NADUF.

Ces laboratoires participent régulièrement aux calibrations interlaboratoires organisées dans le cadre de la CIPEL.

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. Pour les métaux dans le Rhône amont, les analyses sont effectuées sur les eaux brutes acidifiées.

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

	Proport. au débit intégré sur 1 semaine	Proport. au débit sur 24 h. (1 x mois)	Instantané (1 x mois)
Bassin du Léman			
Rhône - Porte du Scex	x		
Dranse	x		
Aubonne	x		
Venoge	x		
Versoix			x
Veveyse	x ¹		
Grande Eau		x	
Promenthouse	x ¹		
Chamberonne	x ¹		
Eau Froide		x	
Morges	x ¹		
Dullive		x	
Rhône émissaire	x ²		
Bassin du Rhône aval			
Arve			x
L'Aire			x
Allondon			x
Rhône à Chancy	x ²		

¹ = intégré sur une semaine, proportionnel au temps

² = intégré sur deux semaines

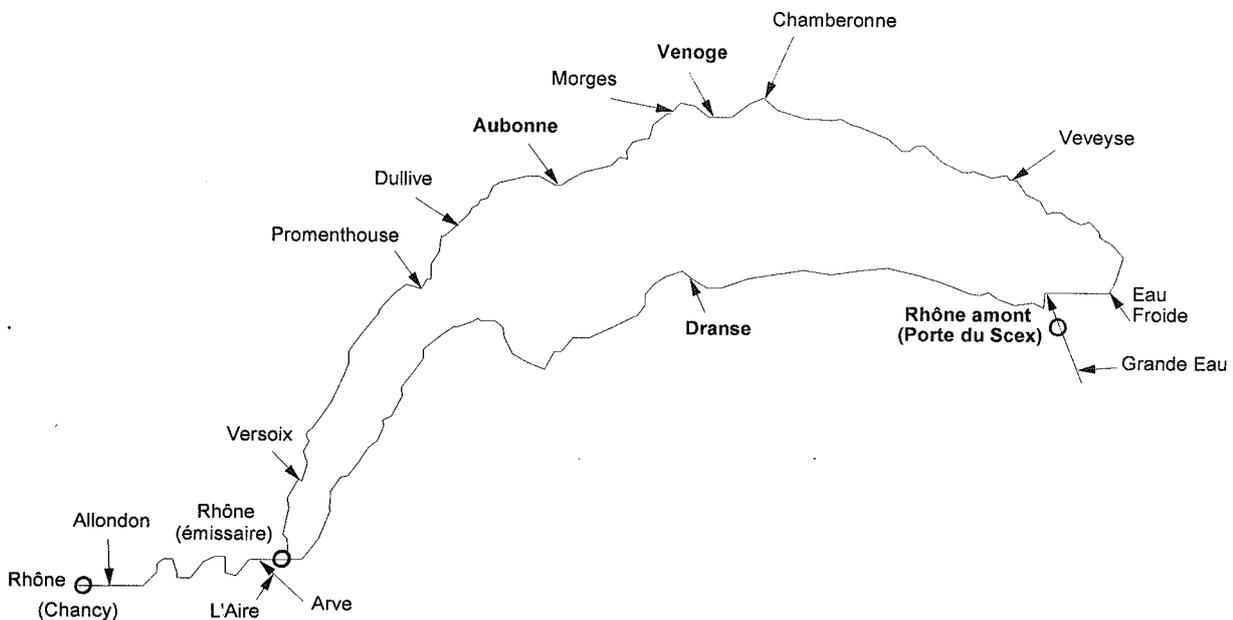


Figure 1 : Situation des diverses rivières étudiées

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

L'année 1998 est une année inférieure à la moyenne sur le plan de la pluviométrie avec une lame d'eau précipitée autour du Léman de l'ordre de 970 mm (ORAND et GAGNAIRE, 1999). Les débits moyens annuels des rivières principales sont inférieurs de 8 % par rapport à la moyenne inter-annuelle de 1984 à 1998.

TABLEAU 2 - Débits des affluents principaux et de l'émissaire (m³/s) :

Année	Venoge	Aubonne	Dranse	Rhône amont	Rhône émissaire
1984	5.3	5.9	19.6	160.2	221.0
1985	3.4	4.6	19.7	182.7	258.0
1986	3.9	5.3	21.4	199.1	259.1
1987	4.7	6.9	23.3	198.2	276.6
1988	5.5	6.7	22.2	206.7	278.9
1989	2.3	2.9	12.1	169.6	207.2
1990	3.0	3.7	18.3	172.2	238.6
1991	3.2	5.9	14.9	173.7	201.5
1992	4.1	7.2	21.3	178.5	224.7
1993	6.6	5.6	17.3	191.2	243.2
1994	4.5	6.1	20.5	216.4	297.4
1995	5.3	6.6	27.2	210.5	303.4
1996	3.5	4.5	15.2	147.2	192.5
1997	3.9	5.8	18.7	184.9	234.0
1998	3.3	4.9	17.2	170.5	216.3
Moyenne	4.2	5.5	19.3	184.1	243.5

Débits (m³/s)

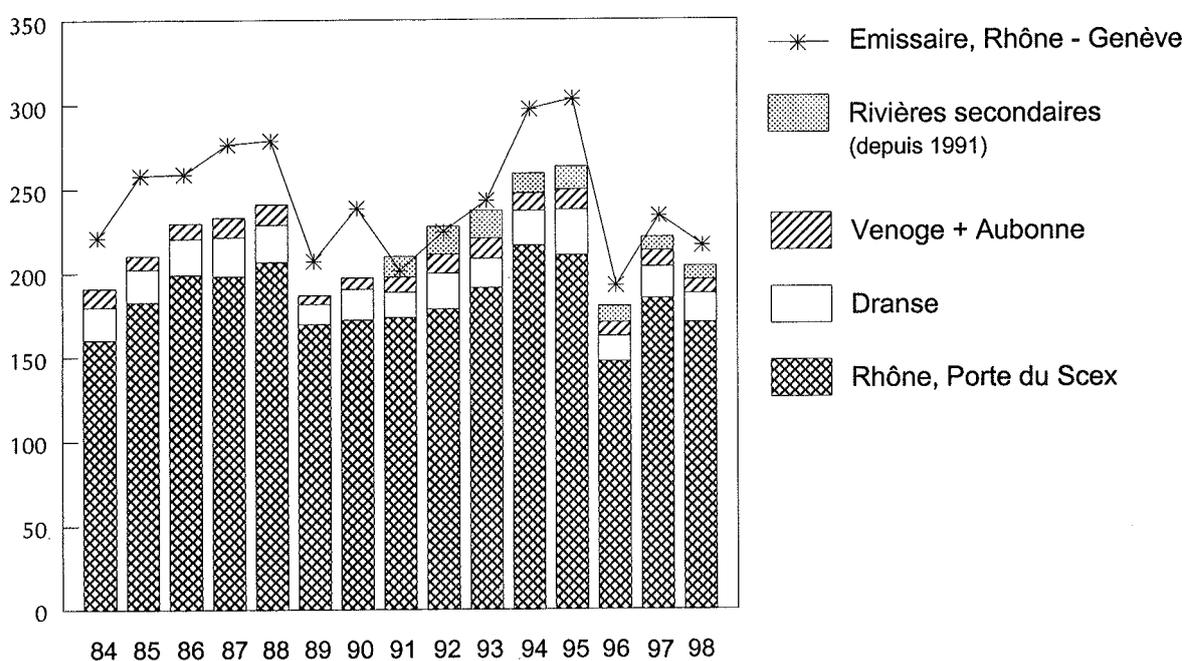


Figure 2 : Débits moyens annuels

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*

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

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_{moy} = concentration moyenne annuelle pondérée

- *Pour les rivières à échantillonnage mensuel*

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

avec F_{moy} = flux moyen (g/s)
 Ci = concentration dans l'échantillon prélevé (g/l)
 Qi = débit moyen de la période correspondante (m³/s)
 n = nombre d'échantillons
 Q_{moy} = 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), phosphore organique dissous.
- *fraction particulaire* :
phosphore organique particulaire, 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).

Fraction dissoute

La fraction dissoute est donc la plus importante au plan biologique : l'orthophosphate (PO₄) 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 d'adsorption 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 1980-1998 sont de 1'032 tonnes par an. Ils sont de 1'266 tonnes pour l'année 1998 dont 1'225 t pour le Rhône-amont.

(tonnes P/an)

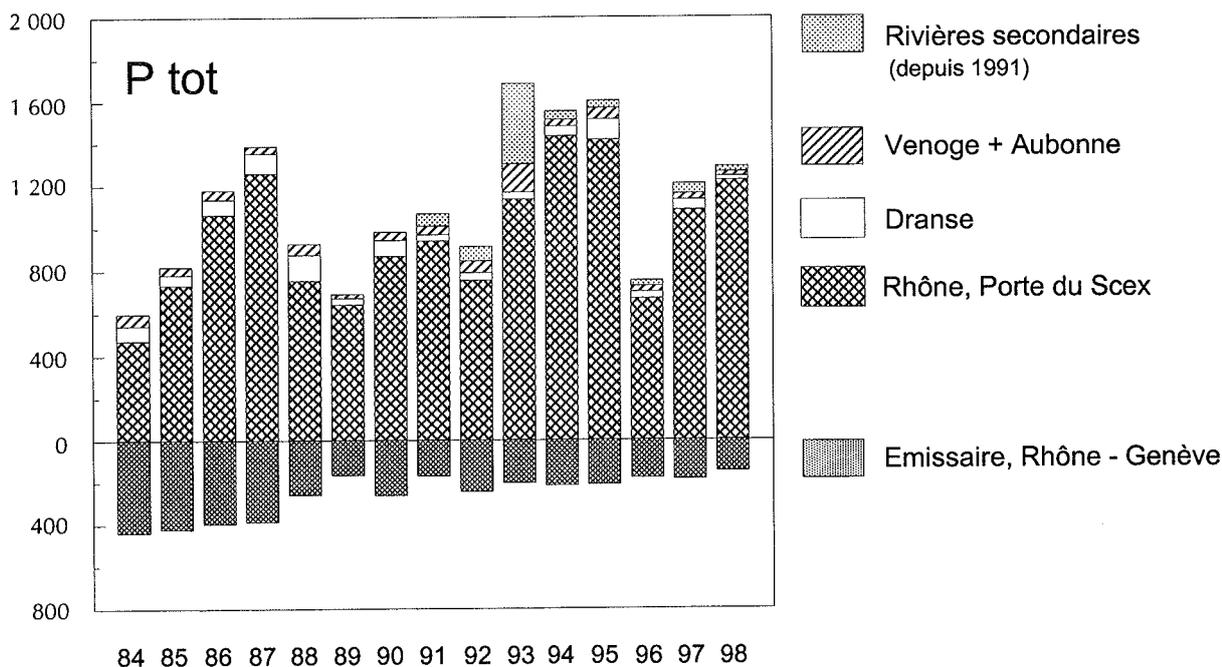


Figure 3 : Phosphore total - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

3.1.2 Phosphore dissous (orthophosphate)

Le total des apports en orthophosphate par les affluents principaux (45.6 t) est toujours largement inférieur à 100 tonnes, seuil atteint en 1987.

Les apports par la Dranse représentent 8.8 % des apports totaux des rivières principales. Le pourcentage moyen sur la période 1990-1998 est sensiblement supérieur (11.7 %).

Les concentrations moyennes annuelles pondérées par les débits se répartissent comme suit : 6.7 µgP/l pour le Rhône amont, 7.4 µgP/l pour la Dranse, 17.0 µgP/l pour l'Aubonne et 30.2 µgP/l pour la Venoge.

(tonnes P/an)

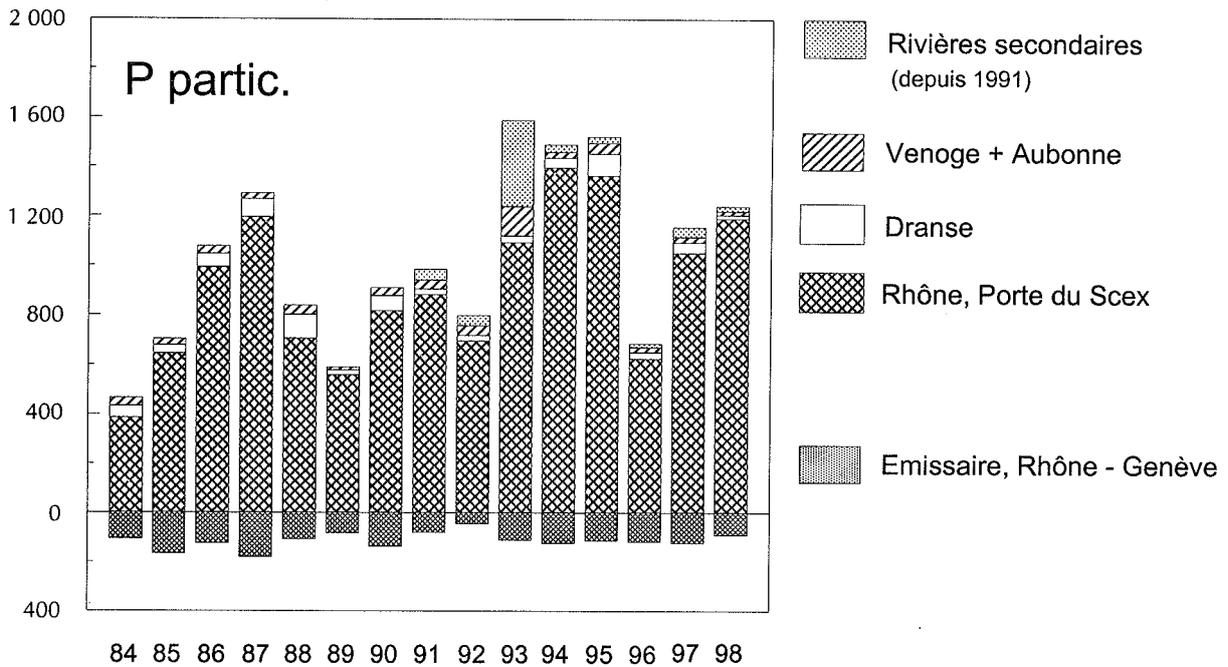


Figure 4 : Phosphore particulaire - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

(tonnes P/an)

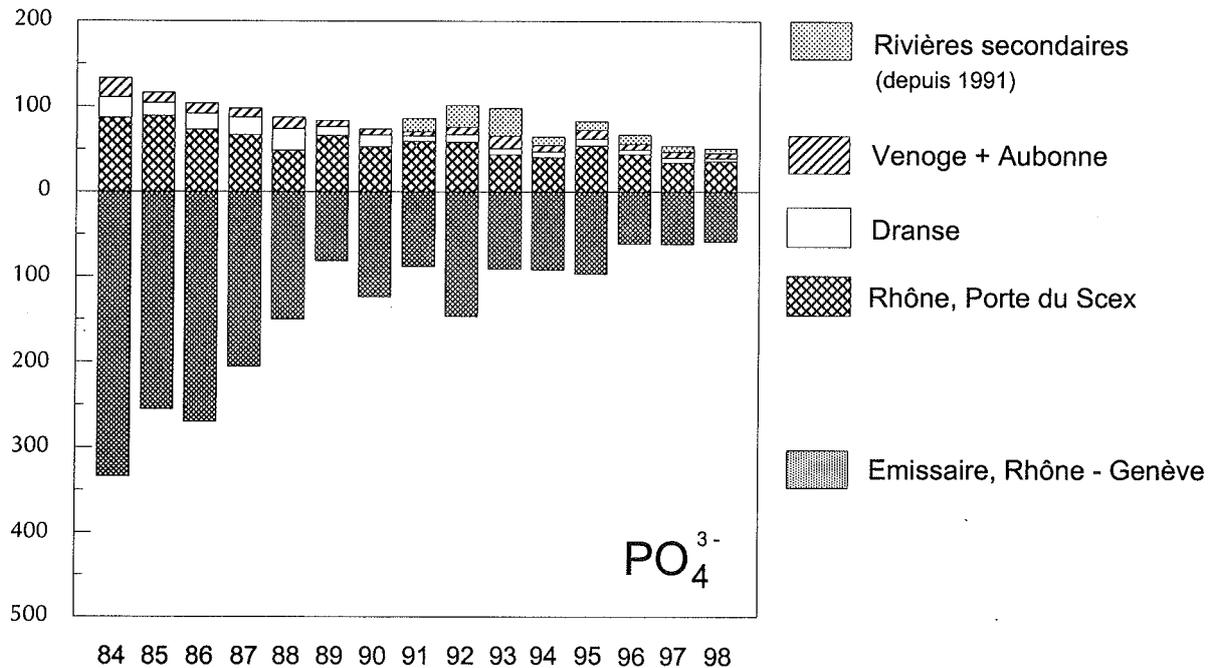


Figure 5 : Phosphore dissous (orthophosphate) - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

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

En 1998, les apports en azote nitrique par les quatre affluents principaux atteignent 3'381 tonnes (concentration moyenne pondérée par les débits : 0.55 mg N/l).

Les exportations d'azote nitrique par l'émissaire sont, en 1998, de 2'444 tonnes, un des niveaux les plus bas atteints depuis 1980. Les concentrations moyennes annuelles pondérées par les débits sont très proches des concentrations moyennes des 15 dernières années (0.36 contre 0.40 mg N/l).

Représentés à plus de 90 % par l'azote nitrique, les apports en azote minéral total par les rivières principales s'élèvent à 3'740 tonnes. Le Rhône amont représente 73 % du total des apports des rivières principales. De fortes disparités existent entre les rivières, la fourchette des concentrations variant de 0.64 mg/l pour la Dranse à 4.1mg/l pour la Venoge.

Pour l'azote total (azote minéral et organique) dans le Rhône amont, les apports en 1998 (4'593 t) sont plus faibles que la moyenne interannuelle 1980-1998 (5'722 t). Il en est de même pour la Dranse (459 t et 513 t).

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

Année	Rhône		Dranse	
	tonnes	mg N/l	tonnes	mg N/l
1980	6'479	0.99	564	0.53
1981	5'499	0.83	619	0.88
1982	5'171	0.75	619	0.86
1983	5'685	0.88	531	0.74
1984	6'181	1.22	450	0.73
1985	5'592	0.97	525	0.85
1986	5'869	0.94	549	0.82
1987	7'362	1.16	567	0.77
1988	6'649	1.02	598	0.85
1989	4'929	0.92	322	0.85
1990	6'136	1.13	493	0.86
1991	5'790	1.06	412	0.88
1992	6'520	1.16	606	0.90
1993	5'672	0.94	438	0.80
1994	5'647	0.83	472	0.73
1995	5'949	0.90	627	0.73
1996	4'132	0.89	396	0.83
1997	4'871	0.84	493	0.83
1998	4'593	0.85	459	0.85
Moyenne	5'722	0.96	513	0.80

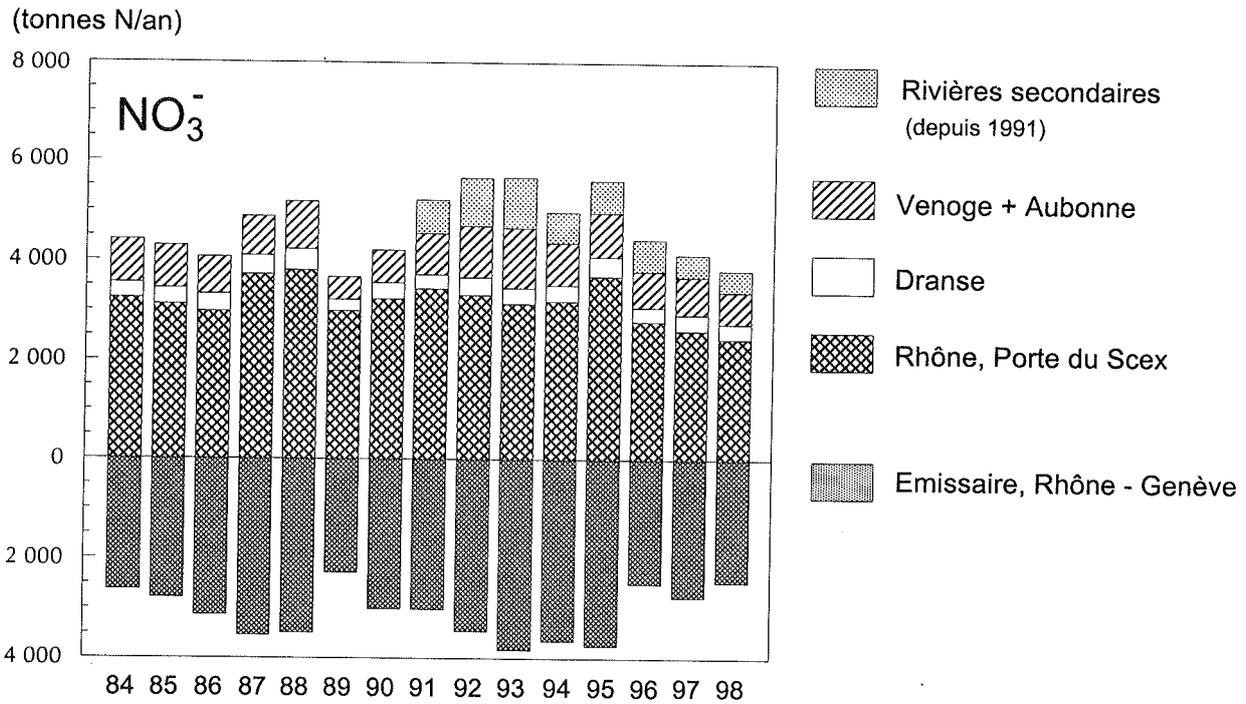


Figure 6 : Azote nitrique - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

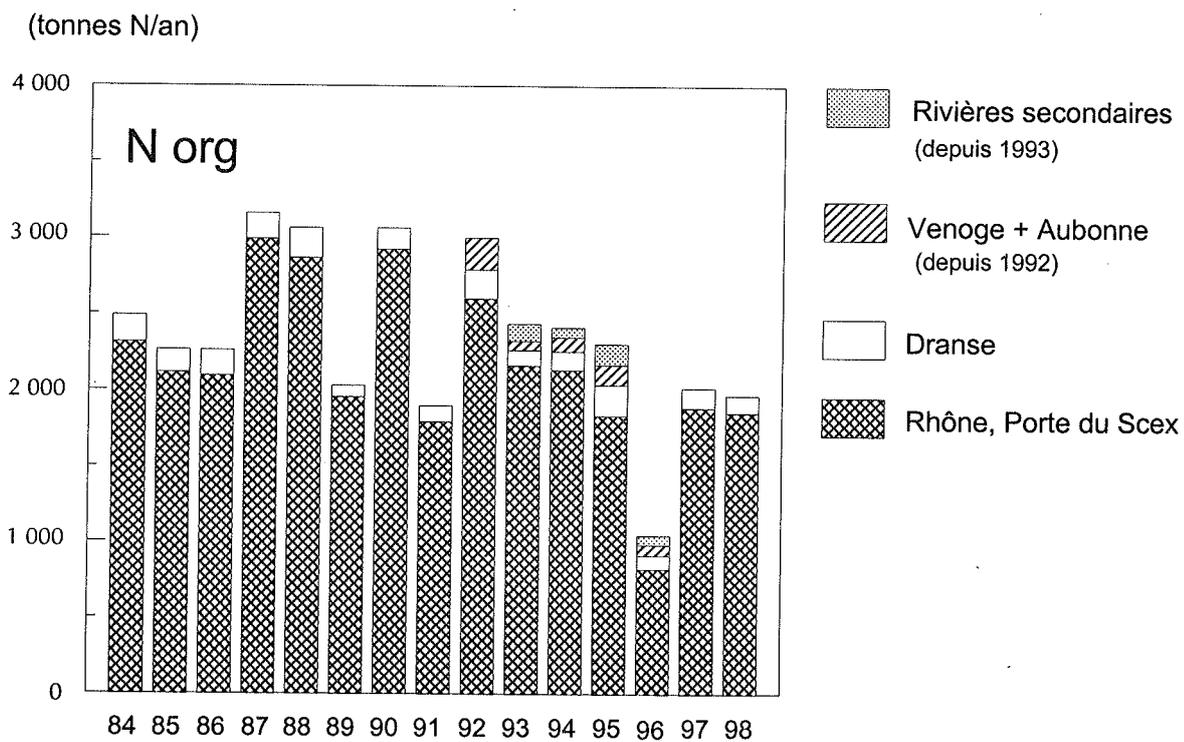


Figure 7 : Azote organique - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

(tonnes N/an)

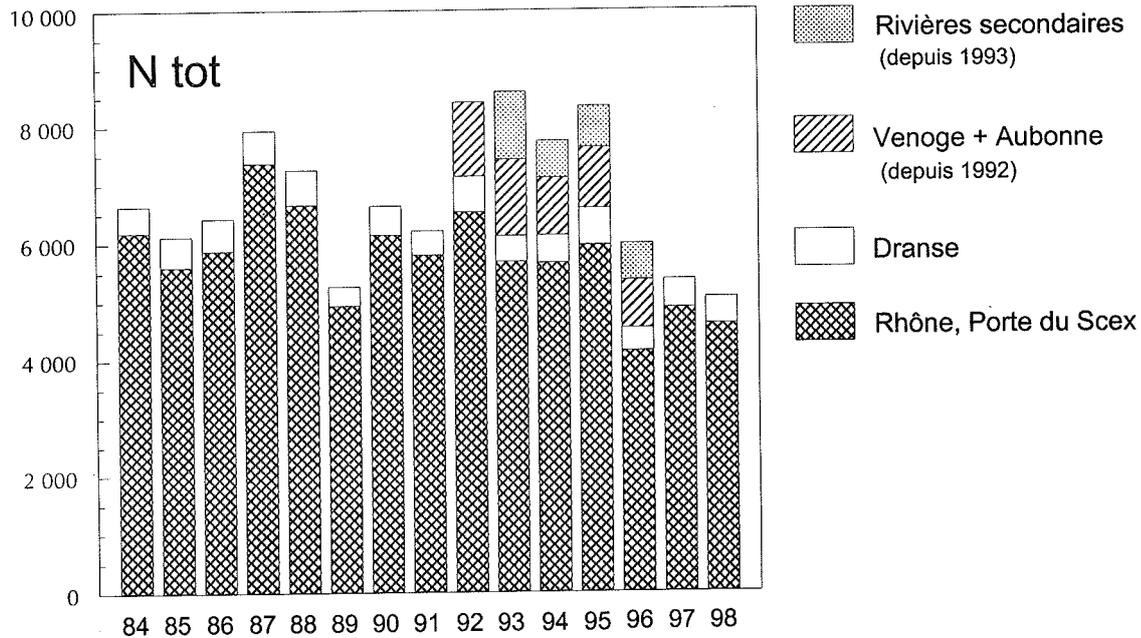


Figure 8 : Azote total - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

3.3 Chlorure (figure 9)

En terme de concentrations moyennes annuelles, les chlorures présentent une relative stabilité depuis 1988. Pour 1998, la concentration moyenne pondérée pour les affluents principaux est de 8.4 mg Cl/l et les apports totaux par les rivières principales atteignent 51'740 t.

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 49'650 t.

(tonnes Cl/an)

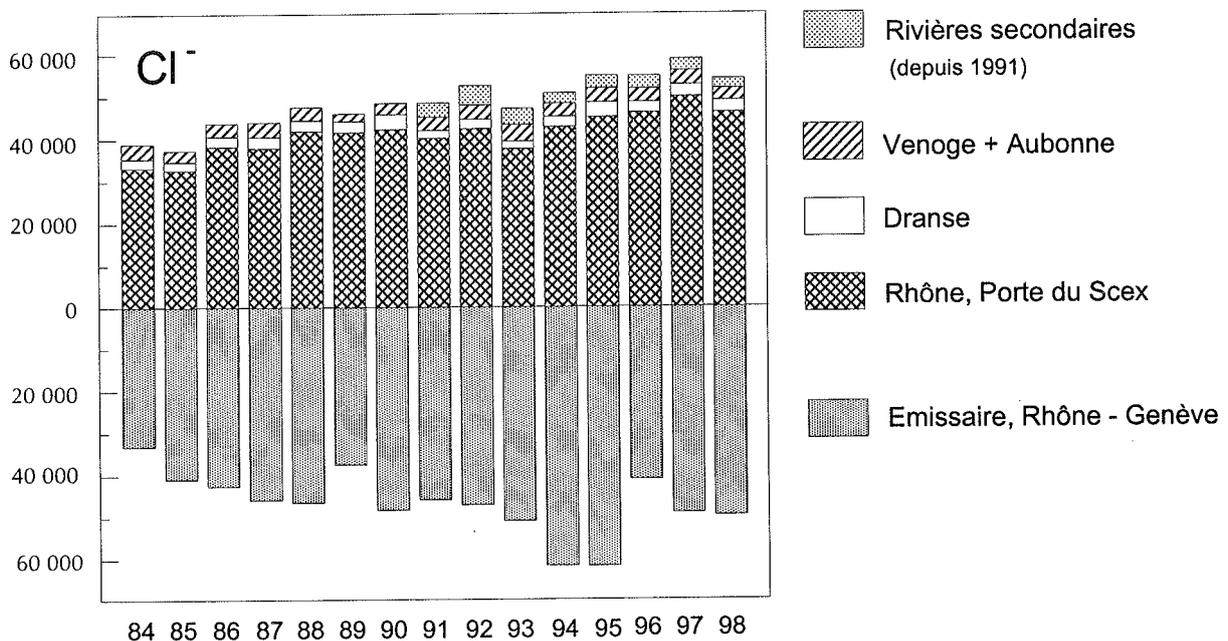


Figure 9 : Chlorure - Apports annuels par les affluents principaux et secondaires et perte annuelle par l'émissaire. (Ne représente pas un bilan complet, car il n'est pas tenu compte des rejets de STEP directs au lac).

4.1 Phosphore dissous (orthophosphate) et phosphore total

La charge annuelle en phosphore dissous qui transite par les sept affluents est de 5.3 tonnes. Ce total correspond à 54 % de celui apporté par la Dranse, l'Aubonne et la Venoge réunies (9.8 t). En 1998, la Versoix apporte 3.1 tonnes d'orthophosphate.

Pour les mêmes rivières mesurées en 1997, au nombre de six, le total des apports en orthophosphate est en diminution (5.2 t contre 6.3 t), bien que les débits soient sensiblement les mêmes. Les apports en orthophosphate ont diminué entre 1997 et 1998 pour la plupart des rivières.

En terme de concentration en orthophosphate, la Morges (47.4 µg P/l), la Chamberonne (37.9 µg P/l) et la Versoix (31.7 µg P/l) sont les rivières présentant les concentrations les plus élevées.

En phosphore total, 25.2 tonnes sont amenées par les rivières secondaires contrôlées. Par rapport aux trois rivières principales (hors Rhône amont), les apports des rivières secondaires en représentent près des deux tiers (62 %).

4.2 Azote minéral total

Les concentrations moyennes annuelles en azote minéral total varient de 0.77 mg N/l pour la Veveyse à 5.96 mg N/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 (4.1 mg N/l) et la Dranse (0.64 mg N/l).

Les apports cumulés de l'ensemble des rivières secondaires représentent 44 % des apports cumulés de la Venoge, de l'Aubonne et de la Dranse. Globalement, les rivières secondaires examinées transfèrent 441 tonnes d'azote minéral total au Léman.

4.3 Chlorure

Les apports en chlorure des rivières secondaires atteignent 2'290 tonnes. Ce total est du même ordre de grandeur que celui des apports par la Dranse. Par rapport aux quatre rivières principales, les apports des rivières secondaires représentent 4.5 %. Les concentrations en chlorure dans les rivières secondaires varient entre 2.2 mg Cl/l (l'Eau Froide) et 21.8 mg Cl/l (la Morges et la Chamberonne).

4.4 Silice dissoute

Les concentrations moyennes annuelles pondérées en silice des eaux des affluents secondaires varient de 3.5 mg SiO₂/l dans les eaux de l'Eau Froide à 8.1 mg SiO₂/l dans la Morges. Dans les rivières principales cet éventail est plus serré et les valeurs atteintes sont plus faibles : 2.6 mg SiO₂/l (Aubonne) à 4.6 mg SiO₂/l (Venoge). Les apports totaux enregistrés dans les rivières secondaires représentent 4 % de ceux des rivières principales.

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 plus de quarante affluents, les deux principaux étant l'Arve (débit moyen 65.6 m³/s) et l'Allondon (débit moyen 3 m³/s). Les débits du Rhône émissaire et de l'Arve constituent 91.7 % 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 provient de huit stations d'épuration (STEP) françaises et de onze STEP suisses dont celle de Genève-Aïre (533'000 EH), totalisant 701'700 EH¹. 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 6 - Débits en m³/s et flux en tonnes/an

	Débit m ³ /s	Nitrates t N/an	Ortho- phosphates t P/an	Phosphore total t P/an	Chlorure t Cl/an	Sulfates t SO ₄ /an
Rhône émissaire	216.3	2'444	58.7	150	49'646	311'419
Arve	65.6	920	109.3	154	10'901	84'453
Allondon	3.0	195	12.3	16	706	800
Rhône Chancy	307.3	5'421	323.0	691	77'441	453'583
Bassin versant "genevois" ²	22.4	1'862	142.7	371	16'188	56'911

L'augmentation du flux de nitrates entre le Rhône à l'émissaire et Chancy est de 122 %. Le flux de phosphore dissous à Chancy provient à 44 % du bassin dit "genevois" et à 34 % de l'Arve. Pour le phosphore total, 54 % proviennent du bassin dit "genevois".

Alors que les débits du Rhône émissaire représentent 70 % du débit du Rhône à Chancy, la participation du Rhône émissaire dans la charge totale du Rhône à Chancy représente :

- 18.3 % de la charge en phosphore soluble
- 21.7 % de la charge en phosphore total
- 45.1 % de la charge en nitrates
- 64.1 % de la charge en chlorure
- 68.7 % de la charge en sulfates.

¹ EH = équivalent habitant à 60 g de DBO₅ par jour

² = valeurs non mesurées, mais obtenues par soustraction.

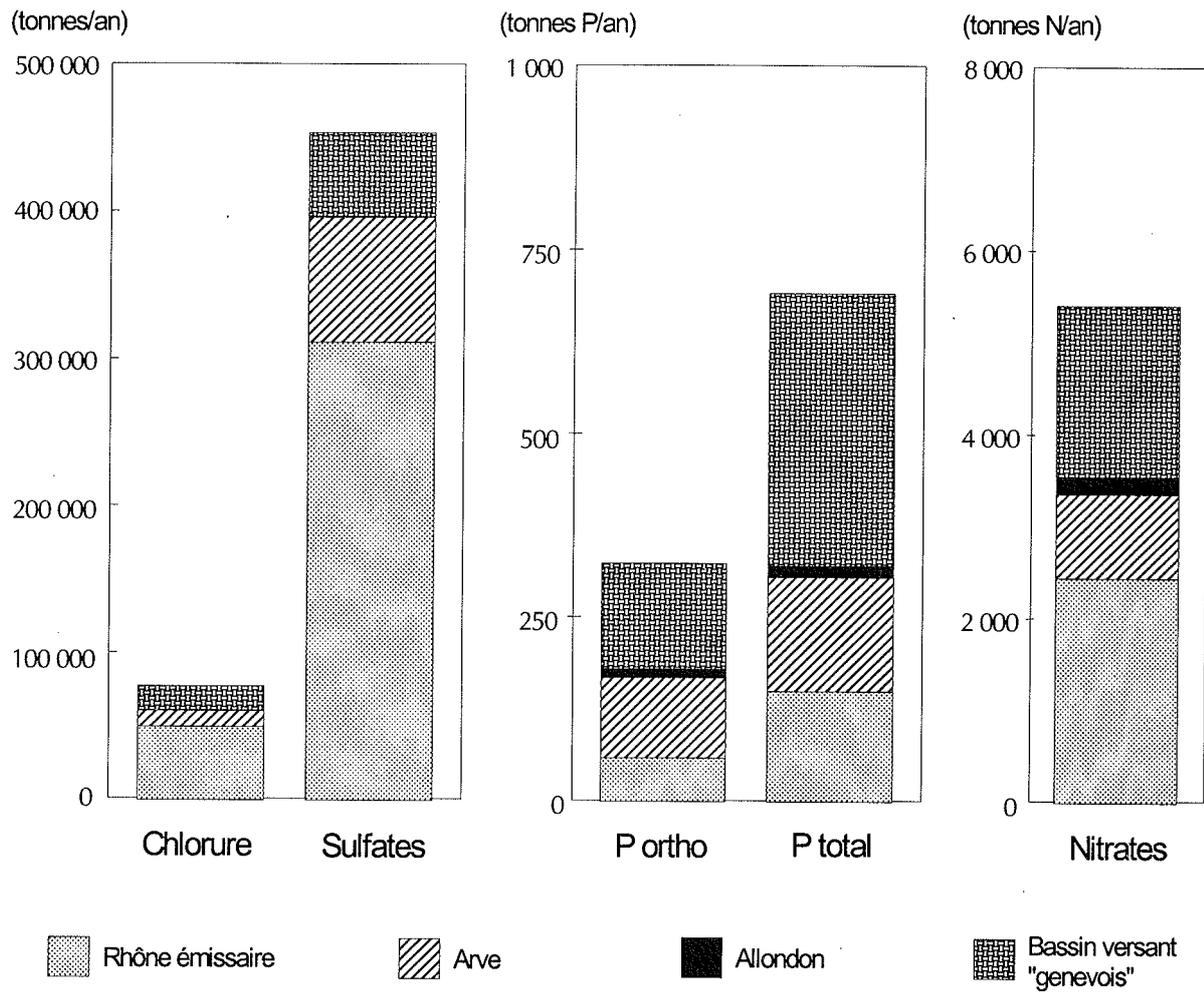


Figure 10 : Charges du Rhône à Chancy en 1998

6. CONCLUSIONS

6.1 Bassin versant du Léman

Avec une lame d'eau précipitée de 970 mm sur le bassin versant proche du Léman, 1998 est une année inférieure à la moyenne et les débits sont inférieurs de 8 % par rapport à la moyenne sur 15 ans. La somme des débits moyens de l'ensemble des quatre affluents principaux (Rhône, Dranse, Aubonne et Venoge) est de 195.9 m³/s.

Les apports en phosphore total sont de 1'266 tonnes pour les quatre rivières principales. Les apports par le Rhône amont représentent 96.8 % de ce total. Pour le phosphore dissous, élément directement assimilable par les algues, les apports par les rivières principales (45.6 t) sont, une nouvelle fois, inférieurs à 50 tonnes. Les apports par les rivières secondaires (5.3 t) 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 Morges approche le seuil de 50 µg P/l. Les concentrations sont encore trop élevées dans les eaux de la Chamberonne (37.9 µg P/l) de la Versoix (31.7 µg P/l) et de la Venoge (30.2 µg P/l).

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 4'181 tonnes. Les apports en azote minéral total par le Rhône amont représentent 65.5 % de l'ensemble des apports des quatre rivières principales et de sept rivières secondaires. On constate que certaines rivières ont des concentrations en azote minéral total supérieures à 3 mg N/l. C'est le cas pour la Morges (5.96 mg N/l), la Venoge (4.15 mg N/l), la Chamberonne (3.05 mg N/l) et la Dullive (3.0 mg N/l).

Les apports en chlorure par l'ensemble des rivières contrôlées dépassent le total de 54'000 tonnes. La concentration moyenne pondérée par les débits pour les rivières principales atteint 8.4 mg Cl/l. Elle est de 7.1 mg Cl/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 920 tonnes de nitrates et 109 t de phosphore dissous. Le bassin dit "genevois" apporte, quant à lui, 1'862 tonnes de nitrates et 143 tonnes de phosphore dissous.

La charge du Rhône en éléments fertilisants à la frontière franco-suisse (Chancy) est multipliée par 2.2 pour les nitrates et par 5.5 pour le phosphore dissous par rapport à celle mesurée à la sortie du lac (Rhône émissaire).

Par rapport aux charges à Chancy, celles dues à l'Arve représentent 17 % pour les nitrates et 34 % pour le phosphore dissous. Pour le bassin dit "genevois", les charges (obtenues par soustraction) représentent 34 % pour les nitrates et 44 % pour le phosphore dissous.

BIBLIOGRAPHIE

ORAND, A. et GAGNAIRE, J. (1999) : Météorologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 1998.

TABLEAU 7 - Concentrations moyennes en 1998

1998	Débit m ³ /s	NH ₄ µgN/l	NO ₂ µgN/l	NO ₃ µgN/l	Ntot µgN/l	Nimintot µgN/l	PO ₄ µgP/l	Ptot µgP/l	Cl mg/l	SiO ₂ mg/l	SO ₄ mg/l	Ca méq/l	Mg méq/l	Na mg/l	K mg/l	COD mg/l	COT mg/l	MES mg/l	
Bassin versant Léman																			
Concentrations moyennes																			
Rhône amont	1705	56	*	458	854	*	6.7	230	8.6	2.9	47.2	1.8	0.5	6.9	1.6	1.0	2.8	230	
Dranse	172	62	7.3	566	846	636	7.4	35.4	5.2	3.4	66.4	3.8	0.8	3.7	1.0	*	*	16.6	
Aubonne	4.95	54	9.5	1'420	*	1'483	17.0	48.0	6.4	2.6	5.1	3.6	0.5	4.0	0.6	3.0	*	18.6	
Venoge	3.27	87	32.7	4'027	*	4'147	30.2	137	17.6	4.6	18.2	4.6	0.7	8.8	2.2	3.3	*	57.5	
Versoix	3.07	26	13.4	1'003	1'191	1'043	31.7	46.5	6.6	*	5.8	3.0	0.4	3.4	0.5	2.0	*	*	
Veveyse	1.84	18	5.6	742	*	766	4.0	238	8.3	4.1	14.3	3.5	0.6	7.2	1.3	3.4	*	318	
Promenthouse	1.43	14	5.3	2'474	*	2'492	10.9	40.9	7.7	4.0	7.1	4.1	0.6	4.5	1.1	2.8	*	21.8	
Chamberonne	0.68	44	17.6	2'991	*	3'053	37.9	108	21.7	4.7	37.5	3.9	0.7	13.2	2.4	2.7	*	38.5	
Morges	0.33	53	28.2	5'880	*	5'960	47.4	153	21.8	8.1	28.9	5.3	1.0	9.6	3.3	3.4	*	68.4	
Dullive	0.26	11	10.4	2'981	*	3'002	15.7	41.7	12.3	7.1	22.8	4.3	0.9	7.1	1.9	2.6	*	12.4	
Eau Froide	0.38	192	36.3	2'288	*	2'516	6.4	31.1	2.2	3.5	34.5	3.2	0.5	3.2	0.9	2.4	*	6.6	
Grande Eau **	3.66	34	7.8	489	*	531	10.8	38.6	2.7	3.2	143.3	5.0	0.7	3.5	0.7	1.7	*	25.6	
Bassin Rhône aval																			
Rhône émissaire	2163	23	75	358	701	389	8.6	22.0	7.3	0.6	45.7	2.1	0.5	5.3	1.4	1.3	*	*	
Arve	656	86	360	445	1'049	567	52.8	74.5	5.3	*	40.3	2.5	0.4	3.8	1.2	1.2	*	*	
L'Aire	58	816	139	5455	6769	6410	394	482	296	*	392	42	7	188	44	40	*	*	
Allondon	30	113	32.4	2'060	2'162	2'205	130.4	171.1	7.5	*	8.5	3.5	0.4	4.4	1.0	2.1	*	*	
Rhône Chancy	3073	169	*	559	1'054	*	33.3	71.3	8.0	1.5	46.8	2.3	0.6	6.2	1.8	1.7	3.1	21.4	

* = absence de données

** = affluent du Rhône amont

TABLEAU 8 - Flux en 1998

1998	Débit m ³ /s	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Ntot	Norg	Nmintot	PO ₄	Ptot	Ppart	Cl	SiO ₂	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	COD	MES	
		tN	tN	tN	tN	TN	tN	tP	tP	tP	tCl	tSiO ₂	tSO ₄	tCa	tMg	tNa	tK	tC	tC	t
Bassin versant Léman																				
Rhône amont	170.5	300.3	*	2'437	4'593		2'737	35.8	1'225	1'189	46'118	15'301	253'967	196'079	29'200	36'877	8'666	5'176	15'045	1'222'400
Dranse	17.2	33.6	4.0	307	459	114	345	4.00	19.2	15.2	2'796	1'840	36'023	40'949	5'392	2'002	563	*	*	8'986
Aubonne	4.95	8.4	1.5	222	*	*	231	2.65	7.5	4.8	1'005	413	794	11'430	908	632	99	463	*	2'918
Venoge	3.27	9.0	3.4	415	*	*	427	3.11	14.1	11.0	1'817	477	1'875	9'750	887	927	234	344	*	6'041
Versoix	3.07	2.5	1.3	97	115	14	101	3.07	4.5	1.4	639	*	565	5'789	467	330	48	197	*	*
Veveyse	1.84	1.1	0.3	43	*	*	44	0.23	13.8	13.5	480	234	829	4'100	394	418	75	196	*	18'391
Promenthouse	1.43	0.6	0.2	112	*	*	113	0.49	1.9	1.4	346	181	319	3'732	344	205	49	125	*	994
Chamberonne	0.68	1.0	0.4	65	*	*	66	0.82	2.3	1.5	469	102	810	1'671	185	285	52	59	*	828
Morges	0.33	0.6	0.3	61	*	*	62	0.49	1.6	1.1	226	83.8	300	1'119	129	101	35	36	*	717
Dullive	0.26	0.1	0.1	25	*	*	25	0.13	0.4	0.2	102	59.5	190	716	92	59	16	22	*	103
Eau Froide	0.38	2.3	0.4	27	*	*	30	0.08	0.4	0.3	26	41.9	409	758	76	37	10	29	*	79
Grande Eau **	3.66	3.9	0.9	56	*	*	61	1.25	4.5	3.2	307	374	16'551	1'031	408	85	195	*	2'956	
Total de 11 affluents	203.9	359.5		3'811			4'181	50.87	1'291	1'240	54'024	18'733	296'081	38'074	41'873	9'847				1'261'457
Bassin Rhône aval																				
Rhône émissaire	216.3	155.5	51.1	2'444	4'831	2'180	2'651	58.7	150	91.5	49'646	4'158	3'114'419	292'684	40'933	36'274	9'355	8'936	*	*
Arve	65.6	178.1	74.6	920	2'170	997	1'173	109.3	154	44.9	10'901	*	84'453	103'040	10'278	7'915	2'433	2574	*	*
L'Aire	0.58	15.0	2.6	100	124	6	118	7.3	8.9	1.6	544	*	721	1'555	148	346	80	74	*	*
Allondon	3.0	10.7	3.1	195	204	*	208	12.3	16.2	3.9	706	*	800	6'539	483	417	93	203	*	*
Rhône Chancy	307.3	1674.5	*	5'421	10'214	*	*	323.0	691	368	77'441	14'406	453'583	451'613	66'952	60'184	17'038	16'342	30'243	207'684

* = absence de données

** = inclus dans le Rhône amont (à la Porte du Scex)

