

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

ASSESSMENT OF THE INPUT FROM THE TRIBUTARIES INTO THE LAKE GENEVA AND INTO THE RHÔNE DOWNSTREAM OF GENEVA

Campagne 2008

PAR

François RAPIN et Audrey KLEIN

SECRETARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
ACW - Changins - Bâtiment DC, Case postale 1080, CH - 1260 NYON

RÉSUMÉ

La CIPEL suit depuis de nombreuses années l'évolution temporelle des apports en nutriments au lac de 4 principaux affluents (le Rhône amont, la Dranse, l'Aubonne et la Venoge) et d'une dizaine d'affluents secondaires, les exportations du lac à Genève, du Rhône aval à Chancy et les apports de ses affluents (l'Arve et l'Allondon).

L'évolution des quantités de nutriments apportés au Léman et exportés par le Rhône à la sortie du territoire suisse a été observée.

Il est mis en évidence, pour le phosphore dissous, l'effet de la déphosphatation dans les STEP, pour l'azote minéral total, l'absence de la dénitrification et le maintien d'une fertilisation azotée au même niveau pendant près de 20 ans, et pour le chlorure, l'impact des apports industriels, du salage des routes qui augmente et des échangeurs d'ions des lave-vaisselles.

La qualité de l'eau des affluents est suivie pour 4 principaux paramètres de pollution (P-PO₄, N-NH₄, N-NO₃, COD) et montre qu'aucune rivière ne présente une mauvaise qualité et toutes sont de bonne, voire très bonne qualité, sauf la Venoge pour le nitrate, l'Allondon et l'Arve pour le phosphate.

ABSTRACT

For many years, CIPEL has been monitoring the change over time in the inflow of nutrients into the Lake from the 4 main tributaries (the upstream segment of the Rhône, the Dranse, the Aubonne and the Venoge) and about ten secondary tributaries, the exportations from the Lake at Geneva and from the upstream segment of the Rhône at Chancy, and the inflows via its affluents (the Arve and the Allondon).

The quantities of nutrients carried into Lake Geneva, and exported by the Rhône where it leaves Swiss territory, were monitored.

We found that the dissolved phosphorus reflected the effect of dephosphatation in the wastewater treatment plants. The total inorganic nitrogen reflected the lack of denitrification, and the fact that the level of nitrogenous fertilisation that had remained unchanged for nearly 20 years, and the level of chloride reflected the impact of the industrial inflows, and road salting, which had increased, and of ion exchanges in dish-washing machines.

The quality of the water in the tributaries was monitored with regard to the 4 main pollution parameters (P-PO₄, N-NH₄, N-NO₃, DOC), and showed that no river registered poor water quality, and all had good or even very good quality data, apart from the Venoge for nitrate, and the Allondon and Arve for phosphate.

1. GÉNÉRALITÉS ET MÉTHODES

En 2008, les apports au Léman ont été mesurés sur les quatre affluents principaux, le Rhône amont à la Porte du Scex, l'Aubonne et la Venoge près de l'embouchure et la Dranse en amont de la STEP de Thonon et de la zone industrielle de Vongy pour les prélèvements d'eau, ainsi que sur plusieurs affluents secondaires, tous situés sur la côte suisse : la Versoix, la Veveyse, la Promenthouse, la Chamberonne, l'Eau Froide, la Morges et la Dullive. Les exportations du lac sont déterminées sur le Rhône émissaire à Genève. Pour ces rivières, les prélèvements sont effectués en continu et les analyses réalisées sur des échantillons proportionnels au débit ou au temps prélevés sur 2 semaines, 1 semaine ou une fois 24 heures par mois (figure 1 et Tableau 1).

Depuis l'arrêt des mesures au pont de Bioge à fin 2002, les débits de la Dranse sont mesurés au pont de Couvaloup à Seytroux, en amont du pont de Bioge. Un facteur correctif est appliqué à partir d'une corrélation établie entre les 2 points de mesure à partir de 10'454 données journalières entre 1979 et 2002. Le coefficient de corrélation entre ces deux points est de 0.94.

Pour le bassin versant du Rhône en aval du lac, les analyses concernent le Rhône émissaire, le Rhône à Chancy dans le cadre du programme NADUF (programme de surveillance nationale des cours d'eau suisses), l'Arve, l'Allondon et le Nant d'Avril. Pour ces trois dernières rivières, les prélèvements sont effectués une fois par mois de façon ponctuelle.

Les prélèvements et les analyses chimiques sont effectués par les laboratoires suivants :

- Service cantonal de l'écologie de l'eau, 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 environ 20 laboratoires (STRAWCZYNSKI, 2009).

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, de la Versoix, du Rhône émissaire et d'un choix de trois affluents complémentaires parmi les affluents secondaires. Toutes les autres rivières sont suivies dans le cadre de programmes cantonaux ou de programmes propres aux laboratoires.

Le présent rapport est basé sur l'évolution temporelle des affluents. Il est rédigé en deux parties :

Dans la première partie, nous analyserons les quantités (en terme de flux) de nutriments (phosphore total, orthophosphate et azote minéral total) et de chlorure apportées au lac par les 4 affluents principaux ou sortant du lac, ainsi que les quantités apportées par les rivières en aval du lac.

Dans la seconde partie, nous analyserons la qualité chimique des eaux de ces rivières pour le phosphore dissous (orthophosphate), l'azote (ammonium et nitrate), et le carbone organique dissous. Dans cette partie, nous avons attribué des classes de qualité aux différentes rivières pour chacun de ces différents paramètres, suivant une grille physico-chimique élaborée par la CIPEL et commune aux différentes entités qui la composent. Les seuils de qualité de cette grille découlent d'une homogénéisation des méthodes suisses (Système modulaire gradué et diagnostic environnemental du Valais) et française (SEQ-Eau). Les résultats sont représentés par des box-plot comprenant les valeurs des médianes annuelles pondérées par le débit et les percentiles 25 % et 75 %, ainsi que les extrêmes ("moustaches") calculés à 1.5 fois l'interquartile.

Paramètres/ Classification	COD (mg/L)	N-NH ₄ (mg N-NH ₄ /L)	P-PO ₄ (mg P-PO ₄ /L)	N-NO ₃ (mg N-NO ₃ /L)
Très bonne	<= 3	<= 0.1	<= 0.025	<= 1
Bonne	3 - 5	0.1 - 0.4	0.025 – 0.05	1 – 3
Moyenne	5 - 8	0.4 - 1	0.05 – 0.250	3 – 6
Mauvaise	> 8	> 1	> 0.250	> 6

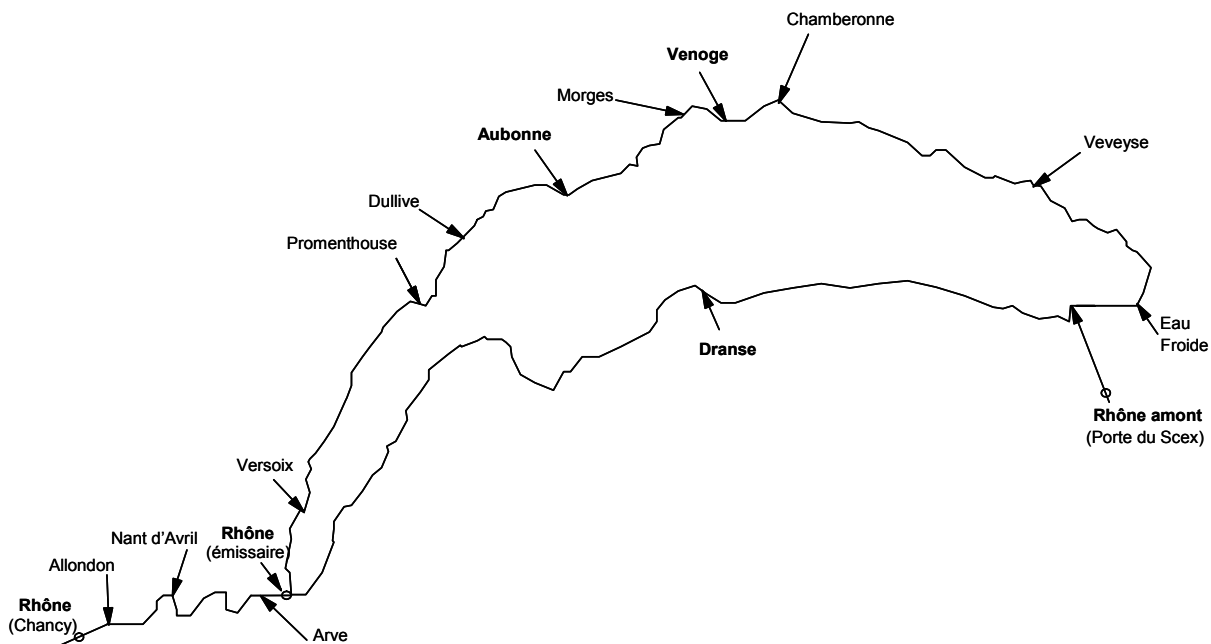


Figure 1 : Situation des diverses rivières étudiées.
 Figure 1 : Locations of the various rivers investigated.

Tableau 1: Type de prélèvement.
 Table 1 : Type of sample.

	Proportionnel au débit, intégré sur 1 ou 2 semaines	Proportionnel au temps, intégré sur 1 ou 2 semaines	Proportionnel au temps, intégré sur 24 heures (1 x mois)	Instantané (1 x mois)
Bassin du Léman				
Rhône - Porte du Scex		x ¹		
Dranse	x ¹			
Aubonne	x ¹			
Venoge	x ¹			
Versoix	x ²			
Veveyse		x		
Promenthouse		x		
Chamberonne		x		
Morges		x		
Eau Froide			x	
Dullive			x	
Rhône émissaire	x ²			
Bassin du Rhône aval				
Arve				x
Allondon				x
Nant d'Avril				x
Rhône à Chancy		x ²		

¹ = intégré sur une semaine
² = intégré sur deux semaines

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

$$F_{\text{moy}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot Q_i}{n} \qquad C_{\text{moy}} = \frac{F_{\text{moy}}}{Q_{\text{moy}}}$$

avec F_{moy} = flux moyen ($\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$)
 C_i = concentration dans l'échantillon prélevé ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
 Q_i = débit moyen de la période correspondante ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)
 n = nombre d'échantillons
 Q_{moy} = débit moyen annuel

2. DÉBITS DES AFFLUENTS PRINCIPAUX DU LÉMAN ET DE L'ÉMISSAIRE (Tableau 2 et figure 2)

L'année 2008 est une année à pluviométrie moyenne avec une lame d'eau précipitée au niveau des inter-stations du Léman de l'ordre de 1'048 mm, très légèrement supérieure à la moyenne de ces trente dernières années qui est de 1'022 mm (QUETIN, 2009). Les débits moyens annuels sont également proches des valeurs moyennes (Tableau 2).

La figure 2 représente les débits moyens annuels des principaux affluents du Léman et du Rhône émissaire ainsi que la pluviométrie moyenne annuelle à Thonon depuis 1980. Les débits sont influencés par la pluviométrie et le Rhône amont représente près de 75 % des apports au Léman avec un volume d'eau fortement lié à la fonte des neiges.

Tableau 2 : Débits des affluents et de l'émissaire à Genève ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$).

Table 2 : Flow rates of the tributaries and of the effluent river in Geneva ($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$).

Année	Rhône amont	Dranse	Aubonne	Venoge	Rivières complémentaires	Rhône émissaire
1986	194.9	23.2	5.3	3.9		259.1
1987	194.0	26.3	6.9	4.7		276.6
1988	202.7	22.4	6.7	5.4		278.9
1989	167.4	21.7	2.9	2.2	8.8	207.2
1990	164.8	33.0	3.7	2.9	13.3	238.6
1991	171.9	14.8	5.9	3.1	10.1	201.5
1992	177.5	21.2	7.2	4.1	13.8	224.7
1993	190.9	17.3	5.8	4.1	13.4	243.2
1994	214.6	20.7	6.3	4.7	11.6	297.4
1995	208.2	27.2	6.6	5.3	13.6	303.4
1996	145.2	15.4	4.4	3.5	9.7	192.5
1997	183.3	18.8	5.8	3.9	10.9	234.0
1998	168.8	17.2	5.0	3.3	10.9	216.4
1999	215.7	24.7	5.9	5.0	15.9	302.2
2000	187.3	19.7	6.1	4.2	13.4	246.6
2001	196.7	26.2	6.8	5.6	14.8	308.5
2002	176.9	20.9	6.0	4.8	12.7	249.1
2003	195.2	15.0	3.9	2.4	8.9	231.4
2004	163.3	13.7	4.9	3.6	12.2	221.2
2005	157.7	11.3	3.7	2.6	8.8	198.0
2006	171.7	17.8	6.6	4.8	11.9	229.9
2007	187.0	19.8	6.1	4.0	13.5	267.1
2008	179.0	15.5	5.3	3.9	12.4	244.9
Moyenne *	184.1	20.8	5.4	4.7	12.0	246.6

* : moyenne 1965-2008 (sauf pour les rivières complémentaires 1989-2008)

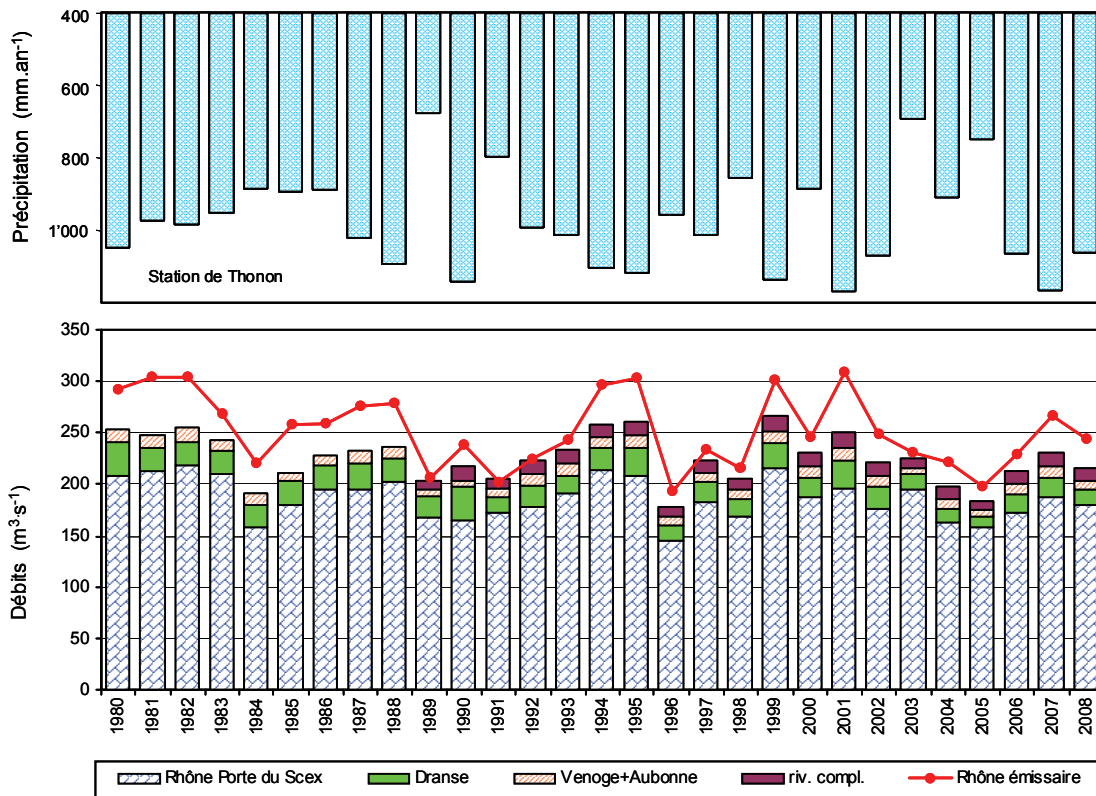


Figure 2 : Débits moyens annuels des diverses rivières et précipitations annuelles à la station de Thonon.
 Figure 2 : Mean annual flow rates of the various rivers, and annual rainfall at the Thonon station.

3. APPORTS ANNUELS DES AFFLUENTS DU LÉMAN

3.1 Phosphore (Tableau 4 et figures 3 à 6)

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 les formes dissoutes de phosphore ou se transformant en formes dissoutes.

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 de fixation sur les particules qui sédimentent, la majeure partie du phosphore dissous apporté par les affluents est potentiellement à disposition des algues.

► **Phosphore total**

La figure 3 illustre la relation entre les quantités de phosphore total et les débits des principaux affluents du Léman et du Rhône émissaire.

En 2008, les apports en phosphore total au lac par les rivières sont constitués par environ 94 % de phosphore particulaire et 6 % de phosphore dissous (figures 3 et 4). Ils sont principalement influencés par l'érosion des sols et donc par la pluviométrie, comme l'illustre la figure 3 par la relation entre les apports et les débits. A noter que c'est notamment l'intensité des événements pluvieux qui agit sur le transport des particules.

Les graphiques de la figure 5 montrent que cette relation est relativement bonne pour la Venoge et l'Aubonne, mais elle n'est pas aussi évidente pour le Rhône amont, où les apports sont beaucoup plus variables. La Dranse présente depuis les années 90 une nette baisse des apports en phosphore total.

La figure 6 confirme un changement depuis les années 90 au niveau des apports en phosphore total par le Rhône amont, constitués principalement par du phosphore particulaire (94 % en 2007), comme le montre le rapport P-PO₄/Ptot.

Dans le lac se produit la sédimentation du phosphore particulaire, ce qui explique que dans l'émissaire, c'est le phosphore dissous qui domine. Il suit depuis le milieu des années 80 la baisse des teneurs dans le lac grâce notamment à l'assainissement des eaux usées (figure 3).

► **Phosphore dissous (orthophosphate)**

La figure 4 montre qu'il n'y a pas de relation entre les quantités d'orthophosphate et les débits. La baisse des teneurs est liée à l'assainissement domestique et agricole qui sont les deux principales sources d'apports en phosphore dissous.

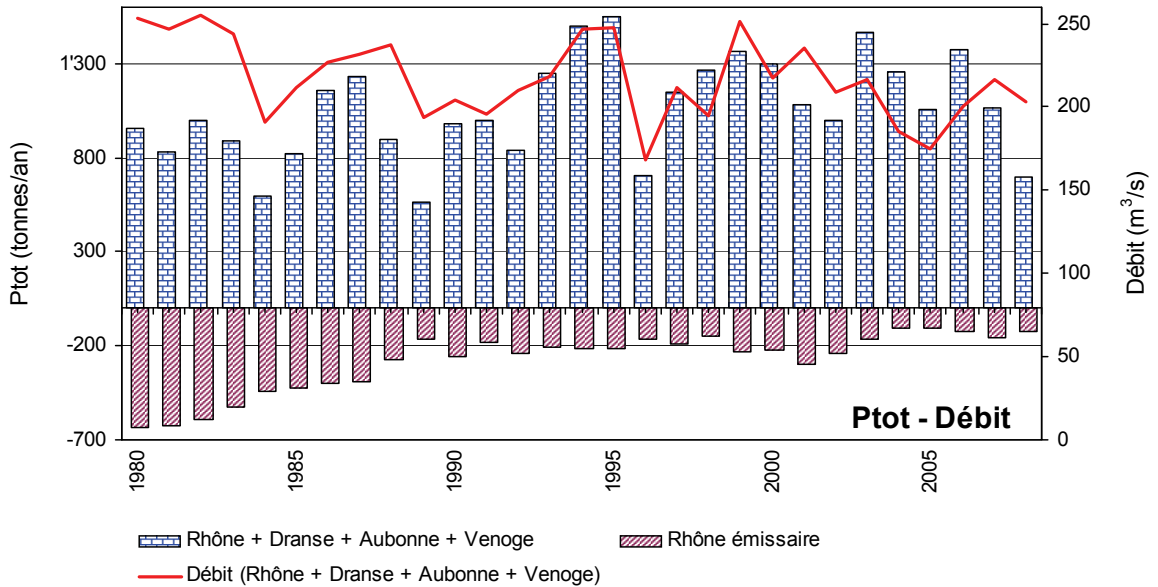


Figure 3 : Phosphore total - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.
 Figure 3 : Total phosphorus - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

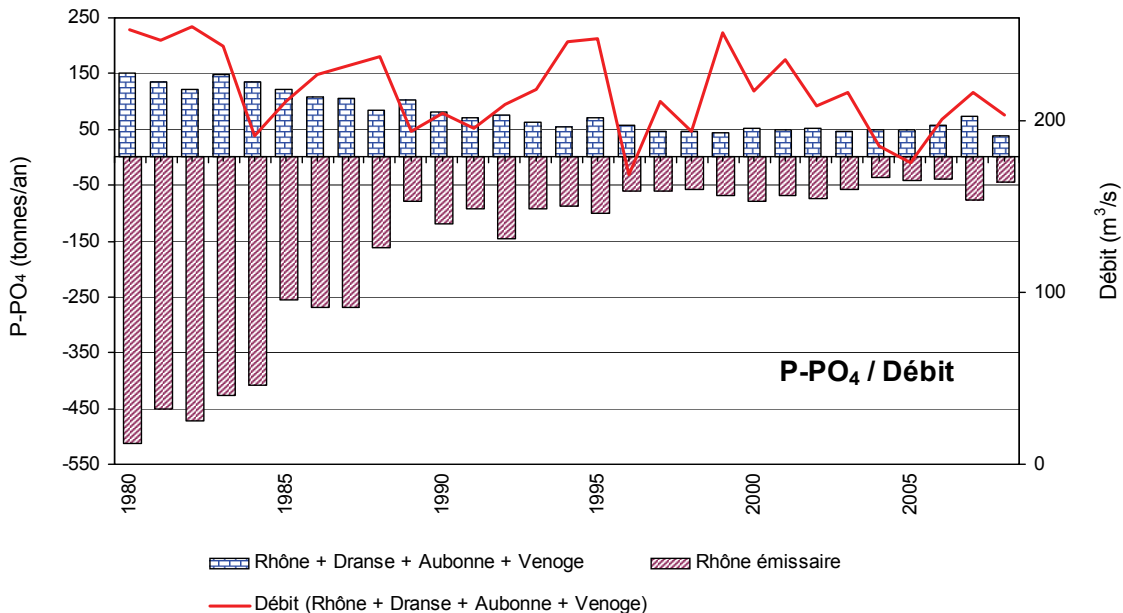


Figure 4 : Phosphore dissous (P-PO₄) - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.
 Figure 4 : Dissolved phosphorus (P-PO₄) - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

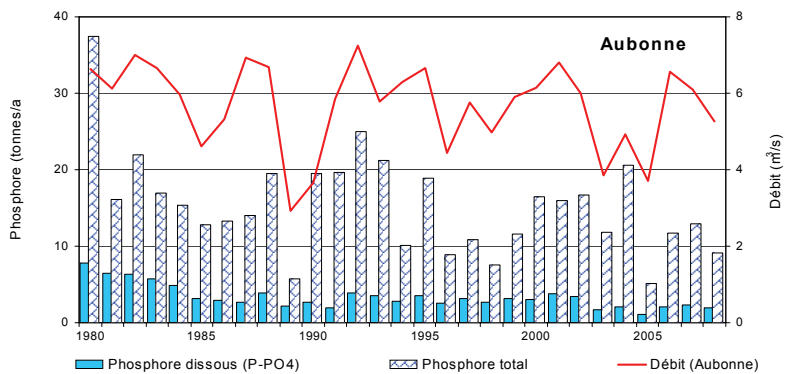
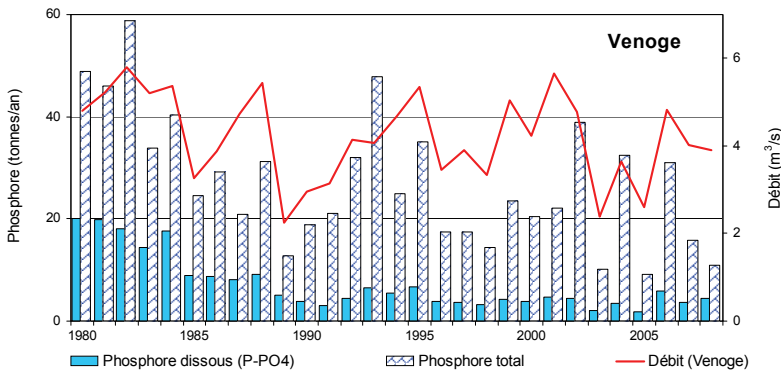
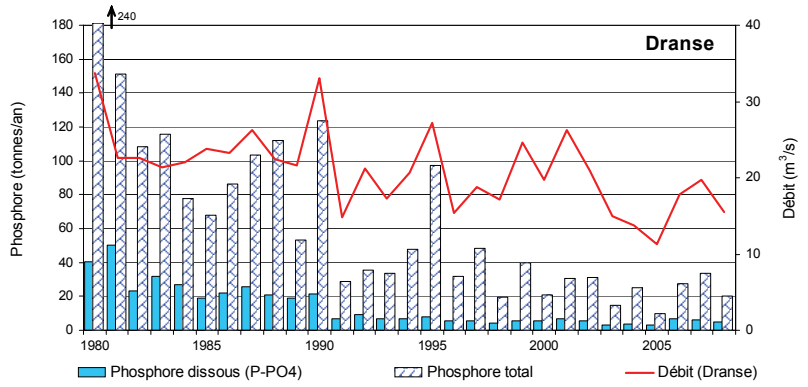
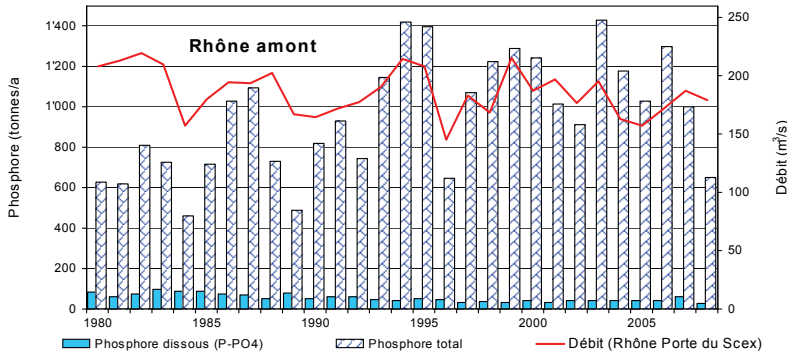


Figure 5 : Phosphore total et phosphore dissous (P-PO₄) - Apports annuels par le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge et l'Aubonne.

Figure 5 : Total phosphorus and dissolved phosphorus (P-PO₄) - Annual inflow from the upstream segment of the Rhône (Porte du Scex), the Dranse, the Venoge and the Aubonne.

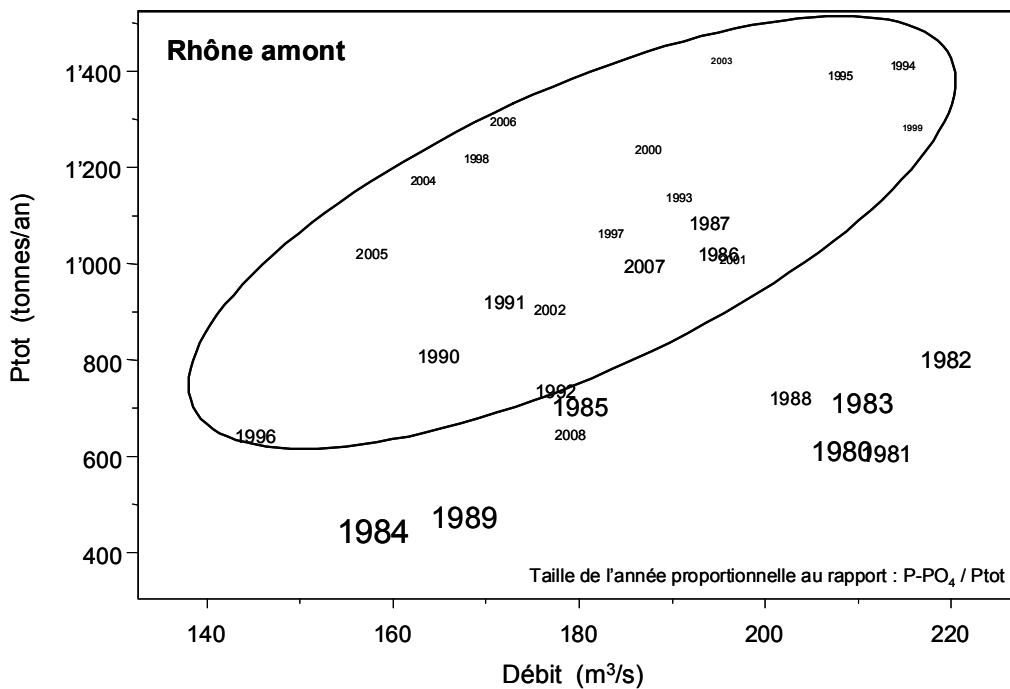


Figure 6 : Relation phosphore total / débit du Rhône amont à la Porte du Scex. La taille du chiffre de l'année est proportionnelle au rapport $P-PO_4 / P_{tot}$.

Figure 6 : Total phosphorus / mean annual flow rate ratio. The figure for the year is proportional to the $P-PO_4/P_{tot}$ ratio for the upstream sector of the Rhône (Porte du Scex).

3.2 Azote minéral total (figures 7 et 8)

Les apports en azote minéral total, ainsi que les quantités dans le Rhône émissaire sont relativement stables depuis les années 80 et fluctuent en fonction du débit. La relation est bonne pour la Dranse, l'Aubonne et la Venoge un peu moins pour le Rhône amont. Cette stabilité semble liée, d'une part à l'absence de dénitrification dans la majorité des STEP du bassin du Léman et, d'autre part, à la fertilisation azotée des cultures qui n'a pas évolué depuis le milieu des années 90 et où les excédents d'azote n'en demeurent pas moins élevés (33 % des quantités entrantes) et pouvant polluer les eaux (Office fédéral de la statistique, OFS, 2007, figure p. 30).

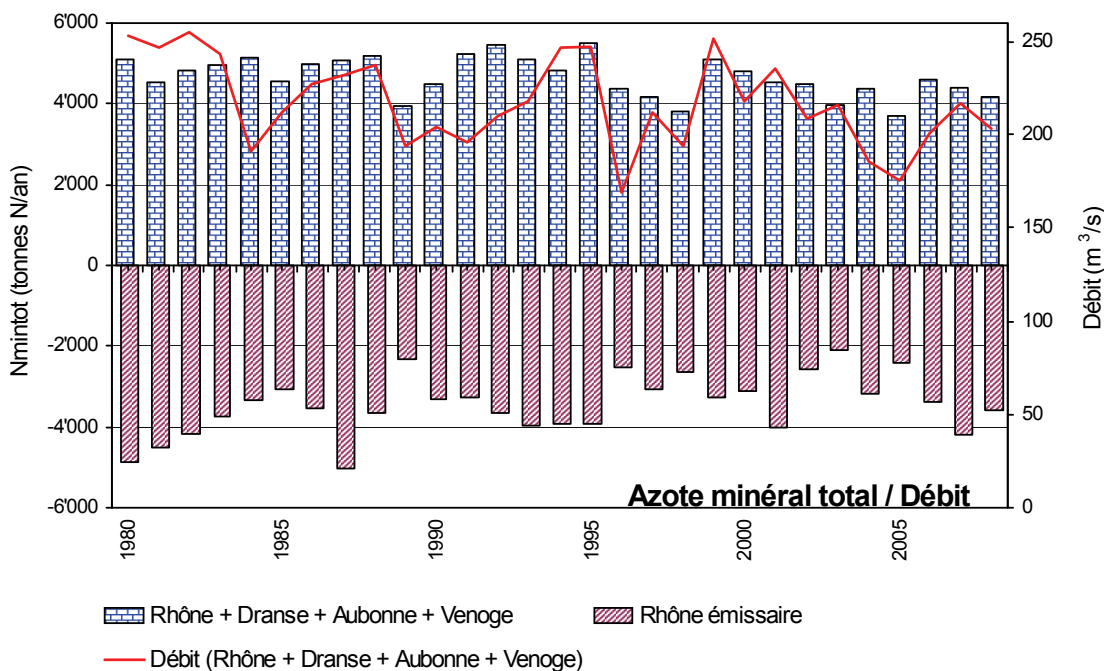


Figure 7 : Azote minéral total - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.
 Figure 7 : Total inorganic nitrogen - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

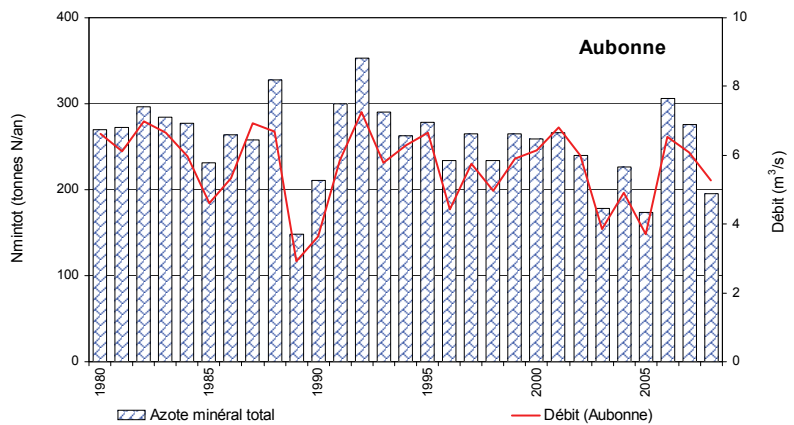
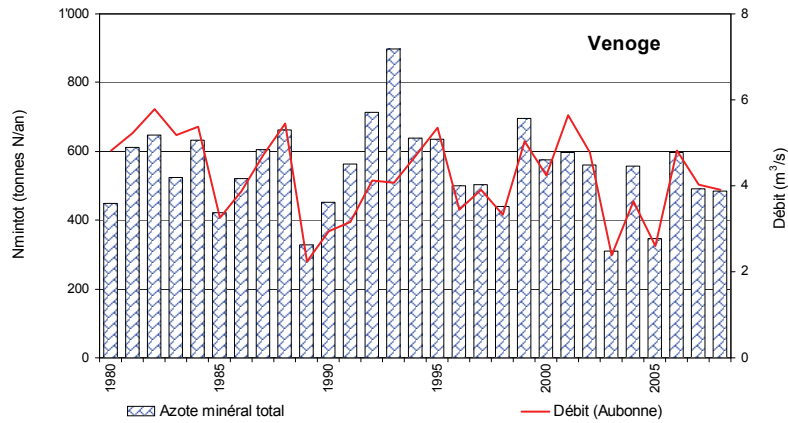
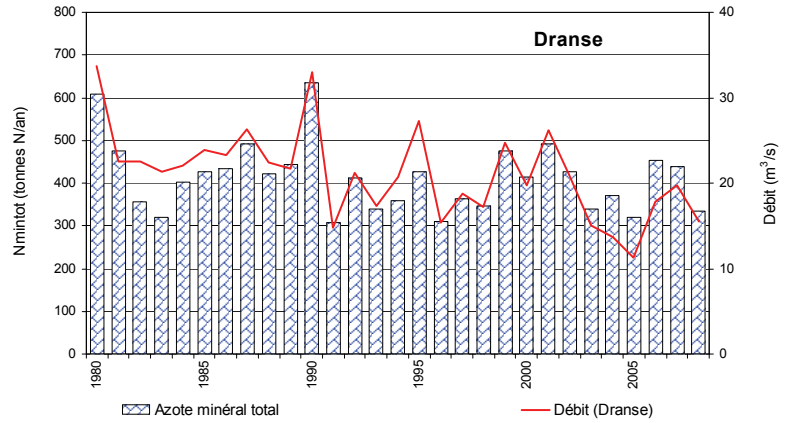
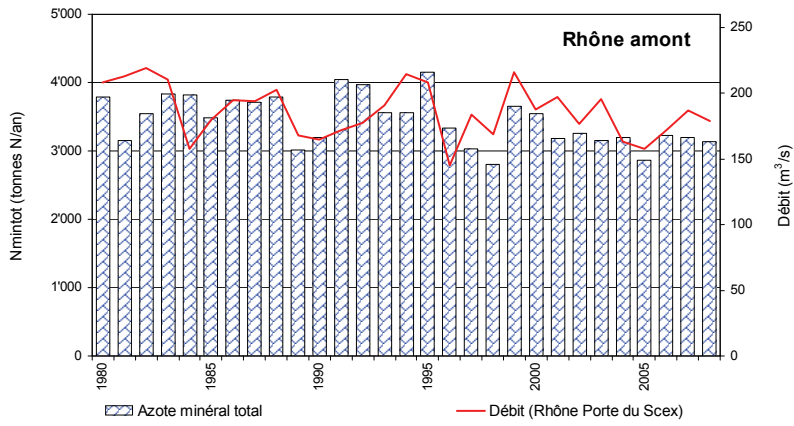


Figure 8 : Azote minéral total - Apports annuels par le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge et l'Aubonne.

Figure 8 : Total inorganic nitrogen - Annual inflow from the upstream segment of the Rhône (Porte du Scex), the Dranse, the Venoge and the Aubonne.

3.3 Chlorure (figures 9 et 10)

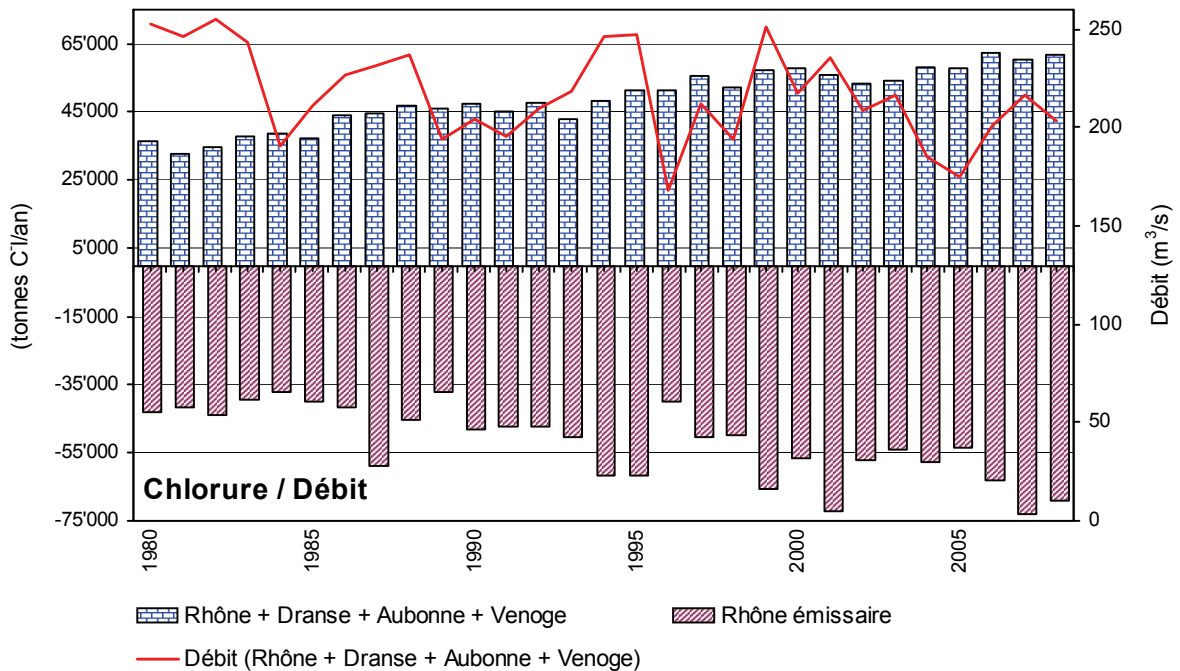


Figure 9 : Chlorure - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.
 Figure 9 : Chloride - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

Les apports en chlorure sont moins bien corrélés aux débits que pour l'azote, du fait des apports d'origine industrielle.

Pour le Rhône amont, ceux-ci proviennent pour l'essentiel des rejets industriels (GUMY et De ALENCASTRO, 2001).

Une hausse des apports en chlorure est constatée pour la Dranse depuis le milieu des années 90, ainsi que pour d'autres rivières de montagne qui ne sont pas représentées ici (par exemple la Veveyse, l'Eau Froide). Cette augmentation semble liée à celle du salage des routes, qui a tendance à augmenter pendant la période hivernale. En effet, la vente du sel par la Saline de Bex (SALINE DE BEX, 2008, p. 5) pour le traitement des routes était en moyenne de 11'900 tonnes pour la période de 1980-1989, de 15'300 tonnes pour la période de 1990-1999 et de 18'600 tonnes pour la période 2000-2007. Ce tonnage ne représente pas la totalité de l'utilisation dans le bassin versant du Léman.

Pour l'Aubonne et la Venoge qui sont des rivières de plaine et de contrefort du Jura, on peut difficilement lier les apports de chlorure surtout au salage des routes. Par contre, il se dégage une assez bonne relation avec les débits, laissant supposer que ces apports proviennent davantage du lessivage des chlorures présents dans les sols agricoles issus de l'utilisation d'engrais à base de chlorure.

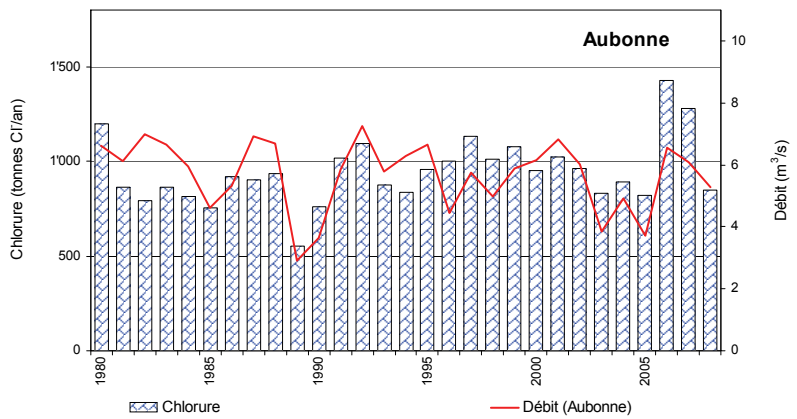
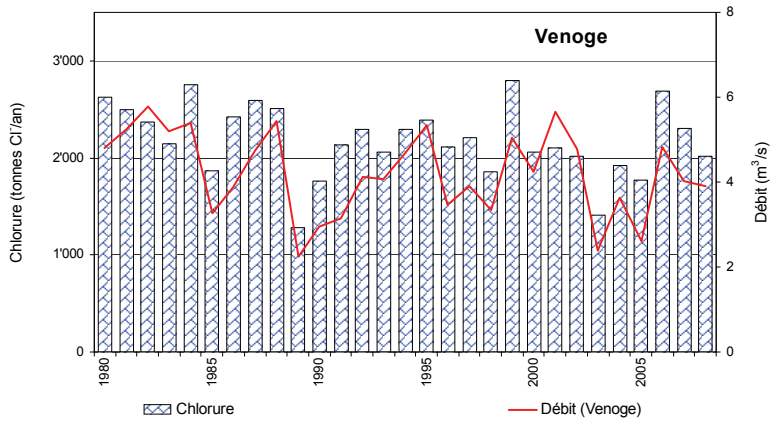
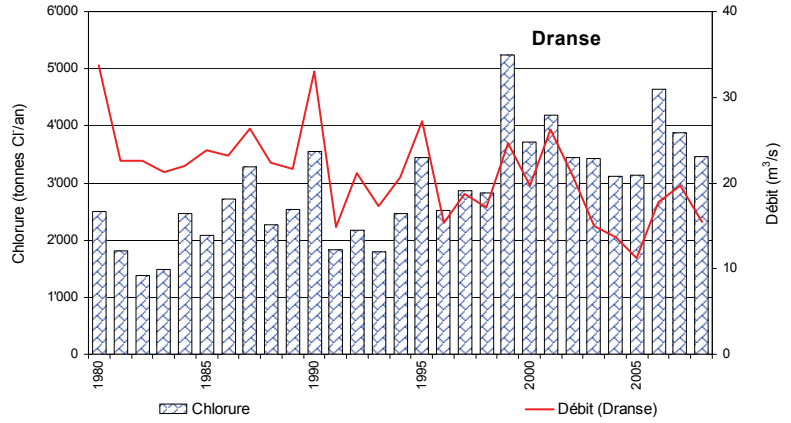
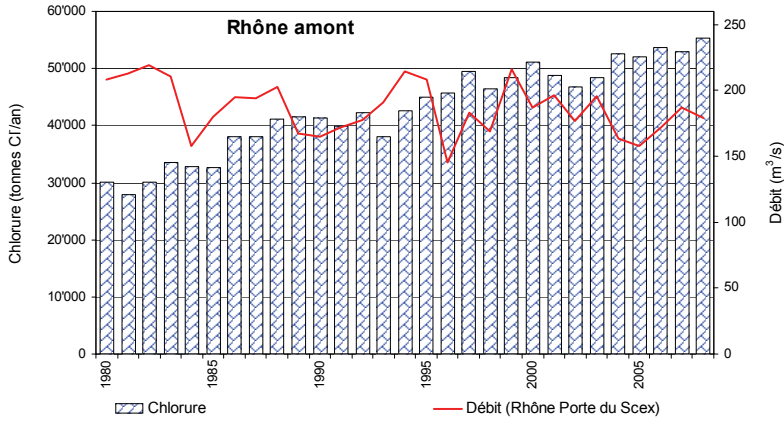


Figure 10 : Chlorure - Apports annuels par le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge et l'Aubonne.
 Figure 10 : Chlorure - Annual inflow from the upstream segment of the Rhône (Porte du Scex), the Dranse, the Venoge and the Aubonne.

4. EXPORTATIONS ANNUELLES DU RHÔNE AVAL À CHANCY ET APPORTS DE SES PRINCIPAUX AFFLUENTS

En aval du lac, le Rhône traverse le territoire du canton de Genève et quitte la Suisse à Chancy-Pougny (débit moyen 1988-2008 : 339 m³/s). Le long de son parcours, il reçoit les eaux de nombreux affluents, les deux principaux étant l'Arve (débit moyen 1988-2008 : 72 m³/s) et l'Allondon (débit moyen 1988-2008 : 3.5 m³/s). Les débits du Rhône émissaire et de l'Arve constituent 93 % du débit mesuré à Chancy. Nous disposons 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 dernières rivières doivent donc être considérés avec prudence.

4.1 Phosphore (figure 11)

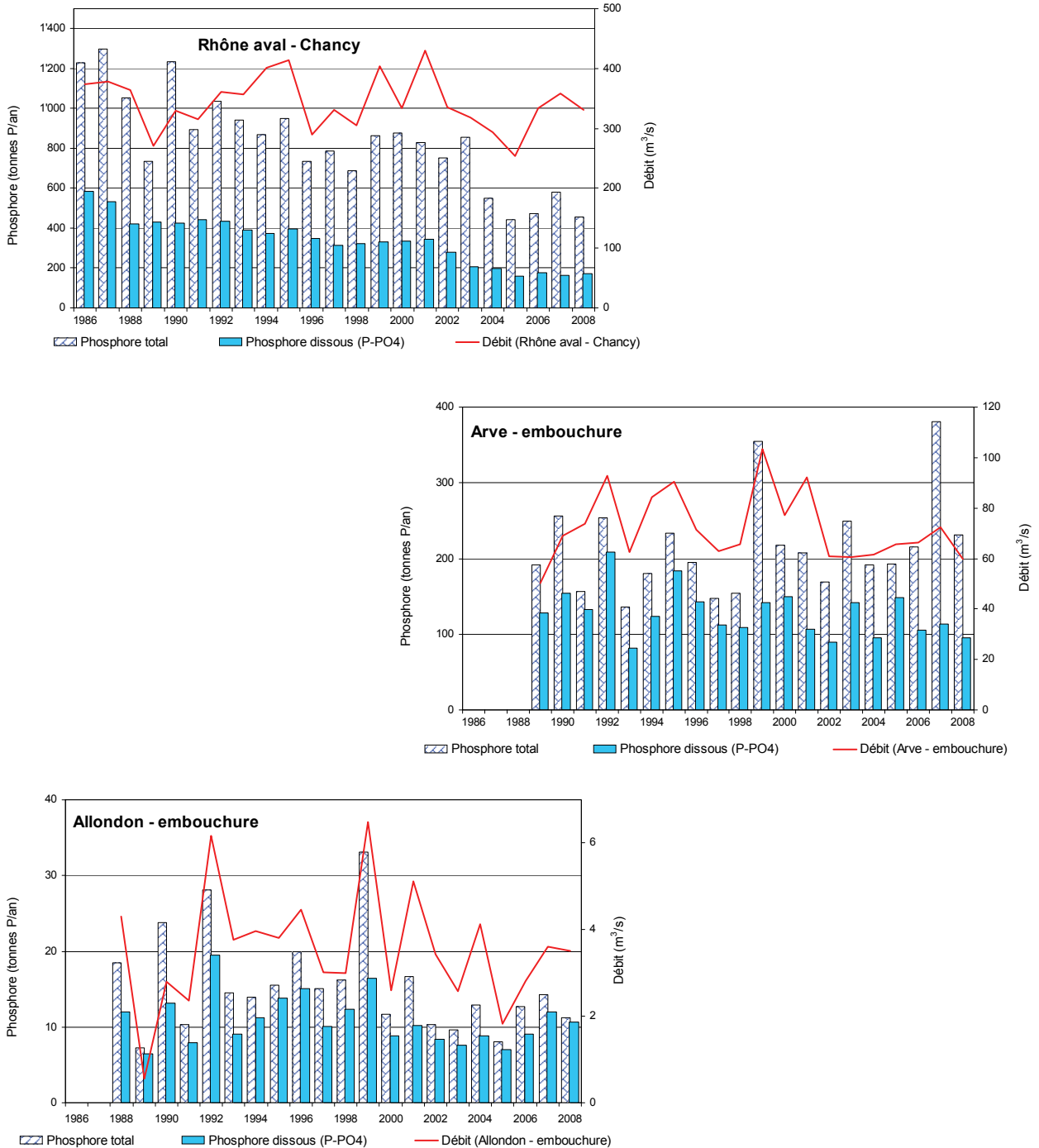


Figure 11 : Phosphore total et phosphore dissous (P-PO₄) - Apports annuels par le Rhône à Chancy, l'Arve et l'Allondon.

Figure 11 : Total phosphorus and dissolved phosphorus (P-PO₄) - Annual inflow from the Rhône (Chancy), the Arve and the Allondon.

► **Phosphore total**

Comme expliqué au paragraphe 3.1, c'est le phosphore dissous qui domine dans le Rhône en aval du lac, du fait de la sédimentation du phosphore particulaire dans le lac. La diminution du phosphore total est surtout liée aux mesures d'assainissement domestique et agricole, qui sont les 2 principales sources d'apports en phosphore dissous. Une baisse encore plus importante est constatée dès 2003-2004, période qui correspond à la mise en place de la déphosphatation pour la STEP d'Aïre, la plus grande de tout le territoire de la CIPEL avec 600'000 EH et qui rejette ses eaux après traitement dans le Rhône. Ce nouveau dispositif a permis de diminuer la concentration en phosphore total en sortie de moitié, puisqu'elle est passée de 1.8 mg/L au milieu des années 90 à 0.9 mg/L en 2008.

► **Phosphore dissous (orthophosphate)**

Pour l'Arve et l'Allondon, l'orthophosphate domine dans les apports du fait de l'absence d'obligation de déphosphatation pour les STEP situées dans ces bassins versants.

Concernant l'Allondon, l'abandon des STEP du Journans et de l'Allondon, avec raccordement des eaux usées sur la STEP de Bois-de-Bay dans le canton de Genève, prévue au courant 2009, devrait améliorer la qualité de l'eau de l'Allondon.

4.2 Azote total ou minéral total (figure 12)

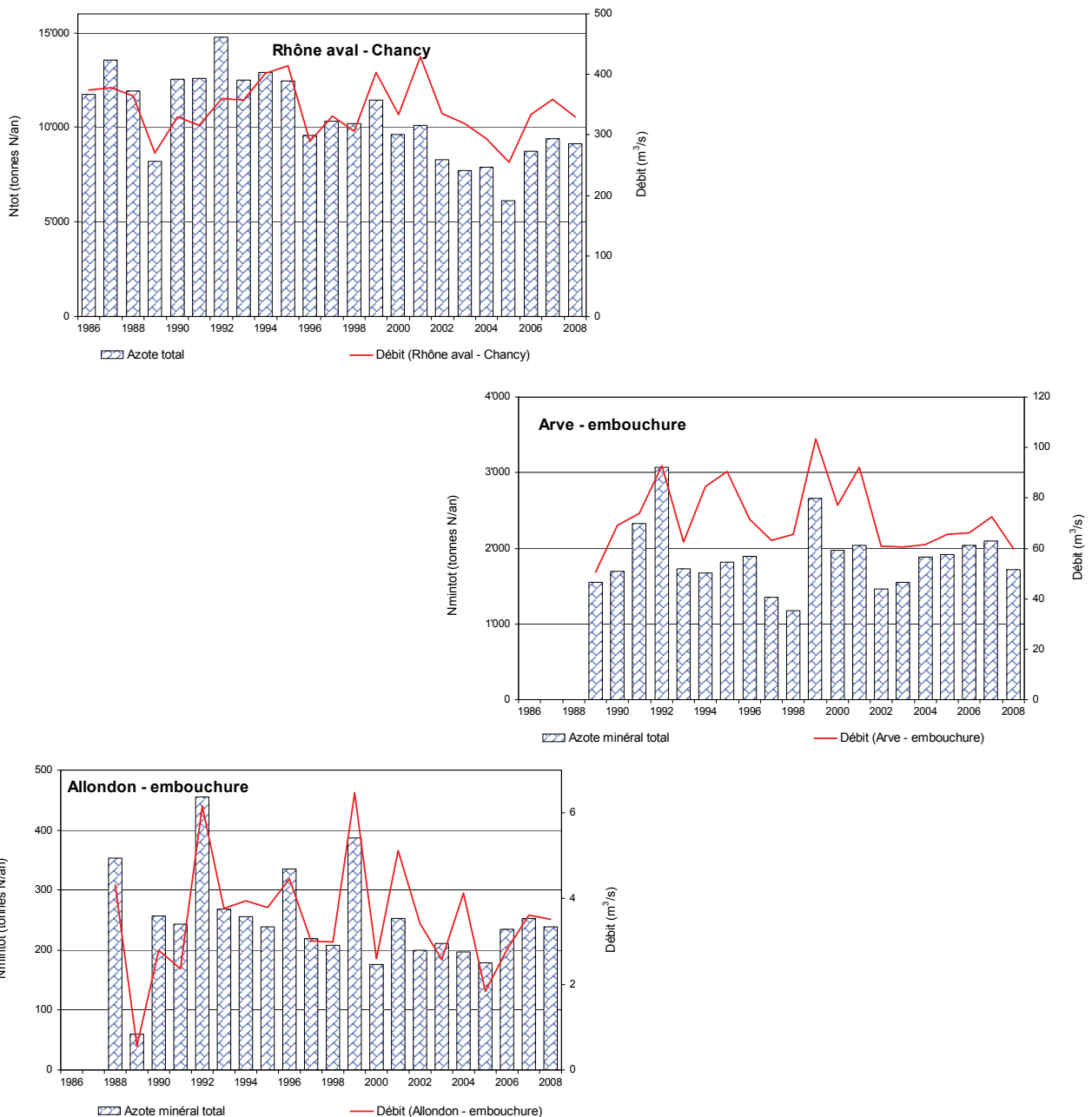


Figure 12 : Azote total ou azote minéral total - Apports annuels par le Rhône à Chancy, l'Arve et l'Allondon.

Figure 12 : Total nitrogen or total inorganic nitrogen - Annual inflow from the Rhône (Chancy), the Arve and the Allondon.

Tout comme pour le bassin versant du Léman, les apports en azote minéral total par les rivières en aval du lac fluctuent en fonction du débit et sont globalement stables pour l'Allondon et l'Arve. Une légère tendance à la baisse semble se dégager pour le Rhône aval à Chancy depuis le milieu des années 90. La reconstruction de la STEP d'Aire en 2002 n'a cependant pas d'effet sur la baisse des apports en azote total puisque les concentrations mesurées en sortie de cette STEP n'ont que peu évolué ces 10 dernières années. D'autres causes sont peut-être à rechercher.

4.3 Chlorure (figure 13)

Globalement, les apports en chlorure fluctuent avec les débits, provenant pour l'essentiel du lessivage des sols agricoles et en partie de l'utilisation de sels de déneigement. On note tout de même, surtout depuis ces trois dernières années, une tendance à la hausse pour le Rhône à Chancy.

Cette tendance à la hausse observée sur le Rhône à Chancy peut s'expliquer par l'arrivée des eaux du Léman plus riches en chlorure.

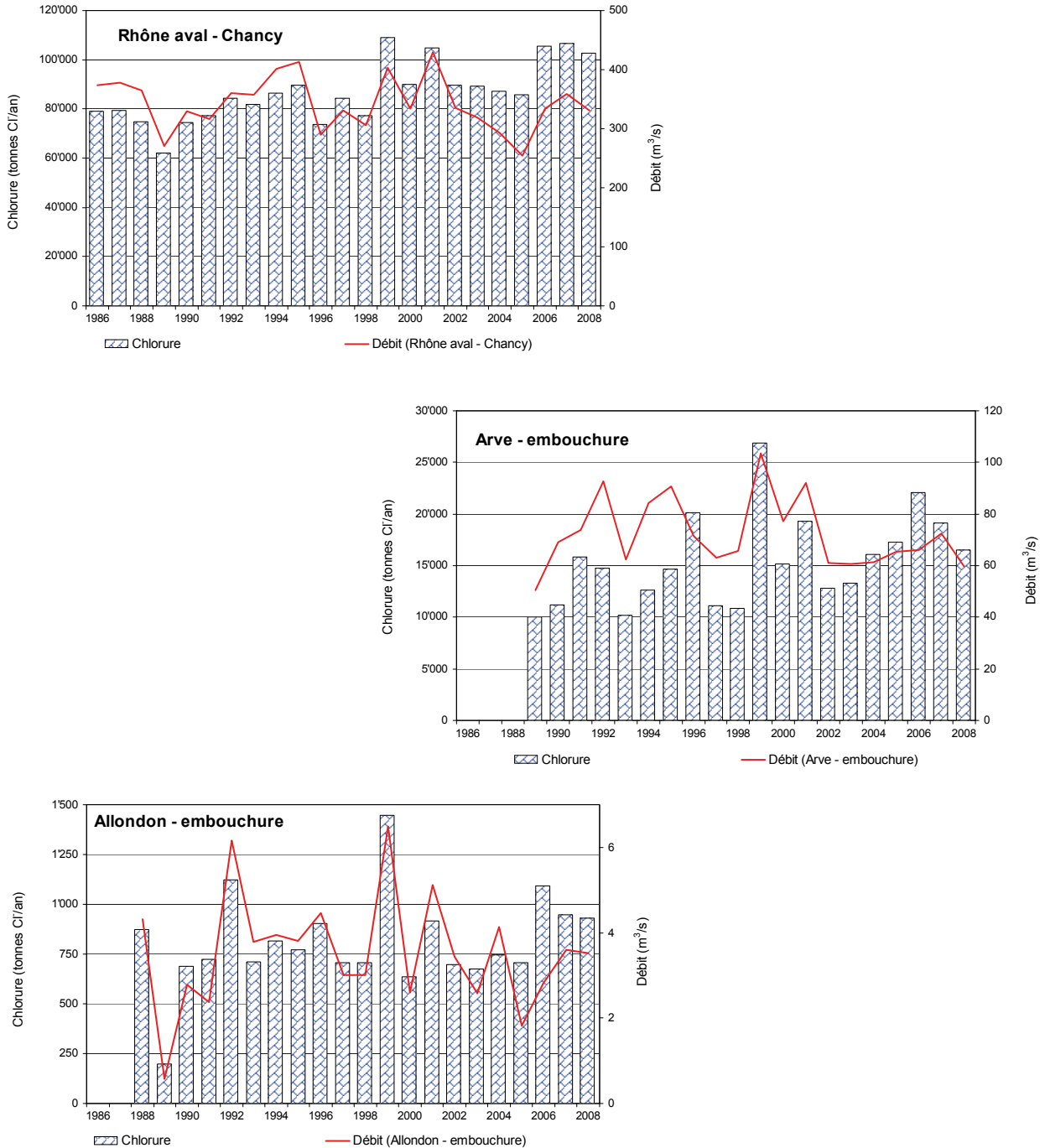


Figure 13 : Chlorure - Apports annuels par le Rhône à Chancy, l'Arve et l'Allondon.

Figure 13 : Chloride - Annual inflow from the Rhône (Chancy), the Arve and the Allondon.

5. ÉTUDE DE LA QUALITÉ CHIMIQUE DES EAUX DES PRINCIPALES RIVIÈRES DU BASSIN LÉMANIQUE (Tableau 3 et figures 14 à 17)

5.1 Orthophosphate (figure 14)

Dans le bassin versant du Léman, la qualité de l'eau du Rhône en amont du lac est très bonne depuis plus de deux décennies. Pour la Dranse et l'Aubonne, elle est passée de bonne à très bonne. L'amélioration est plus nette pour la Venoge et la Versoix, où la qualité est passée de moyenne à bonne, voire très bonne. La diminution de la taille des box-plot indique que globalement, la qualité de l'eau varie moins au cours de l'année pour ces rivières, signe d'une bonne stabilité de la qualité de l'eau.

Dans le bassin versant Rhône aval, la qualité du Rhône mesurée à Chancy, suit la baisse de la concentration mesurée dans le Léman. La qualité de l'Arve se situe entre les classes moyenne et bonne depuis ces trois dernières années. L'Allondon ne sort pas de la classe moyenne à cause notamment de l'absence d'obligation de déphosphatation pour les STEP. Une amélioration est à prévoir avec la suppression des rejets des STEP situées dans ce bassin versant et le raccordement des eaux usées sur Genève prévus en 2009.

5.2 Ammoniaque (figure 15)

La qualité de l'eau est globalement très bonne pour les affluents étudiés du bassin versant du Léman, Rhône amont, Dranse, Aubonne et Versoix. Elle s'est améliorée de façon spectaculaire pour la Venoge où elle est passée de moyenne à bonne voire très bonne. L'amélioration de l'assainissement dans ce bassin versant a permis de mieux traiter l'azote dans les STEP et donc de rejeter moins d'ammoniaque.

La qualité de l'Arve et de l'Allondon a tendance à se dégrader au cours du temps, notamment pour l'Allondon, signe de la saturation des STEP dans le Pays de Gex. Mais cette situation est en passe de s'améliorer avec le raccordement futur des eaux usées sur Genève. La qualité de l'eau de ces deux rivières montre une variabilité assez importante, même si la qualité oscille entre bonne et très bonne, avec des valeurs médianes plutôt proches de cette dernière.

La qualité du Rhône à Chancy s'est améliorée depuis la fin des années 90 et se trouve actuellement à la limite entre bonne et très bonne.

5.3 Nitrate (figure 16)

Dans le bassin versant du Léman, la qualité de l'eau est très bonne pour le Rhône amont et la Dranse, bonne pour l'Aubonne et la Versoix mais tout de même assez proche d'une très bonne qualité pour cette dernière. La qualité de l'eau de la Venoge est passée de bonne au début des années 80 à moyenne. Les STEP du bassin versant du Léman n'étant pas astreintes à la dénitrification, le traitement de l'azote engendre des rejets plus chargés en nitrates, mais par contre appauvris en ammoniaque et donc moins toxiques pour le milieu (cf. 5.2). Le niveau de qualité assez moyen et constant en nitrates pour la Venoge doit aussi être mis en relation avec l'occupation des sols de ce bassin versant, en bonne partie de nature agricole.

La qualité de l'eau du Rhône à Chancy et de l'Arve est très bonne pour ce paramètre et bonne pour l'Allondon.

5.4 Carbone organique dissous (figure 17)

Pour ce paramètre, la qualité de l'eau des différentes rivières est très bonne depuis plus de 20 ans pour le Rhône en amont et en aval du lac ainsi que pour la Versoix et depuis plus de 15 ans pour l'Arve et l'Allondon. Elle est passée de bonne à très bonne pour la Venoge et l'Aubonne.

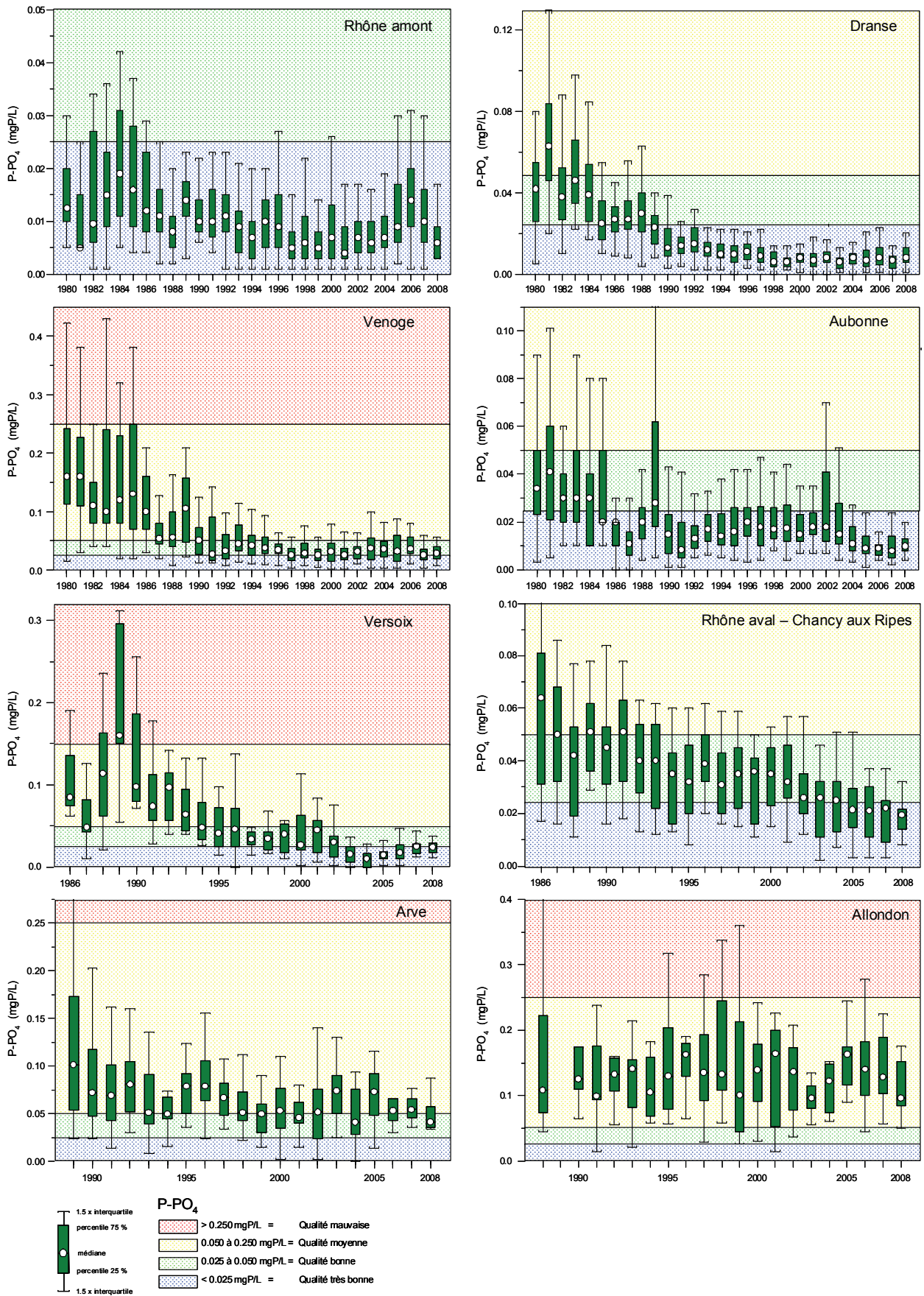


Figure 14 : Orthophosphate - dans des rivières du bassin du Léman et du Rhône aval.

Figure 14 : Orthophosphate - in rivers in the catchment area of Lake Geneva and the downstream segment of the Rhône.

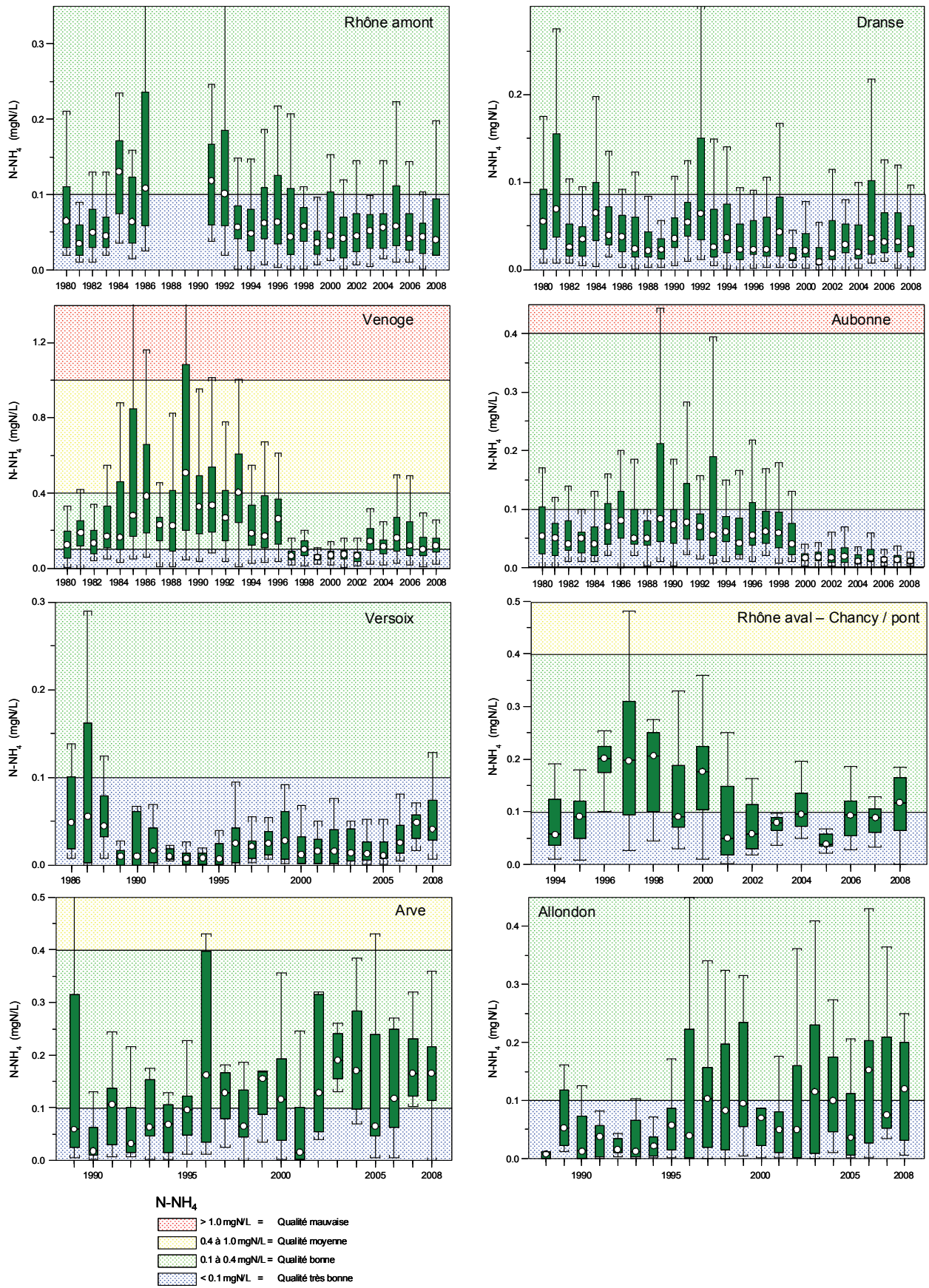


Figure 15 : Azote ammoniacal - dans des rivières du bassin du Léman et du Rhône aval.

Figure 15 : Ammoniacal nitrogen - in rivers in the catchment area of Lake Geneva and the downstream segment of the Rhône.

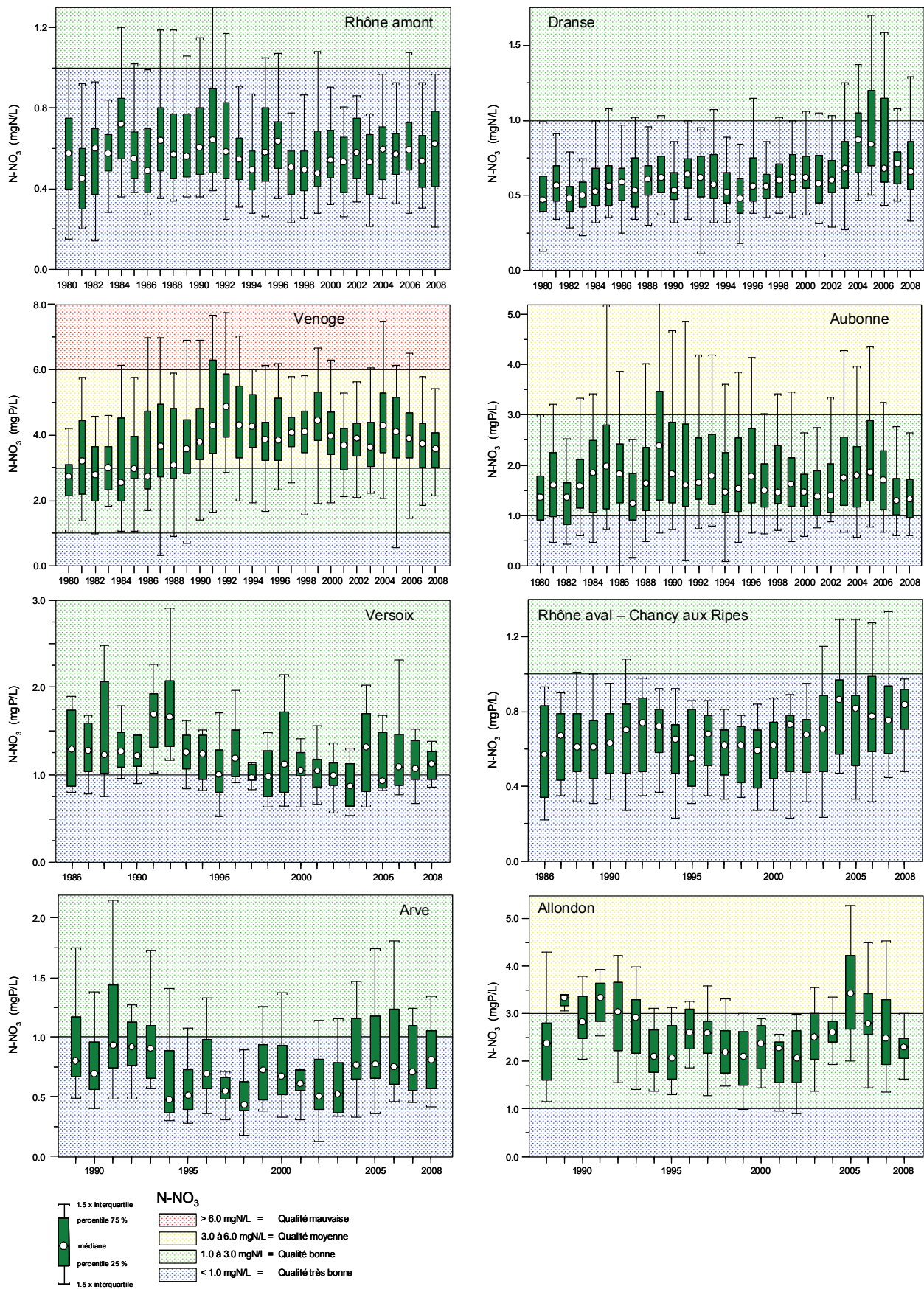


Figure 16 : Azote nitrique - dans des rivières du bassin du Léman et du Rhône aval.

Figure 16 : Nitric nitrogen - in rivers in the catchment area of Lake Geneva and the downstream segment of the Rhône.

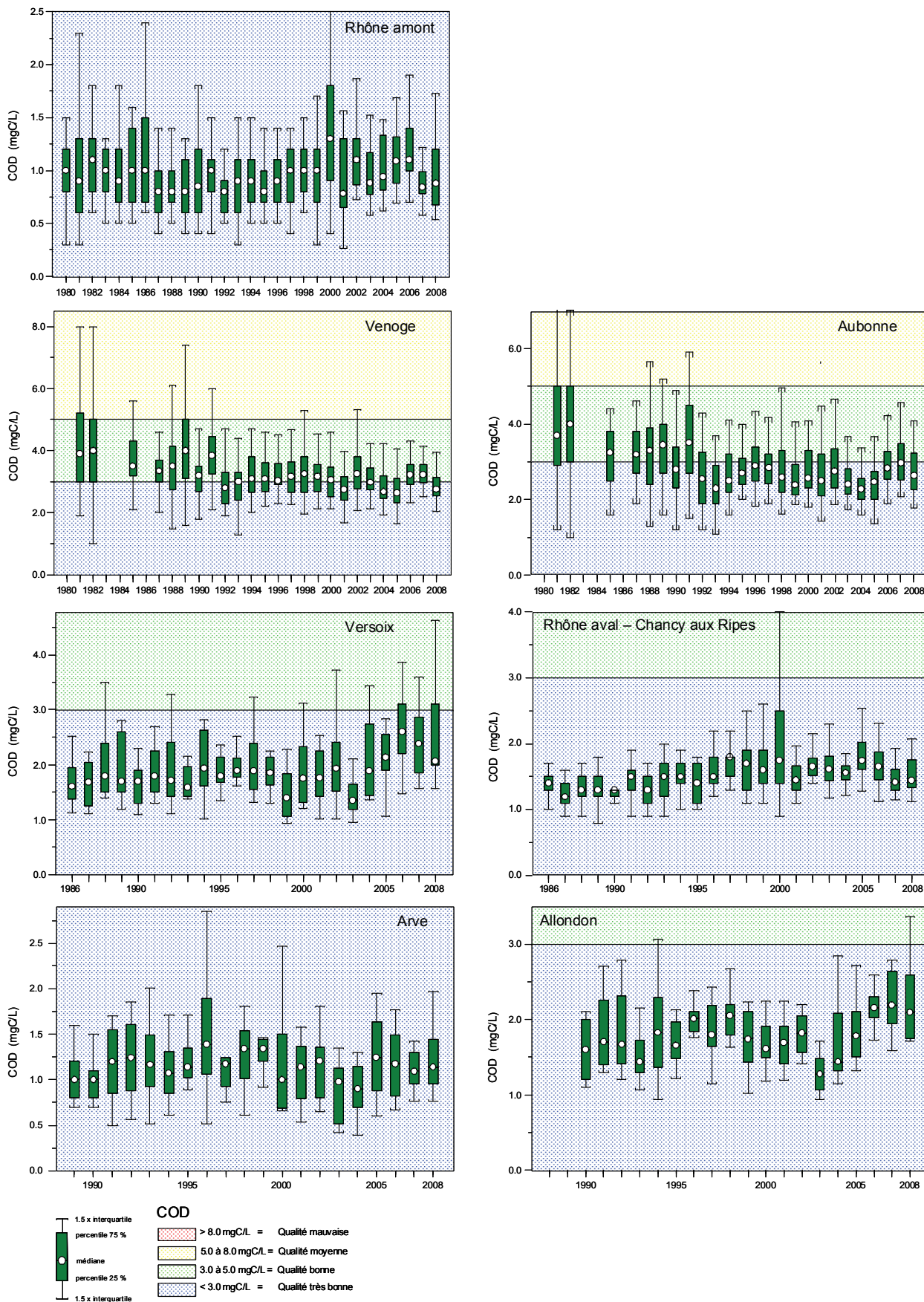


Figure 17 : Carbone organique dissous - dans des rivières du bassin du Léman et du Rhône aval.
 Figure 17 : Dissolved organic carbon - in rivers in the catchment area of Lake Geneva and the downstream segment of the Rhône.

6. CONCLUSIONS

Les débits moyens annuels des affluents et de l'émissaire à Genève montrent une stabilité sur le long terme, mais présentent des fluctuations d'une année à l'autre, liées à la pluviométrie. L'année 2008 est considérée comme une année à pluviométrie moyenne et le débit moyen annuel à l'émissaire est proche de la moyenne 1965-2008.

L'analyse des flux de nutriments des principaux affluents du territoire de la CIPEL montre certaines différences selon les bassins versants de rivières.

- Les apports en **phosphore dissous** ont diminué pour l'ensemble des rivières suivies sauf pour l'Allondon et l'Arve qui se trouvent dans le bassin versant à l'aval du lac, car seules les STEP du bassin versant du Léman sont astreintes à la déphosphatation. Une amélioration est cependant attendue pour l'Allondon en 2009 avec le raccordement des eaux usées de ce bassin à une STEP du canton de Genève qui déversera dans le Rhône aval.
- Les apports en **phosphore total** au lac ont nettement diminué pour la Dranse, l'Aubonne et la Venoge. Après une tendance à l'augmentation du phosphore total pour le Rhône amont depuis les années 90, phosphore total constitué à 94 % par du phosphore particulaire, on constate une baisse depuis 2 ans. Les raisons de ces variations n'ont pour l'instant pas pu être élucidées.
- L'absence de dénitrification dans les STEP et une fertilisation azotée stable depuis près de 20 ans, expliquent que les apports en **azote minéral total** sont stables et suivent principalement la variation des débits.
- Les quantités de **chlorure** sont en hausse, notamment dans le Rhône amont. Cette augmentation trouve deux explications possibles : la présence des industries et l'augmentation de leurs rejets, ainsi que l'utilisation de plus en plus importante de sels de déneigement. Une tendance à la hausse depuis les années 90 est également constatée dans la Dranse, mais en l'absence d'industries importantes dans ce bassin versant, l'augmentation proviendrait davantage du salage des routes qui ne cesse de croître. Pour les rivières autres que le Rhône amont, les apports varient avec les débits et seraient par conséquent en plus du salage des routes, liés au lessivage des sols agricoles et à l'utilisation des engrais contenant des chlorures, ainsi qu'aux échangeurs d'ions des lave-vaisselles.

L'utilisation d'une grille d'évaluation de la qualité des rivières pour 4 paramètres (P-PO₄, N-NH₄, N-NO₃, COD) a montré que toutes les rivières étaient de bonne voire très bonne qualité pour le COD et le N-NH₄, que seules l'Arve et l'Allondon étaient de qualité moyenne pour le P-PO₄ à cause de l'absence de déphosphatation dans les STEP et que seule la Venoge était de qualité moyenne pour le N-NO₃ à cause de la densité des rejets des STEP couplée à une activité agricole assez importante dans ce bassin versant. Toutefois, pour cette rivière, du fait de la nitrification dans les STEP, la qualité pour le N-NH₄ est bonne.

Parmi les rivières suivies et étudiées par la CIPEL, aucune n'atteint une situation de mauvaise qualité pour ces 4 principaux paramètres pris en compte et la variabilité intra-annuelle de la qualité de l'eau s'est atténuée.

BIBLIOGRAPHIE

- GUMY, D., de ALENCASTRO, F. (2001) : Origine de la pollution du Léman par le chlorure. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 261-278.
- OFS (2007) : Bilans de l'azote et du phosphore. Office fédéral de la statistique, Berne, 30 p.
- QUÉTIN, P. (2009) : Météorologie. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2008, 21-32.
- SALINE DE BEX (2008) : Rapport de gestion 2007. Saline de Bex, Bex (Suisse), 28 p.
- STRAWCZYNSKI, A. (2009) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2008, 167-173.

Tableau 3 : Concentrations moyennes en 2008.

Table 3 : Mean concentrations in 2008.

Nom Rivière	Débit	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	Nmintot	NtotBrut	P-PO ₄	PtotBrut	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	SiO ₂	DOC	TOC	MES	
	(m ³ /sec)	(mgN/L)	(mgN/L)	(mgN/L)	(mgN/L)	(mgN/L)	(mgP/L)	(mgP/L)	(mg/L)	(mg/L)	(méq/L)	(méq/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	
Bassin versant Léman																			
Concentrations moyennes																			
Rhône amont	179.1	0.045		0.511		0.728	0.005	0.116	9.80	51.21	40.71	5.31	6.89	1.88	2.96	0.95	2.18	224.0	
Dranse	15.5	0.037	0.008	0.643	0.688	0.778	0.010	0.041	7.10	62.71	71.27	9.63	4.93	1.05	3.63	1.30		19.4	
Aubonne	5.28	0.012	0.008	1.123	1.143		0.012	0.053	4.98	4.20	67.57	5.59	3.19	1.02	2.83	2.92		27.9	
Venoge	3.91	0.105	0.030	3.532	3.666		0.033	0.096	15.22	18.15	85.04	8.13	8.13	2.66	5.08	3.32		29.0	
Versoir	3.48	0.064	0.023	1.119	1.206	1.188	0.025	0.060	9.02	7.26	73.74	6.39	5.51	0.88	3.36	2.55			
Veveyse	1.90	0.021	0.005	0.492	0.518		0.004	0.116	8.83	11.55	63.50	7.06	7.06	1.67	4.13	2.52		113.4	
Promenthouse	1.65	0.027	0.006	2.038	2.071		0.012	0.057	6.96	5.93	74.29	4.32	4.32	1.73	4.44	2.18		34.8	
Chamberonne	1.12	0.075	0.047	2.330	2.453		0.045	0.167	18.56	35.87	70.74	11.91	11.91	2.63	5.38	2.45		83.8	
Morges	0.53	0.045	0.028	4.697	4.770		0.031	0.091	17.78	26.74	92.12	10.00	10.00	3.16	8.64	3.11		36.5	
Eau Froide	0.52	0.044	0.006	4.517	4.566		0.016	0.033	4.90	27.08	62.77	8.91	8.91	1.69	3.70	2.29		6.5	
Dullive	0.24	0.022	0.011	2.614	2.647		0.017	0.046	16.53	19.35	95.99	10.35	10.35	2.46	7.95	2.46		10.1	
Bassin versant du Rhône aval																			
Concentrations moyennes																			
Rhône émissaire	244.9	0.022	0.009	0.433	0.463	0.492	0.006	0.016	8.95	46.00	43.06	6.01	6.31	1.41	0.77	1.50			
Ave	59.8	0.137	0.045	0.731	0.912	0.807	0.045	0.123	8.77	47.36	57.98	6.21	6.46	1.17		1.11			
Allondon	3.52	0.119	0.040	1.995	2.154	2.069	0.096	0.101	8.40	8.40	82.96	6.60	5.67	1.30		2.33			
Nant d'Avril	0.20	0.021	0.034	1.654	1.710	1.783	0.037	0.066	14.14	45.19	67.47	10.79	11.47	2.14		2.49			
Rhône Chancy	330.3	0.093	0.018	0.745	0.857	0.876	0.016	0.044	9.87	43.89	47.41	6.03	6.61	1.67	1.57	1.45	2.31	21.1	

Tableau 4 : Flux en 2008.

Table 4 : Flows in 2008.

Nom Rivière	Débit	N-NH ₄	N-NO ₂	N-NO ₃	Nmintot	NtotBrut	P-PO ₄	PtotBrut	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na	K	SiO ₂	DOC	TOC	MES	
	(m ³ /sec)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	(t/an)	
Bassin versant Léman																			
Rhône amont	179.1	253		2'883		4'112	27.6	653.4	55'353	289'235	229'939	30'002	38'919	10'629	16'716	5'354	12'288	1'264'977	
Dranse	15.5	18.2	3.80	313	335	379	5.10	20.2	3'462	30'567	34'741	4'693	2'401	513	1'770	633		9'467	
Aubonne	5.28	2.01	1.32	192	195		2.00	9.09	850	716	11'520	953	544	174	483	498		4'761	
Venoge	3.91	13.9	3.92	468	485		4.37	10.9	2'015	2'403	11'258	1'077	1'077	352	672	440		3'577	
Versoix	3.48	7.01	2.53	123	132	130	2.77	6.61	989	796	8'084	700	604	96	369	280			
Veveyse	1.90	1.24	0.32	29.5	31.0		0.23	6.96	529	692	3'801	422	422	100	247	151		6'788	
Promenthouse	1.65	1.39	0.31	106	108		0.60	2.99	363	309	3'874	225	225	90	231	113		1'813	
Chamberonne	1.12	2.65	1.67	82.0	86.3		1.60	5.89	654	1'263	2'490	419	419	93	189	86		2'949	
Morges	0.53	0.75	0.46	78.9	80.1		0.52	1.52	299	449	1'547	168	168	53	145	52		613	
Eau Froide	0.52	0.71	0.09	73.8	74.6		0.26	0.54	80	443	1'026	146	146	28	60	38		106	
Dullive	0.24	0.17	0.08	20.0	20.2		0.13	0.35	126	148	734	79	79	19	61	19		77	
Total BV Léman	213.6	301		4'369			45.1	767	64'719	327'019	309'015	38'884	45'004	12'145	20'944	7'665			
Bassin versant du Rhône aval																			
Rhône émissaire	244.9	166	71.1	3'342	3'579	3'803	44.7	123	69'151	355'282	332'598	46'434	48'710	10'851	5'911	11'577			
Arve	59.8	258	84.1	1'377	1'719	1'521	85.3	231.4	16'532	89'251	109'262	11'699	12'174	2'204		2'095			
Allondon	3.52	13.2	4.44	221.4	239.1	229.7	10.6	11.2	932	932	9'207	732	630	144		258			
Nant d'Avril	0.20	0.14	0.22	10.5	10.9	11.3	0.24	0.42	89.9	287.4	429.1	68.6	72.9	13.6		15.8			
Rhône Chancy	330.3	1'088	212	7'763	9'063	9'119	170	456	102'816	457'114	493'801	62'830	68'796	17'415	16'396	15'147	24'058	219'899	