

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 2012

PAR

Audrey KLEIN

SECRÉTARIAT DE LA COMMISSION INTERNATIONALE POUR LA PROTECTION DES EAUX DU LÉMAN
ACW - Changins - Bâtiment DC, CP 1080, CH - 1260 NYON 1

RÉSUMÉ

La CIPEL suit depuis de nombreuses années l'évolution temporelle des apports en nutriments au lac de quatre principaux affluents (le Rhône amont, la Dranse, l'Aubonne et la Venoge), ainsi que celle d'une dizaine d'affluents secondaires. Ce suivi permet d'estimer l'évolution des flux en nutriments apportés au lac, ce qui participe à la compréhension de l'évolution des concentrations dans le lac, mais aussi de voir l'impact des activités humaines dans le bassin versant (eaux usées domestiques, fertilisation et érosion des sols, salage des routes et rejets d'industries chimiques). La CIPEL suit également les exportations du lac à Genève, du Rhône aval à Chancy et les apports de ses affluents (l'Arve et l'Allondon).

Les quantités de nutriments apportés au Léman et exportés par le Rhône à la sortie du territoire suisse en 2012 ont été calculées. La baisse significative des apports constatés en 2011 était fortement liée à la pluviométrie très faible de l'année relevée sur ces 30 dernières années et n'est donc pas comparable aux résultats de l'année 2012. Etant donné que les apports par les rivières peuvent fluctuer fortement d'une année sur l'autre en fonction des conditions météorologiques de l'année, il est plus pertinent de suivre l'évolution des résultats sur le long terme. Seules certaines actions ponctuelles majeures, comme la suppression des rejets de STEP à l'échelle d'un bassin versant peuvent avoir des conséquences directes sur les apports, comme l'attestent les résultats pour l'Allondon.

L'observation des résultats sur ces 40 dernières années permet de montrer pour le phosphore réactif soluble, 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 enfin pour le chlorure, l'impact des apports industriels et du salage des routes. Des évolutions à plus court terme se dégagent pour certaines rivières, comme la baisse des apports en phosphore réactif soluble depuis 2009 pour l'Arve grâce à l'amélioration de l'assainissement domestique dans ce bassin versant tandis que certaines tendances ne trouvent pas encore d'explication, comme la baisse des apports en phosphore total constatée depuis 2008 pour le Rhône amont et depuis les années 90 pour la Dranse.

ABSTRACT

For many years, CIPEL has been monitoring the change over time of the inputs of nutrients into the lake from the four main tributaries (the upstream Rhône, the Dranse, the Aubonne and the Venoge), as well as ten or so minor tributaries. This monitoring has made it possible to estimate the change in nutrient flows into the Lake, which helps us to understand the change in concentrations in the Lake, and also to see that impact that human activities are having in the catchment area (household waste water, soil fertilisation and erosion, road salting and waste discharged from chemical industries). CIPEL also monitors exportations from the Lake at Geneva, from the Rhône downstream of Chancy, and the inputs received from its tributaries (the Arve and the Allondon).

The quantities of nutrients carried into Lake Geneva, and exported in the Rhône where it leaves Swiss territory were calculated for 2012. The significant fall in inputs observed in 2011 was essentially linked to the particularly low rainfall in this year, compared to the previous 30 years, and cannot therefore be compared to that of 2012. Since the inputs from rivers can fluctuate considerably from one year to another, depending on weather conditions, it is more pertinent to monitor changes in these results over the long term. Only a few major specific interventions, such as the elimination of the discharges from WWTPs at the level of the catchment area, can have a direct impact on inputs, as can be seen from the results for the Allondon.

Looking at the results for the past 40 years reveals that in the case of soluble reactive phosphorus, the effect of dephosphatation in the WWTPs, of total inorganic nitrogen, of the absence of denitrification and of the continued use of the same level of nitrogenous fertilisation for nearly 20 years, and finally that of chloride, the impact of industrial inputs and that of road salting. Shorter-term changes can be seen in some rivers, such as the reduced inputs of soluble reactive phosphorus since 2009 in the case of the Arve as a result of improved household sanitation in this catchment area, and other trends which have not yet been explained, such as the fall in total phosphorus inputs observed since 2008 in the upstream Rhône and since the 1990s in the Dranse.

1. GÉNÉRALITÉS ET MÉTHODES

En 2012, les débits et les concentrations ont été mesurés sur les quatre affluents principaux du Léman, le Rhône amont à la Porte du Scex, l'Aubonne et la Venoge près de l'embouchure et la Dranse. Plusieurs affluents secondaires, tous situés sur la côte suisse, ont également été suivis : la Versoix, la Veveysse, la Promenthouse, la Chamberonne, l'Eau Froide, la Morges, le Boiron-de-Morges et la Dullive (situation des rivières - figure 1). Les exportations du lac sont déterminées sur le Rhône émissaire à Genève.

Pour ces rivières, les prélèvements sont effectués, soit en continu (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), soit de manière ponctuelle 12 fois par an (figure 1).

Pour la Dranse, les prélèvements d'eau sont effectués au pont de Vongy, en amont de la STEP de Thonon et de la zone industrielle de Vongy. 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. Toutefois, il faut relever qu'une mesure des débits plus à l'aval serait nécessaire.

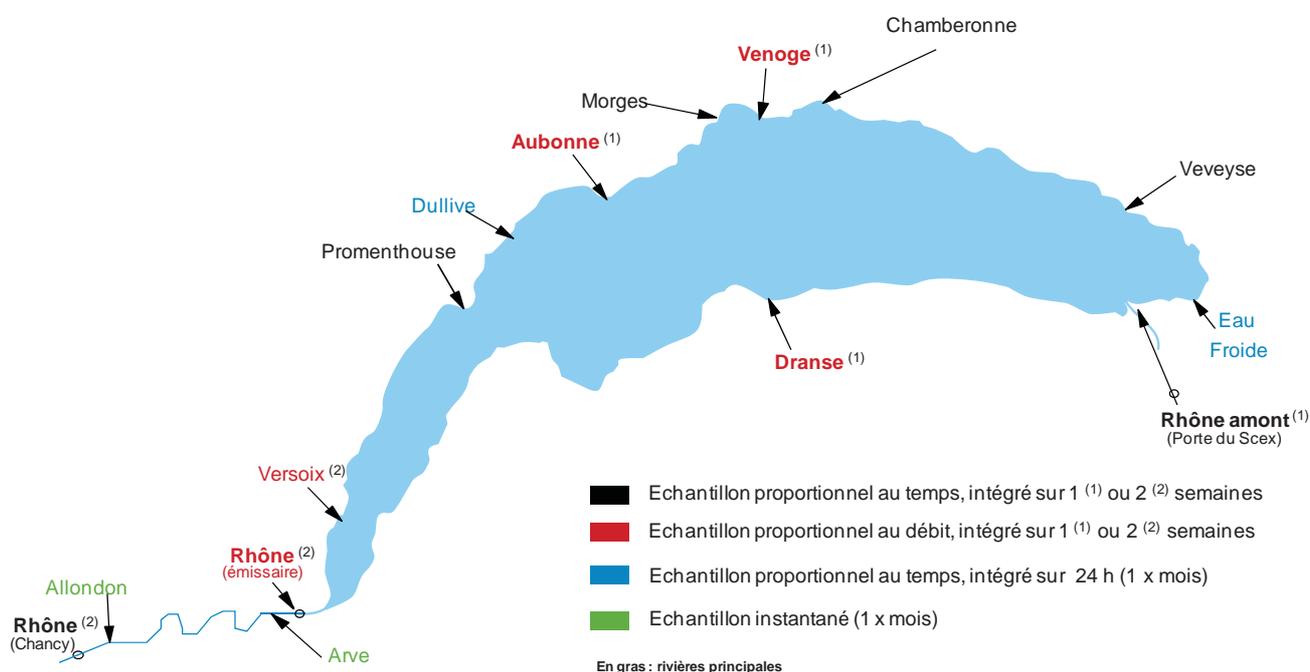


Figure 1 : Situation des diverses rivières étudiées.

Figure 1 : Locations of the various rivers investigated.

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 et l'Allondon. Pour ces deux 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 de l'écologie de l'eau du canton de 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, 2013).

La plupart des analyses sont effectuées sur des échantillons d'eau filtrée (maille de 0.45 µm) hormis pour les concentrations de phosphore total, d'azote total et de carbone organique total où elles 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 et dont les résultats sont valorisés dans ce rapport.

Le présent rapport est basé sur l'évolution temporelle des apports en nutriments (phosphore total, phosphore réactif soluble et azote minéral total) et de chlorure apportés au lac par les 4 affluents principaux ou à l'exutoire du lac, ainsi que les quantités apportées au Rhône par les rivières en aval du lac.

Les calculs des flux annuels 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 1 ET FIGURE 2)

La pluviométrie de l'année 2012 sur le bassin lémanique est de 1'092.3 mm, légèrement supérieure à la moyenne inter-stations (1'006.7 mm) relevée sur les 4 stations entre 1981 et 2010 (LAZZAROTTO, 2013).

Par rapport à la moyenne inter-annuelle 1965-2012, les débits 2012 sont légèrement supérieurs pour le Rhône amont et le Rhône émissaire, mais inférieurs pour la Dranse, l'Aubonne et la Venoge (Tableau 1). On peut remarquer que sur la dernière décennie, les débits de la Dranse sont chaque année inférieurs à la moyenne inter-annuelle 1965-2012. Cet épisode ne s'était plus produit depuis les années 70, marquées par 6 années consécutives inférieures à 20 m^3/s (moyenne de 15 m^3/s durant cette période)

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

Table 1 : 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
2009	187.5	14.5	3.5	3.0	9.5	235.4
2010	196.4	15.9	3.5	2.7	10.0	229.4
2011	144.9	10.6	2.1	1.3	7.8	118.1
2012	196.4	14.6	4.9	3.9	8.7	259.4
Moyenne *	183.8	20.2	5.3	4.6	11.5	243.5

* : moyenne 1965-2012 (sauf pour les rivières complémentaires 1989-2012)

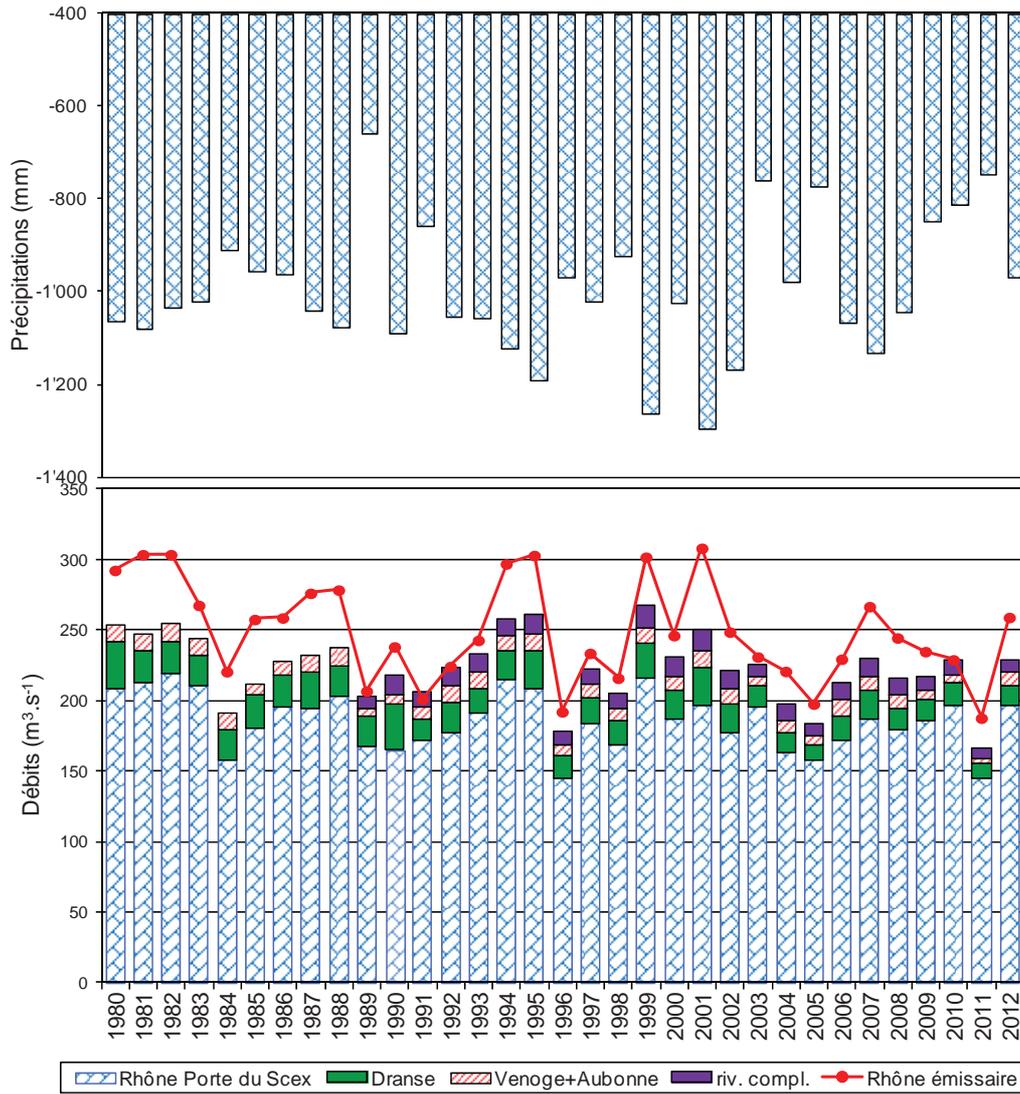


Figure 2 : Débits moyens annuels des diverses rivières et précipitations annuelles à la station de Thonon.
Figure 2 : Mean annual flow rates of the various rivers, and annual rainfall at the Thonon station.

3. APPORTS ANNUELS DES AFFLUENTS DU LÉMAN

Les apports sont principalement influencés par l'érosion des sols et donc par la pluviométrie. A noter que c'est notamment l'intensité des événements pluvieux qui agit sur le transport des particules et les valeurs moyennes annuelles peuvent masquer cette relation. Les apports peuvent donc fluctuer fortement d'une année sur l'autre. Une observation sur le long terme paraît plus judicieuse.

Nous présenterons sur l'ensemble des graphiques du rapport la courbe des débits moyens ainsi que l'histogramme des apports mais il est délicat d'établir une relation directe entre les débits moyens et les apports.

3.1 Phosphore (Tableau 2 et figures 3 à 6)

Le phosphore apporté par les affluents peut être subdivisé en :

- *fraction dissoute* :
Phosphore réactif soluble (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 : le phosphore réactif soluble ($P-PO_4$) est directement biodisponible, de même que certains composés phosphorés provenant d'eaux usées. Sous certaines conditions (faible teneur en phosphore réactif soluble), 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 réactif soluble apporté par les affluents est potentiellement à disposition des algues.

➤ Phosphore total (dissous + particulaire)

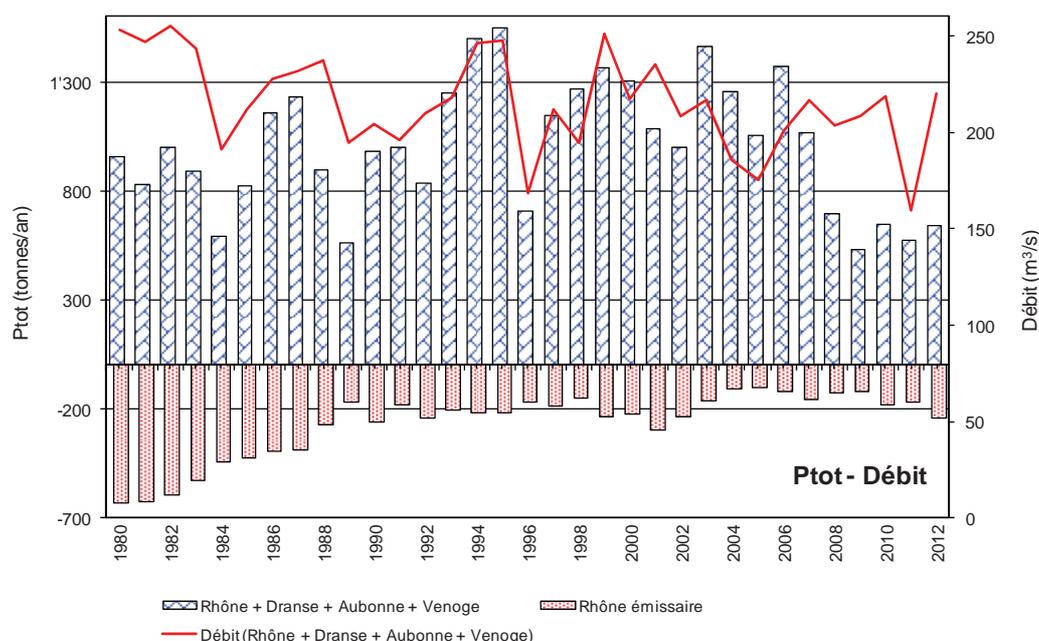


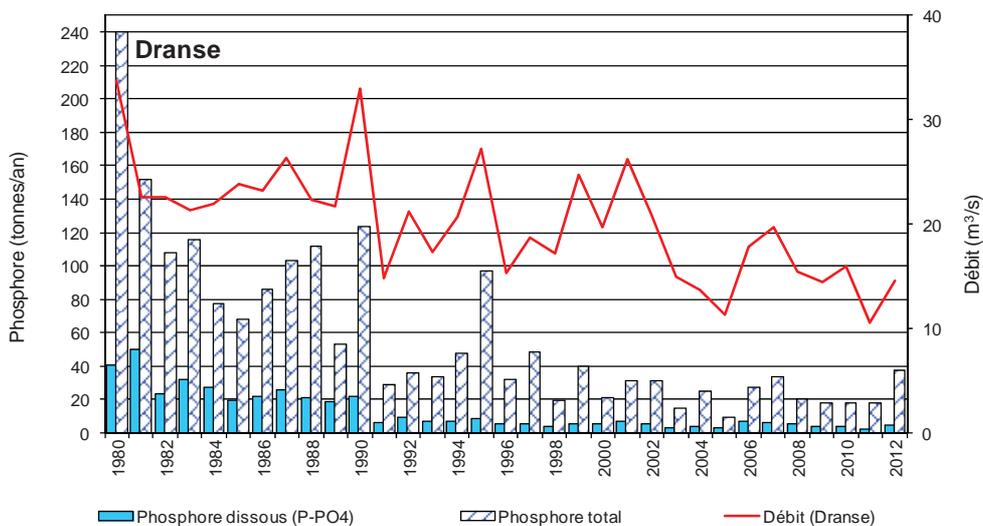
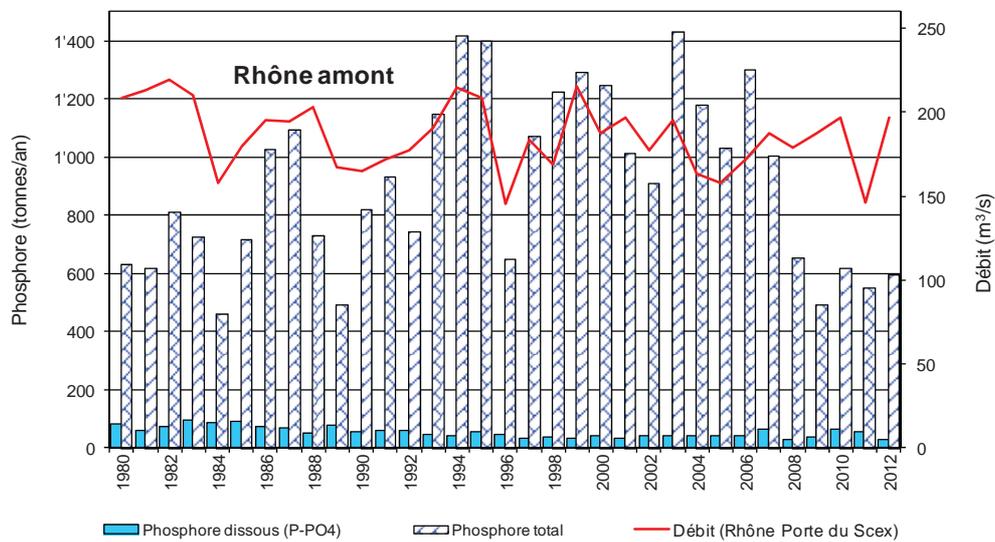
Figure 3 : Phosphore total - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.

Figure 3 : Total phosphorus - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

En 2012, les apports en phosphore total au lac par les rivières sont constitués par environ 94% de phosphore particulaire et 6% de phosphore réactif soluble (Tableau 3). Les apports par les rivières du bassin versant du Léman ont baissé en 2008 et sont relativement stables ces 5 dernières années.

Les apports en phosphore par le Rhône amont, constitués principalement par du phosphore particulaire, montrent depuis 2008 une très nette baisse qui se confirme en 2012. La situation est assez comparable à celle du début des années 80. Le bassin versant du Rhône amont étant très montagneux, la fonte des neiges l'été en altitude influence les apports en matières en suspension et donc en phosphore total puisqu'il s'agit essentiellement de phosphore particulaire. Il semblerait que ces derniers étés aient été moins chauds et de plus courte durée, ce qui pourrait expliquer la baisse des apports en phosphore ces dernières années. Une étude plus approfondie permettrait toutefois de vérifier cette hypothèse.

La Dranse présente elle aussi une nette baisse des apports en phosphore total depuis les années 90, malgré une légère hausse constatée en 2012.



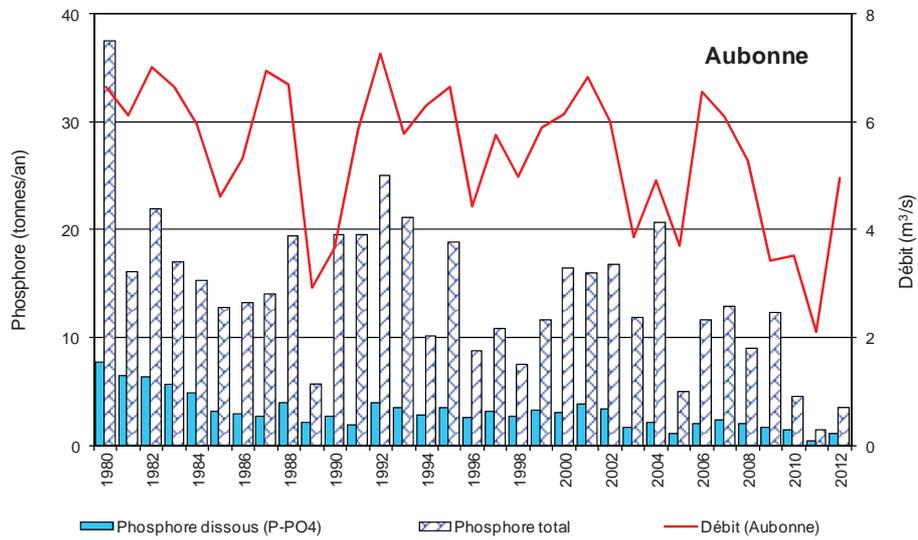
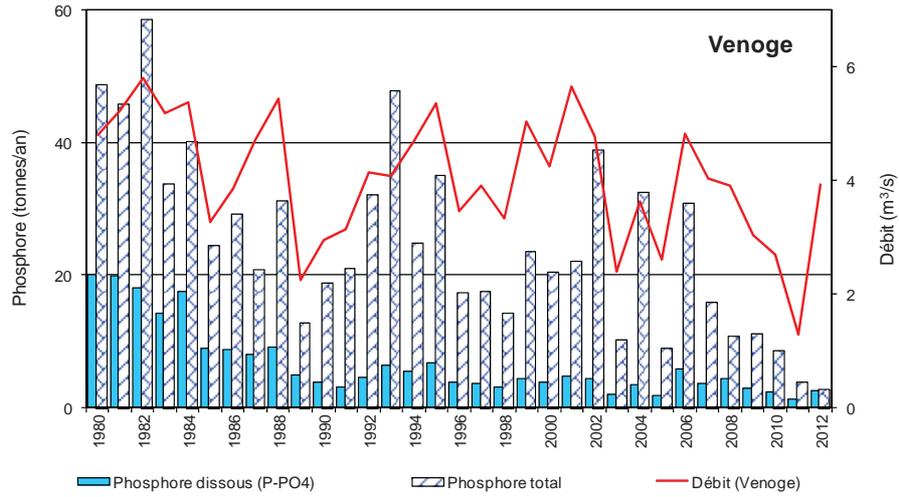


Figure 4 : Phosphore total et phosphore réactif soluble (P-PO₄) - Apports annuels par le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge et l'Aubonne.

Figure 4 : Total phosphorus and Soluble reactive phosphorus (P-PO₄) - Annual inflow from the upstream segment of the Rhône (Porte du Scex), the Dranse, the Venoge and the Aubonne.

➤ **Phosphore réactif soluble (P-PO₄)**

La figure 5 montre qu'il n'y a pas de relation entre les quantités de phosphore réactif soluble et les débits.

La baisse des teneurs constatée depuis les années 80 est liée essentiellement à l'assainissement domestique avec l'obligation pour toutes les stations d'épuration (STEP) du bassin versant du Léman de traiter le phosphore. La suppression du phosphate dans les lessives (1986 en Suisse et 2007 en France) ainsi que la modification des pratiques agricoles (baisse de la fertilisation phosphatée) expliquent également la baisse des apports.

La baisse pourrait encore être accentuée si toutes les STEP atteignaient le rendement de 95% recommandé par la CIPEL dans son plan d'action 2011-2020. Un tel rendement permettrait de réduire d'une quarantaine de tonnes supplémentaires les quantités de phosphore rejetées par les STEP (CONDAMINES, 2013).

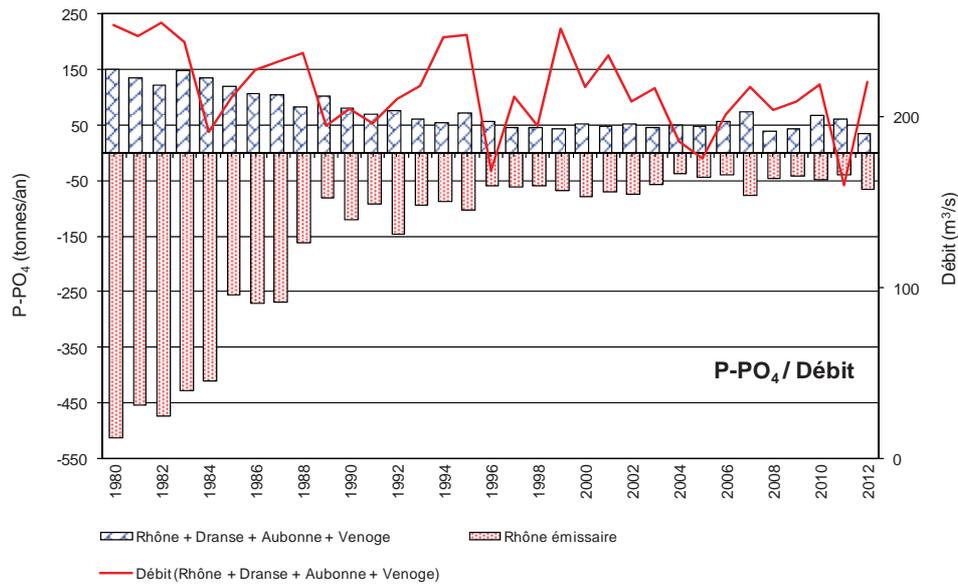


Figure 5 : Phosphore réactif soluble (P-PO₄) - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.

Figure 5 : Soluble reactive phosphorus (P-PO₄) - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

3.2 Azote minéral total (figures 6 et 7)

Les apports en azote minéral total, ainsi que les quantités exportées par le Rhône émissaire sont relativement stables depuis les années 80. Cette relative 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 avec des excédents d'azote qui peuvent polluer les eaux (Office fédéral de la statistique, OFS, 2010 – Bilan de l'azote). Selon les résultats des scénarios d'évolution des flux d'azote publiés par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV, 2013), la situation ne devrait pas s'améliorer d'ici 2020, que ce soit au niveau de l'agriculture ou des eaux usées domestiques. Au niveau agricole, les importations d'engrais minéraux azotés devraient reculer mais les importations d'aliments pour animaux devraient augmenter. Quant à la quantité d'azote dans les eaux usées, celle-ci devrait progresser en raison de la croissance démographique, mais pourrait être compensée par des améliorations techniques dans les installations d'épuration. Enfin, le rapport précise que seule l'agriculture présente encore de gros potentiels de réduction des flux d'azote, notamment par des mesures visant à diminuer les pertes d'azote au niveau des produits végétaux et animaux.

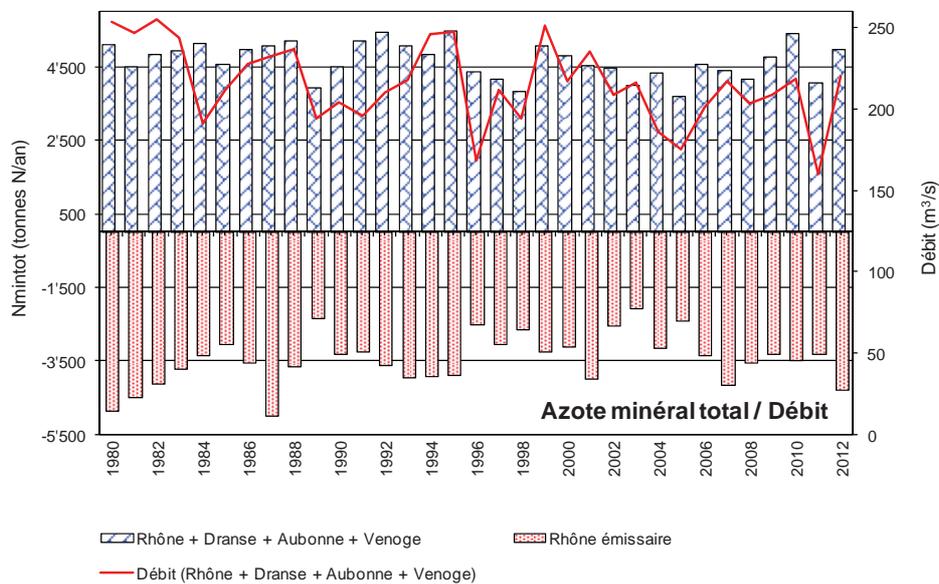
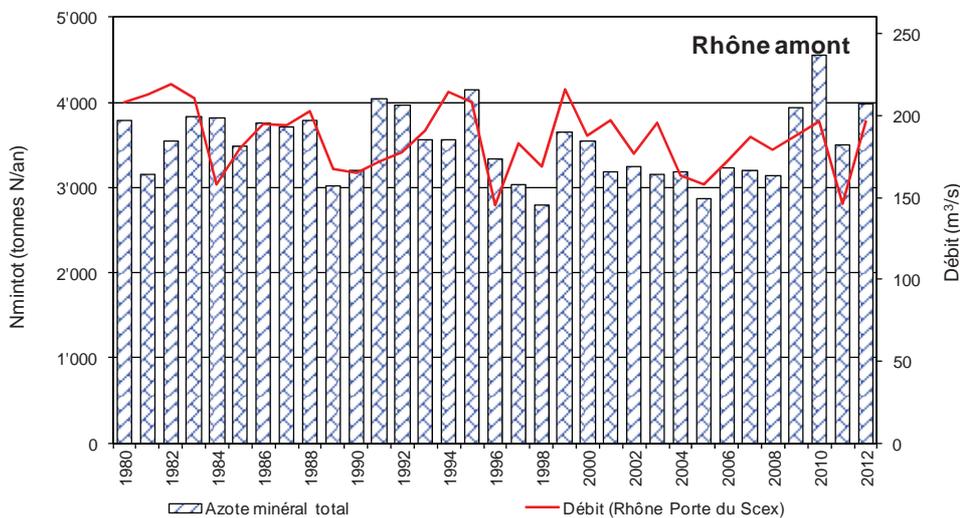


Figure 6 : Azote minéral total - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.

Figure 6 : Total inorganic nitrogen - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.



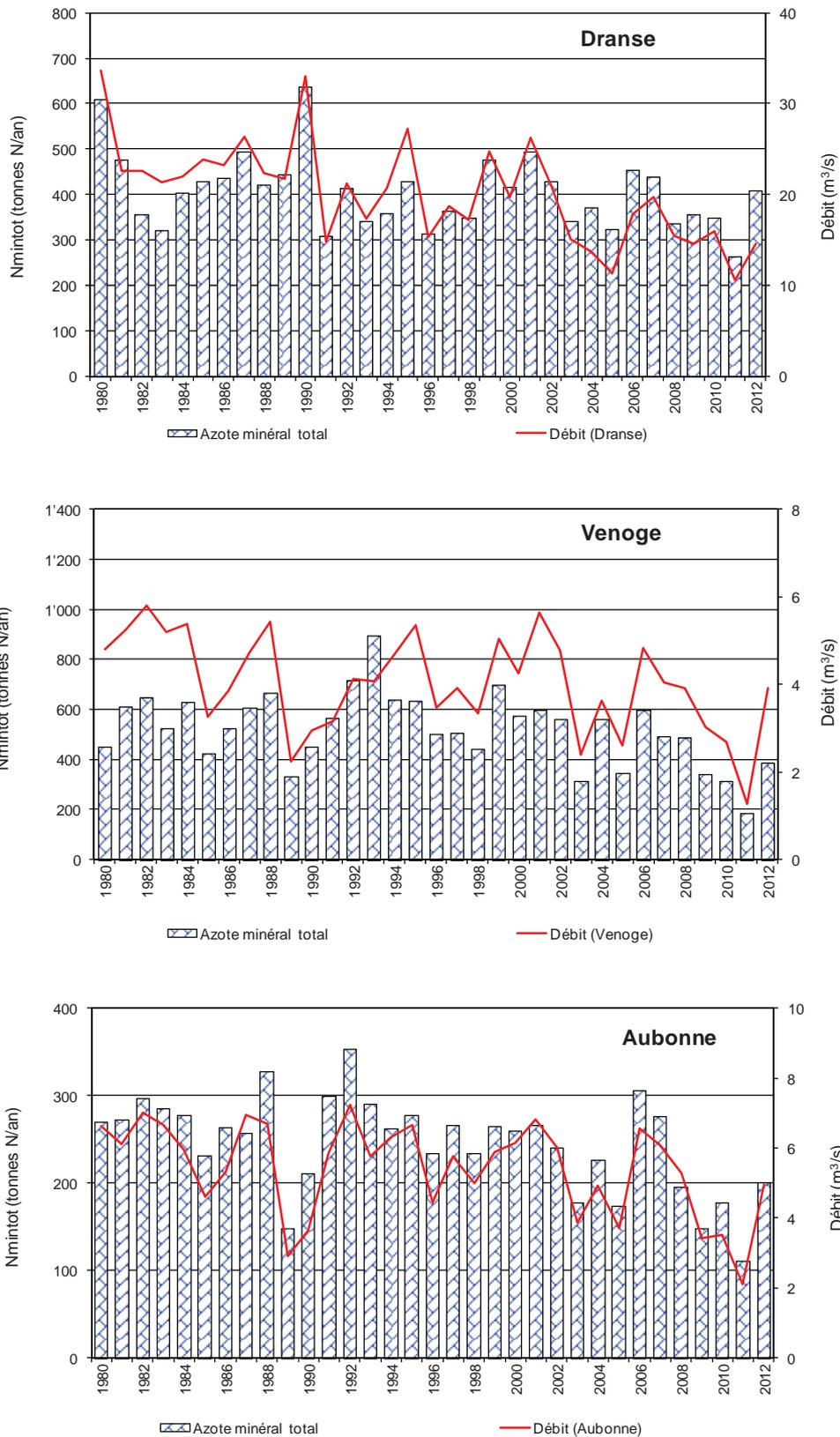


Figure 7 : Azote minéral total - Apports annuels par le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge et l'Aubonne.

Figure 7 : 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 8, 9 et 10)

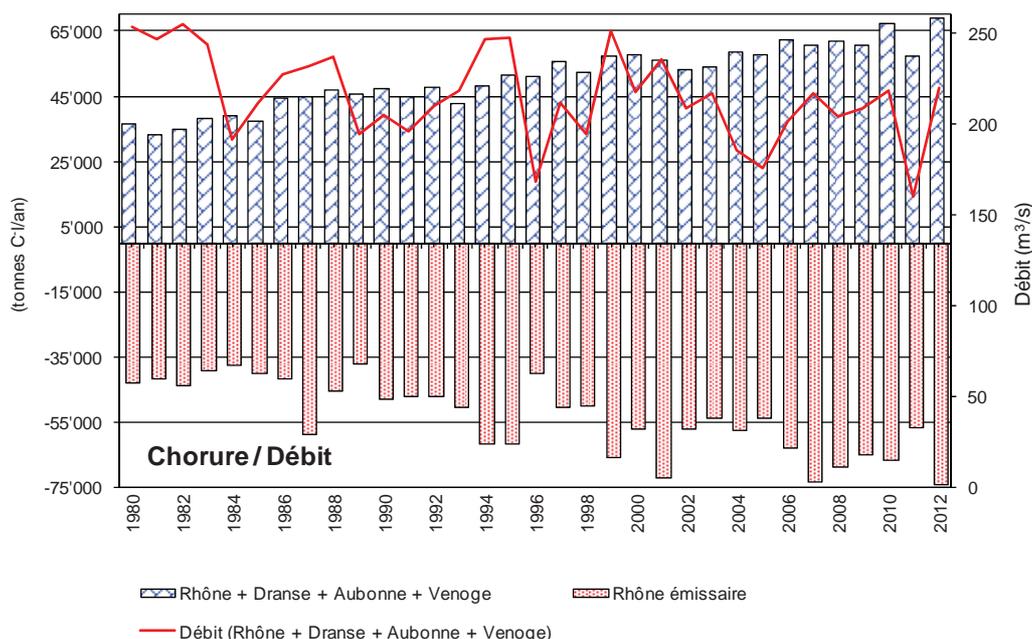


Figure 8 : Chlorure - Apports annuels par les 4 affluents principaux et perte annuelle par l'émissaire.
 Figure 8 : Chloride - Annual inflow from the 4 main tributaries, and annual loss via the effluent river.

Une augmentation significative des apports en chlorure est constatée pour le Rhône amont depuis les années 80 et pour la Dranse depuis le milieu des années 90 (figure 9).

Pour le Rhône amont, une étude montrait en 2001 que les apports en chlorure provenaient pour l'essentiel des rejets industriels (GUMY et De ALENCASTRO, 2001), soit 50% des apports, contre 20% pour les sels de déneigement. En 2012, les apports par le Rhône amont continuent d'augmenter et s'élèvent à 61'903 tonnes.

Au niveau des industries, les chlorures ne sont pas mesurés en sortie des stations d'épuration industrielles, mais apports importants proviennent des procédés industriels des industries situées le long du Rhône (dessalage du brut, neutralisation des eaux et électrolyse du sel) (source : service protection environnement Valais, 2013).

La production chimique étant toujours en hausse, on peut s'attendre à une hausse correspondante des rejets en chlorure. Par conséquent, l'intégration du suivi des chlorures dans les autorisations de déversement permettraient de mieux évaluer les rejets en chlorure d'origine industrielle.

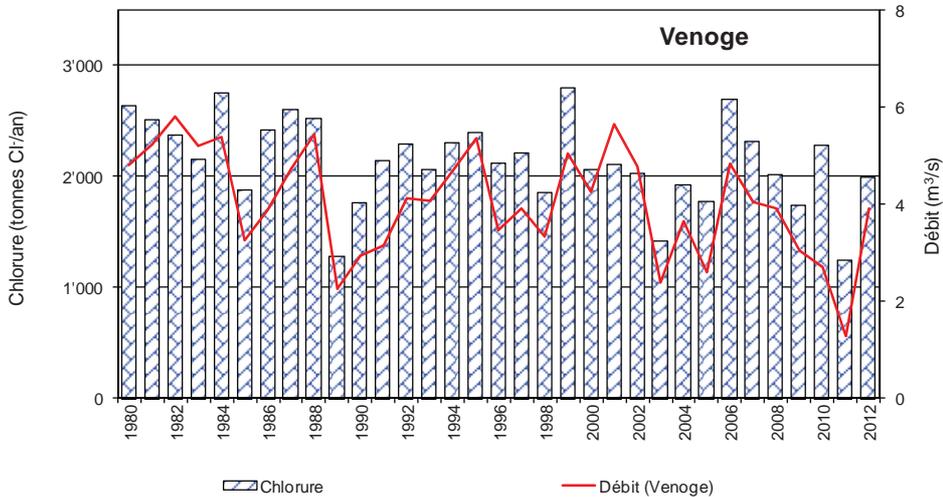
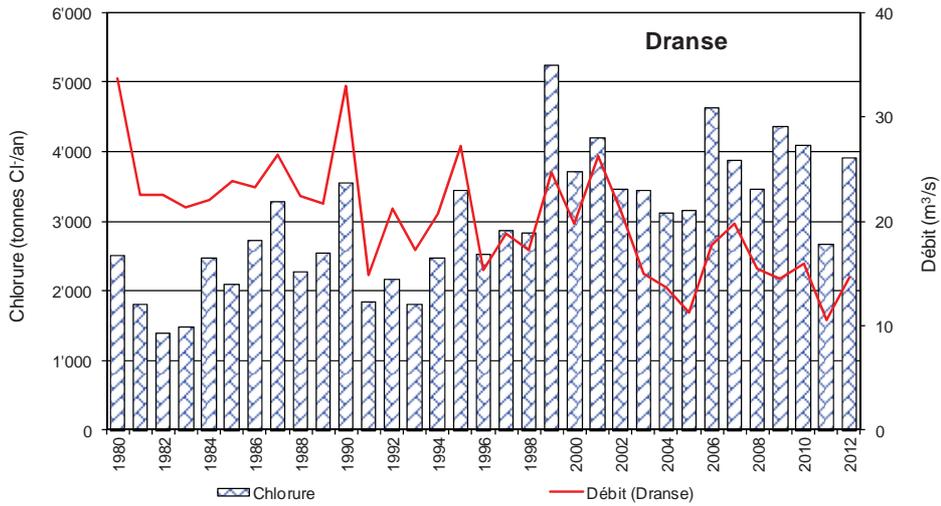
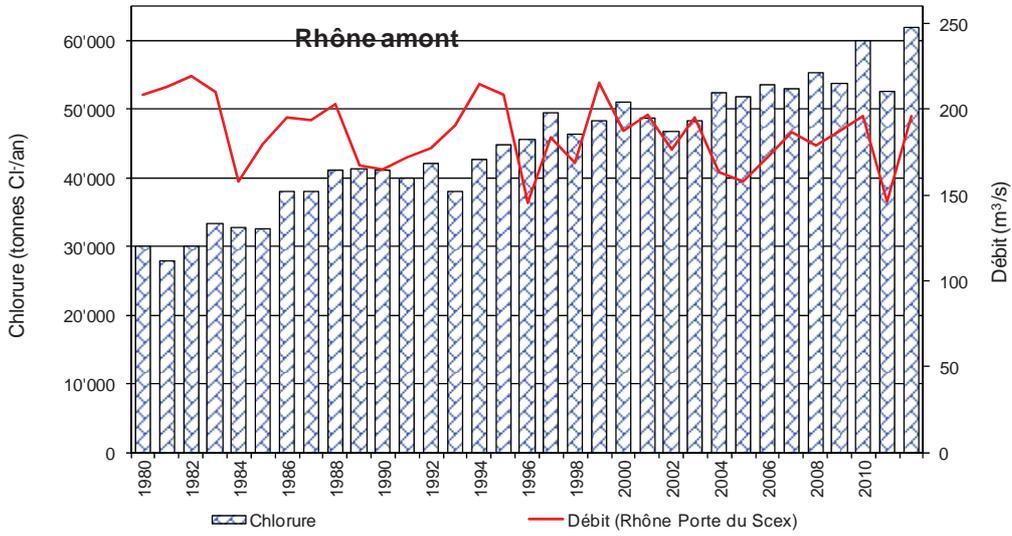
En ce qui concerne le salage des routes, les consommations de ces dernières années sont les suivantes (les communes ne sont pas comptabilisées dans ces chiffres) :

Service des routes, transports et cours d'eau -DTEE	2007 en tonnes	2008 en tonnes	2009 en tonnes	2010 en tonnes	2011 en tonnes	2012 en tonnes
Consommations de sel épandu sur les routes cantonales et nationales	12'800	20'000	18'000	17'700	10'800	14'300

Ces chiffres ne montrent pas d'augmentation significative du salage des routes mais une fluctuation selon les années et ne permet donc pas d'expliquer la hausse constante en chlorure observée dans les eaux du Rhône à la Porte du Scex.

L'augmentation des apports pour la Dranse reste en revanche inexpliquée pour l'instant.

Pour l'Aubonne et la Venoge qui sont des rivières de plaine et de contrefort du Jura, l'évolution des apports semble bien liée à celle des débits annuels ce qui laisse supposer que ces apports sont surtout influencés par le lessivage des sols agricoles et de l'utilisation d'engrais à base de chlorure (chlorure de potassium).



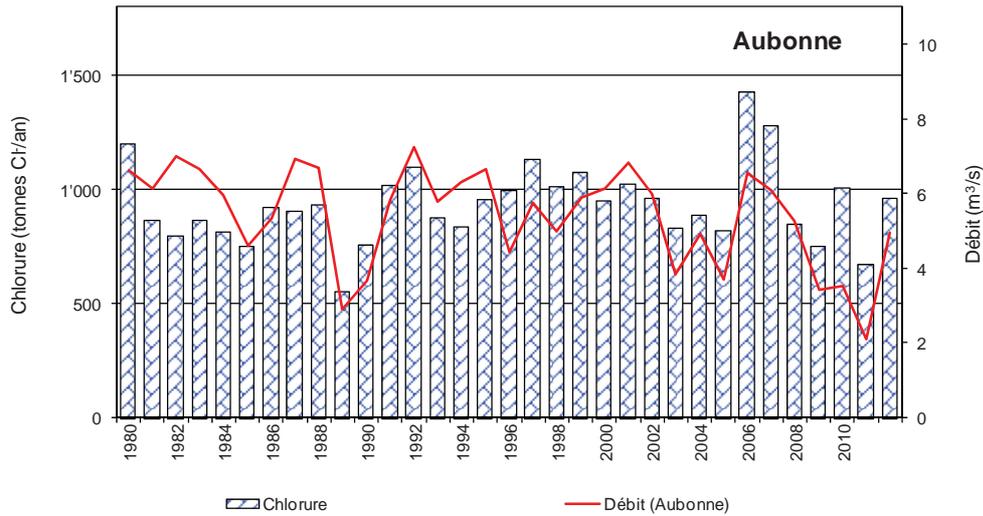


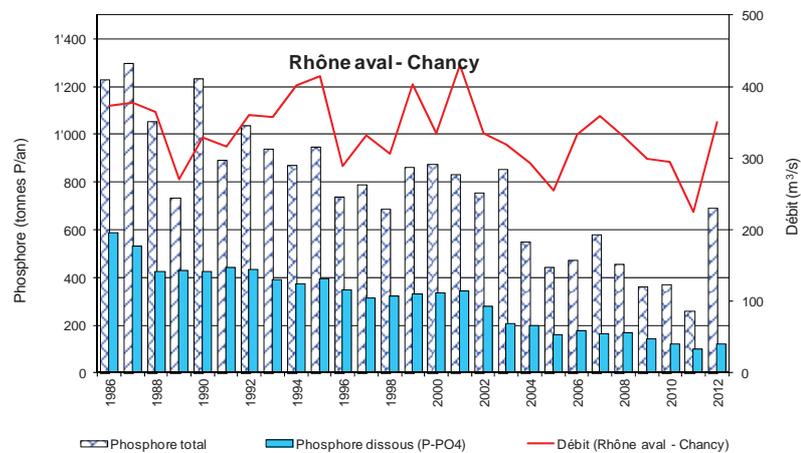
Figure 9 : Chlorure - Apports annuels par le Rhône amont (Porte du Scex), la Dranse, la Venoge et l'Aubonne.

Figure 9 : Chloride - 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 1986-2012 : 243 m³/s). Le long de son parcours, il reçoit les eaux de quelques affluents, le principal étant l'Arve (débit moyen 1988-2012 : 69.3 m³/s) puis l'Allondon (débit moyen 1988-2012 : 3.3 m³/s). Les débits du Rhône émissaire et de l'Arve constituent 95% 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 une relative prudence.

4.1 Phosphore (figure 10)



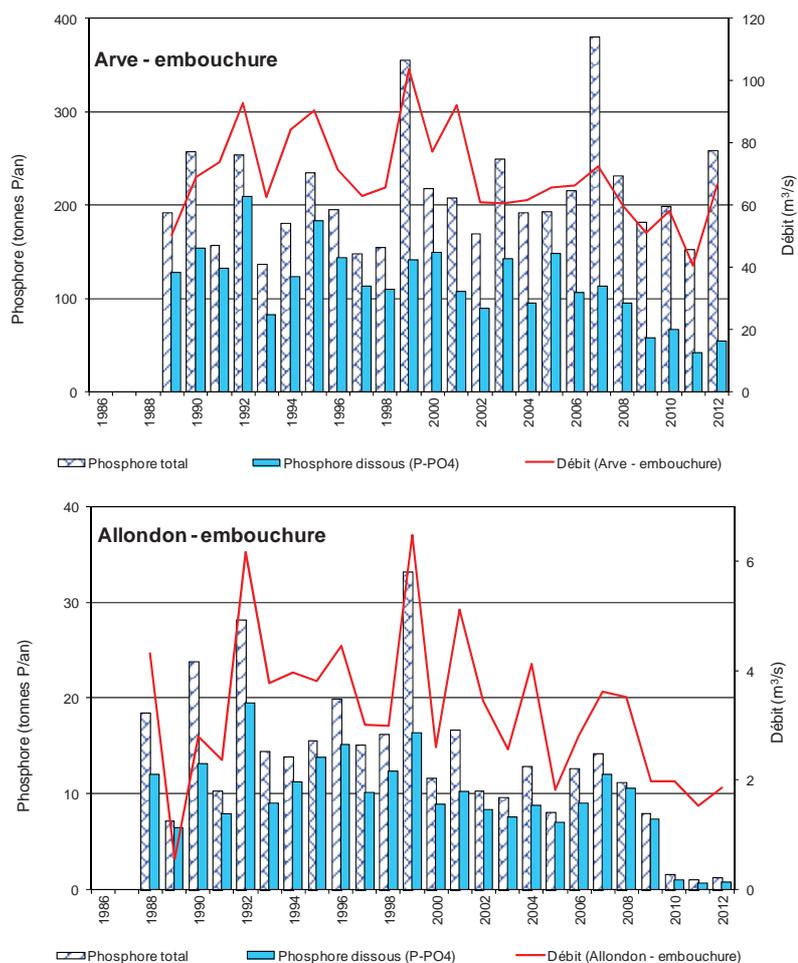


Figure 10 : Phosphore total et phosphore réactif soluble (P-PO₄) - Apports annuels par le Rhône à Chancy, l'Arve et l'Allondon.

Figure 10 : Total phosphorus and soluble reactive phosphorus (P-PO₄) - Annual inflow from the Rhône (Chancy), the Arve and the Allondon.

➤ **Phosphore total et Phosphore réactif soluble (P-PO₄)**

Dans le lac se produit la sédimentation du phosphore particulaire, ce qui explique que dans l'émissaire, la proportion de phosphore réactif soluble est beaucoup plus grande (env. 25 à 40% depuis le début des années 2000). La diminution du phosphore total est surtout liée aux mesures d'assainissement domestique et agricole, ainsi qu'à la suppression du phosphate dans les lessives, qui sont les principales sources d'apports en phosphore réactif soluble. 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'Aire, 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 mgP·L⁻¹ au milieu des années 90 à des valeurs oscillant entre 0.9 et 1.0 mgP·L⁻¹ depuis 2008.

Pour l'Arve, on constate une diminution des apports de phosphore réactif soluble depuis 2009. Cette baisse s'explique par des efforts entrepris ces 10 dernières années au niveau de l'assainissement domestique dans ce bassin versant et plus récemment avec la mise en place de deux nouvelles STEP en 2011 (Arenthon et Passy).

La très nette baisse du phosphore dans le bassin de l'Allondon est liée à l'abandon des STEP du Journans et de l'Allondon, avec le raccordement des eaux usées sur la STEP de Bois-de-Bay dans le canton de Genève dont l'exutoire est le Rhône aval, réalisé à fin 2009. En 2007, les rejets de ces 2 STEP représentaient respectivement chacune un apport d'environ 5 tonnes par an dans le milieu, soit au total 10 tonnes par an.

4.2 Azote total ou minéral total (figure 11)

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 montrent une légère tendance à la baisse pour le Rhône aval à Chancy. Cette baisse est plus nette pour l'Allondon du fait de la suppression des rejets de deux STEP à fin 2009 (cf. paragraphe précédent).

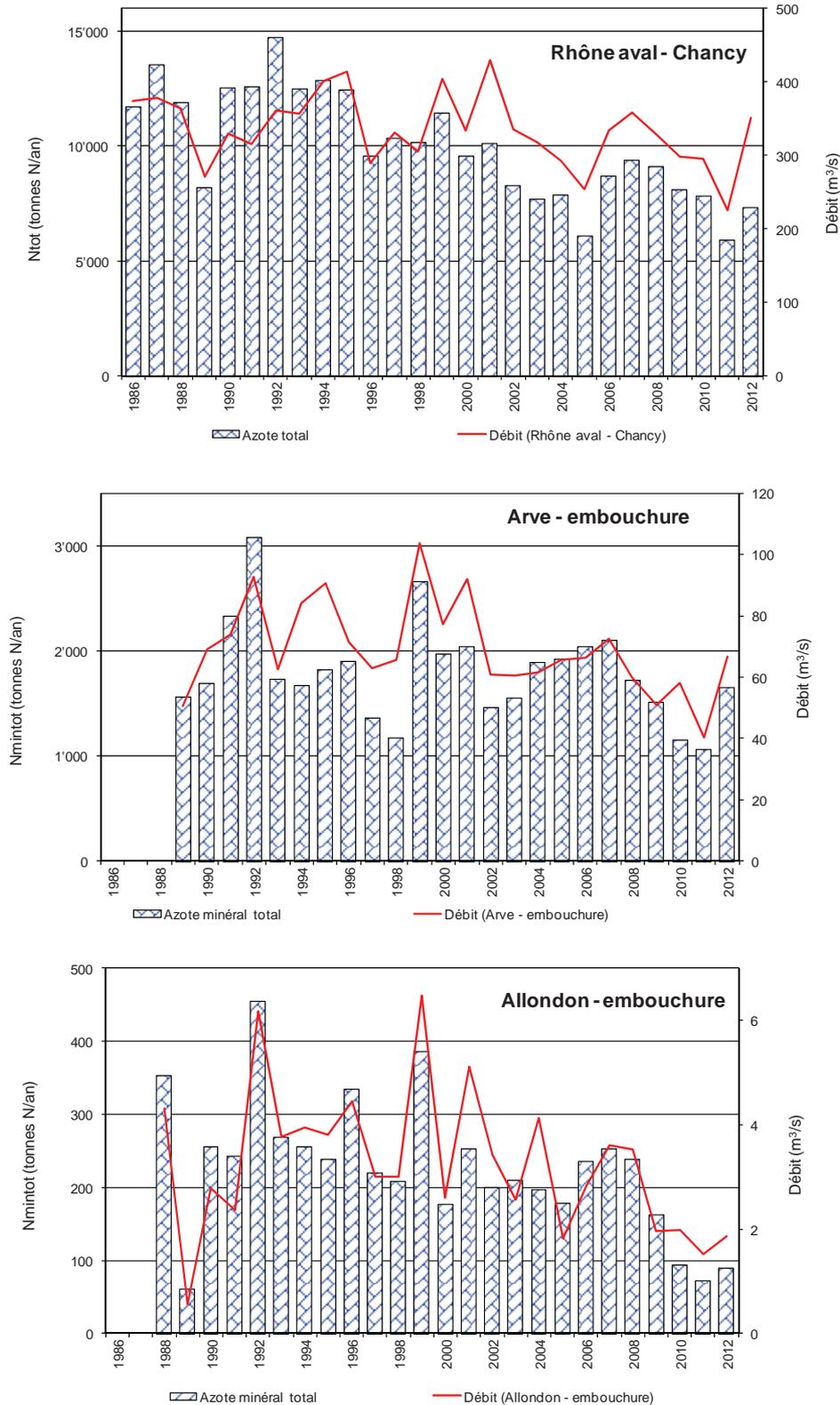


Figure 11 : Azote total ou azote minéral total - Apports annuels par le Rhône à Chancy, l'Arve et l'Allondon.

Figure 11 : Total nitrogen or total inorganic nitrogen - Annual inflow from the Rhône (Chancy), the Arve and the Allondon.

4.3 Chlorure (figure 12)

Les apports par les chlorures proviennent essentiellement du lessivage des sols agricoles et de l'utilisation de sels de déneigement. On note tout de même, surtout depuis ces sept dernières années, une tendance à la hausse pour le Rhône à Chancy, exceptée pour l'année 2011 du fait d'une plus faible pluviométrie.

Cette tendance à la hausse observée sur le Rhône à Chancy peut s'expliquer en partie par l'arrivée des eaux du Léman plus riches en chlorure (LAZZAROTTO et al, 2013).

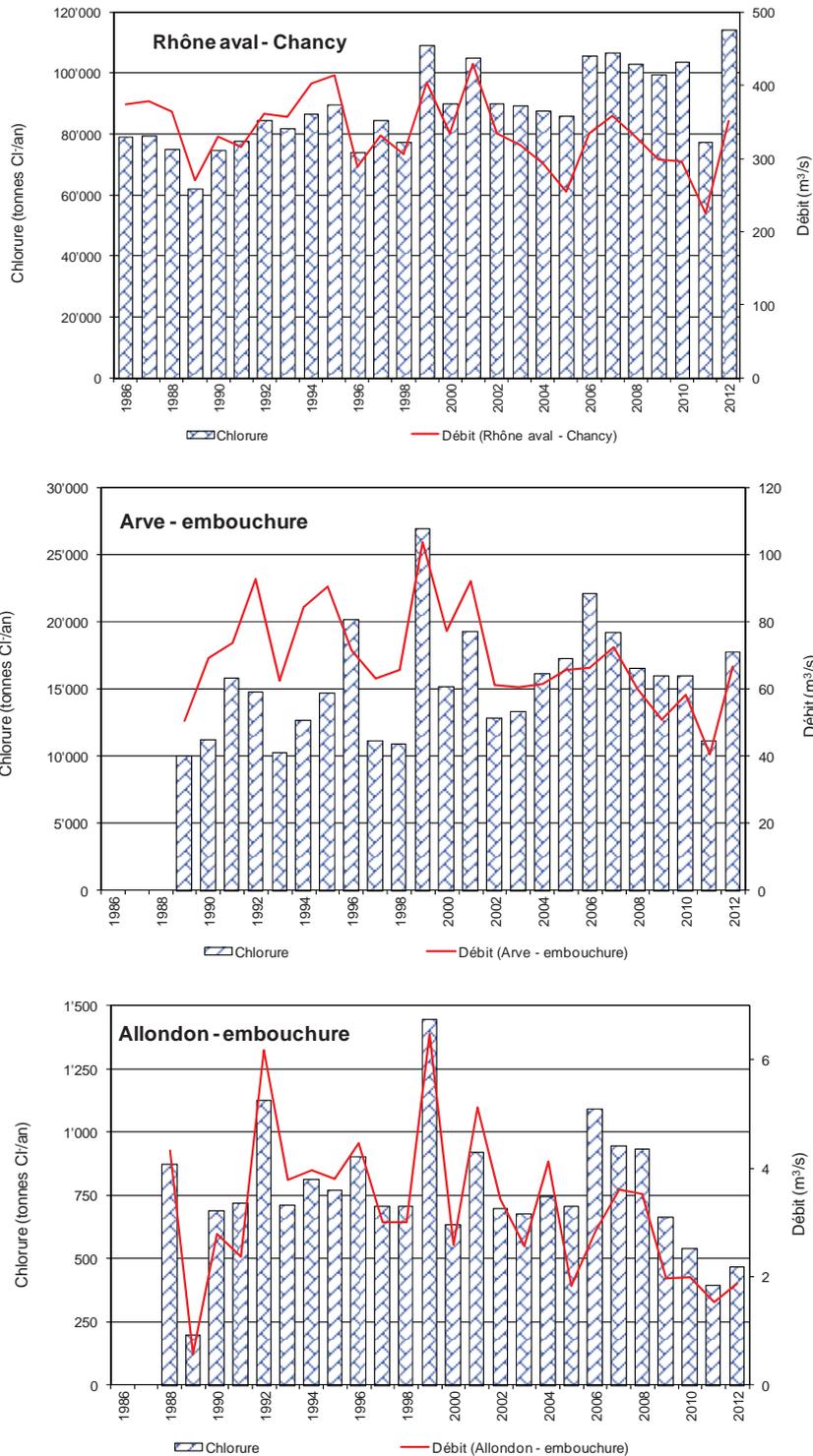


Figure 12 : Chlorure - Apports annuels par le Rhône à Chancy, l'Arve et l'Allondon.

Figure 12 : Chloride - Annual inflow from the Rhône (Chancy), the Arve and the Allondon.

5. CONCLUSIONS

Les débits moyens annuels des affluents du Léman 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. La pluviométrie de l'année 2012 sur le bassin lémanique est de 1'092.3 mm, légèrement supérieure à la moyenne inter-stations (1'006.7 mm) relevée sur les 4 stations entre 1981 et 2010.

L'analyse des flux de nutriments des principaux affluents du territoire de la CIPEL montre certaines différences selon les bassins versants de rivières, ainsi que des fluctuations annuelles parfois assez importantes liées à l'influence des conditions météorologiques. L'observation des résultats sur le long terme permet toutefois de dégager plusieurs tendances.

Rivières du bassin versant du Léman : Rhône amont, Dranse, Venoge, Aubonne

Les apports en phosphore total par les principaux affluents du Léman ont diminué ces 5 dernières années, notamment pour le Rhône amont, mais il n'y a pour l'instant pas d'explication à cette baisse.

L'absence de dénitrification dans la majeure partie des STEP du bassin du Léman et une fertilisation azotée stable depuis près de 20 ans expliquent que les apports en azote minéral total sont relativement stables. Compte-tenu des scénarios d'évolution prédits d'ici 2020 par un rapport de l'OFEV, la quantité d'azote issue des eaux usées devrait progresser ces prochaines années en raison de la croissance démographique, mais pourrait être compensée par des améliorations techniques dans les installations d'épuration. L'agriculture, quant à elle, présente encore de gros potentiels de réduction des flux d'azote.

Les quantités de chlorure sont en hausse, notamment dans le Rhône amont. La présence de plusieurs industries chimiques et l'utilisation de sels de déneigement dans une moindre mesure, représente $\frac{3}{4}$ des apports dans ce bassin versant. Une tendance à la hausse depuis les années 90 est également constatée dans la Dranse mais ne trouve pas d'explication à ce jour. Pour les autres rivières, les apports fluctuent essentiellement en fonction des débits sans montrer d'évolution particulière et proviennent surtout du lessivage des sols agricoles.

Rivières du bassin Rhône aval : Arve, Allondon, Rhône à la sortie du territoire suisse à Chancy

Les apports en phosphore réactif soluble ont diminué pour l'ensemble des rivières suivies, avec une baisse spectaculaire dès 2010 pour l'Allondon du fait du raccordement à fin 2009 des eaux usées de deux STEP de ce bassin à une STEP du canton de Genève qui déverse dans le Rhône aval.

Une baisse des apports en phosphore réactif soluble est également constatée pour l'Arve depuis 2009, et montre que les efforts en matière d'assainissement engagés ces 10 dernières années dans ce bassin versant portent leurs fruits.

Les apports en azote total montrent une légère tendance à la baisse pour le Rhône aval à Chancy. La baisse est plus nette pour l'Allondon en raison du raccordement des eaux usées à une STEP qui déverse dans le Rhône aval.

Ces résultats montrent que la suppression des rejets de deux STEP vers l'Allondon, une rivière sensible à la pollution, a permis de regagner des milieux de bonne qualité sans impacter significativement les apports du Rhône aval avec le rejet de la STEP du Bois de Bay.

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.
- CONDAMINES, M., (2013) : Contrôle annuel des stations d'épuration. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 164-182.
- LAZZAROTTO, J., KLEIN, A., QUÉTIN, P. (2013) : Evolution physico-chimique des eaux du Léman. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 12-42.
- OFS (2010) : Bilan de l'azote. Office fédéral de la statistique.
- OFEV (2013) : Flux d'azote en Suisse en 2020. Office fédéral de l'environnement.
- KLEIN, A., (2012) : Apports par les affluents au Léman et au Rhône à l'aval de Genève et leur qualité. Rapp. Comm. Int. Prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2011, 157-178
- STRAWCZYNSKI, A. (2013) : Analyses comparatives interlaboratoires. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2012, 180-191.

Tableau 2 : Concentrations moyennes en 2012.
Table 2 : Mean concentrations in 2012.

Nom Rivière	Débit (m ³ /sec)	N-NH ₄ (mgN/L)	N-NO ₂ (mgN/L)	N-NO ₃ (mgN/L)	Nmintot (mgN/L)	Ntot (mgN/L)	P-PO ₄ (mgP/L)	PlotBrut (mgP/L)	Cl (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Ca (méq/L)	Mg (méq/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	DOC (mg/L)	TOC (mg/L)	MES (mg/L)	
Bassin versant du Léman																			
Concentrations moyennes																			
Rhône amont	196.4	0.088		0.554	0.641	0.647	0.004	0.096	10.0	48.8	20.0	2.4	6.5	1.7	2.9	0.8	1.4	156.0	
Dranse	19.7	0.025	0.007	0.597	0.618	0.685	0.007	0.058	6.1	55.9	71.0	8.9	4.4	0.8	3.6	1.9		40.4	
Aubonne	5.1	0.028	0.009	1.216	1.250		0.007	0.022	6.1	4.0	66.4	5.8	3.7	0.8	2.5	3.5		6.5	
Venoge	3.2	0.272	0.045	3.488	3.794		0.024	0.027	19.7	19.4	84.9	8.1	10.7	2.3	4.3	3.5		23.3	
Versoix	3.2	0.105		1.245	1.346	1.540	0.040	0.380	10.4	7.3	77.5	6.2	6.0	1.0		3.3			
Veveyse	2.2	0.365	0.011	0.583	0.956		0.004		12.7	11.6	61.8	6.3	9.5	1.3	3.9	3.4		37.4	
Promenthouse	1.4	0.049	0.007	1.878	1.929		0.009		8.1	5.7	73.1	7.6	4.9	1.1	3.9	2.8		10.8	
Chamberonne	0.8	0.082	0.018	2.146	2.239		0.029	0.076	21.3	38.9	66.6	8.0	12.9	2.5	4.6	2.8		32.2	
Eau Froide	0.5	0.036	0.006	4.124	4.154		0.015		7.0	28.9	62.5	6.0	10.2	2.0	3.6	3.0		44.1	
Morges	0.5	0.035	0.026	5.179	5.225		0.036		21.8	33.4	95.8	12.6	12.0	3.6	7.5	3.6		90.5	
Boiron-de-Morges	0.5	0.049	0.028	5.018	5.081		0.084	0.125	21.7	31.8	98.8	13.6	12.6	3.3	9.1	3.9		23.2	
Dullive	0.1	0.018	0.008	2.421	2.440		0.014	0.036	12.4	20.1	87.2	11.2	7.6	2.1	7.0	2.7		10.1	
Bassin versant du Rhône aval																			
Rhône émissaire	268.1	0.041		0.470	0.509	0.577	0.008	0.028	8.8	46.43	39.2	5.3	5.8	1.3		1.3			
Arve	66.5	0.09	0.031	0.663	0.782	0.812	0.026	0.123	8.4	52.30	53.2	5.7	5.5	1.1		1.1			
Allondon	1.8	0.012	0.004	1.499	1.512	1.604	0.014	0.022	7.9	7.98	81.2	6.4	4.2	0.8		2.0			
Rhône Chancy	350.8			0.66	0.663	0.81	0.011	0.062	10.3	45.56	23.5	2.9	6.7	1.6	1.4	1.2	1.7		64.6

Tableau 3 : Flux en 2012.
Table 3 : Flows in 2012.

Nom Rivière	Débit (m ³ /sec)	N-NH ₄ (t/an)	N-NO ₂ (t/an)	N-NO ₃ (t/an)	Nmintot (t/an)	Niot (t/an)	P-PO ₄ (t/an)	ProtBrut (t/an)	Cl (t/an)	SO ₄ (t/an)	Ca (t/an)	Mg (t/an)	Na (t/an)	K (t/an)	SiO ₂ (t/an)	DOC (t/an)	TOC (t/an)	MES (t/an)	
Bassin versant du Léman																			
Rhône amont	196.4	547.8		3'433.2	3'981.0	4'009.3	26.7	596.1	61'903	302'342	124'117	15'071	40'121	10'609	17'961	4'779	8'766	9'663	12
Dranse	19.7	15.5	4.8	386.4	406.8	442.8	4.7	37.3	3'913	35'255	46'612	5'862	2'860	543	2'371	1'245		26'495	
Aubonne	5.1	4.4	1.5	194.1	200.0		1.1	3.6	963	634	10'603	926	587	119	399	559		1'041	
Venoge	3.2	27.5	4.5	352.4	384.5		2.5	2.8	1'992	1'964	8'579	819	10'76	230	435	358		2'357	
Versoix	3.2	11.5		136.7	148.3	169.2	4.4	41.7	1'146	801	8'513	684	663	111		364			
Veveyse	2.2	25.8	0.8	41.3	67.9		0.3		897	826	4'379	444	670	93	275	241		2'651	
Promenthouse	1.4	2.2	0.3	84.3	86.8		0.4		365	256	3'282	342	218	50	173	124		483	
Chamberonne	0.8	2.2	0.5	56.6	59.2		0.8	2.0	561	1'027	1'756	211	340	66	120	75		848	
Eau Froide	0.5	0.6	0.1	72.2	72.9		0.3		122	506	1'094	106	178	34	62	52		772	
Morges	0.5	0.5	0.4	77.3	78.2		0.5		325	499	1'430	189	179	53	111	53		1'351	
Boiron-de-Morges	0.5	0.8	0.5	81.8	83.1		1.4	2.0	337	518	1'612	221	205	53	148	64		378	
Dullive	0.1	0.1	0.0	9.3	9.4		0.1	0.1	47	77	333	43	29	7	26	10		38	
Total BV Léman		639.0	13.3	4'925.6	5'578.0	4'621.2	43.0	685.6	72'576	344'710	212'309	24'918	47'129	11'975	22'085	7'928	8'766	1'002'731	
Bassin versant du Rhône aval																			
Rhône émissaire	268.1	347.0		3'968.9	4'315.9	4'878.0	65.5	240.2	74'414	364'374	331'684	44'679	49'352	10'965		10'670	347.0		
Arve	66.5	189.7	64.4	1'391.7	1'645.8	1'704.6	53.9	257.9	17'690	92'885	111'598	11'990	11'601	2'262		2'303	189.7		
Allondon	1.8	0.7	0.3	88.2	89.2	94.4	0.8	1.3	466	469	4'777	378	249	47		119	0.7		
Rhône Chancy	350.8			7'355	7'355	8'969	121	692	113'880	504'099	260'250	32'284	74'734	18'170	15'523	13'875	19'463	715'247	