



République et canton de Genève
Département de l'intérieur, de l'agriculture, de l'environnement et de l'énergie
Service cantonal d'hydrobiologie
Service scientifique de l'environnement

MISE EN ÉVIDENCE DES FACTEURS AFFECTANT LA COMPOSITION DU RHÔNE À SA SORTIE DU TERRITOIRE GENEVOIS

ÉTUDE PRÉLIMINAIRE
1994-2000



Pascale Nirel,
chimiste spécialisée

Roger Revaclier,
chef de service

Novembre 2001

Table des matières

MISE EN EVIDENCE DES FACTEURS AFFECTANT LA COMPOSITION DU RHONE A SA SORTIE DU TERRITOIRE GENEVOIS - ETUDE PRELIMINAIRE	2
Introduction	2
1. IMPORTANCE RELATIVE DES FLUX DE MATIERE DISSOUTE EN PROVENANCE DU RHONE EMISSAIRE ET DE L'ARVE SUR LES FLUX MESURES A CHANCY	4
1.1 Paramètres de la qualité de l'eau	4
1.2 Les éléments traces	8
2. INFLUENCES RESPECTIVES DU RHONE ET DE L'ARVE SUR LES VARIATIONS TEMPORELLES DE LA COMPOSITION DE L'EAU DU RHONE A CHANCY	11
2.1 Paramètres de la qualité de l'eau	11
2.2 Les éléments traces et les polluants métalliques	14
Conclusions	17

**MISE EN EVIDENCE DES FACTEURS AFFECTANT LA COMPOSITION DU RHONE
A SA SORTIE DU TERRITOIRE GENEVOIS - ETUDE PRELIMINAIRE**

Introduction

La composition chimique des eaux du Rhône genevois varie de façon importante entre la sortie du lac Léman (Rhône émissaire) et Chancy (frontière avec la France). Ces variations de composition sont dues à des apports plus ou moins importants comme ceux de l'Arve, divers affluents (Allondon p.ex.), les rejets des stations d'épuration (STEP) et les apports diffus (Revaclier et Dethier, 1986 ; Orand et al, 2001).

Dans le contexte de la mise en service de la nouvelle station d'épuration d'Aïre, il nous a paru intéressant de faire un bilan des apports influant la composition des eaux du Rhône à Chancy afin de pouvoir mieux quantifier les effets des nouvelles installations.

Selon l'ordonnance fédérale OEaux 1998, annexe1,

« La qualité de l'eau doit être telle que :

- a. le régime de température présente des caractéristiques proches de l'état naturel ;
- b. l'eau, les matières en suspension et les sédiments ne contiennent pas de substances de synthèse persistantes ;
- c. d'autres substances pouvant polluer les eaux et y aboutir par suite de l'activité humaine :
 - ne s'accumulent pas dans les végétaux, les animaux, les micro-organismes, les matières en suspension ou les sédiments ;
 - n'aient pas d'effet néfaste sur les biocénoses ni sur l'utilisation des eaux ;
 - ne provoquent pas de production de biomasse plus élevée que celle produite naturellement ;
 - n'entravent pas les processus biologiques qui permettent aux végétaux et aux animaux de couvrir leurs besoins physiologiques fondamentaux, tels que les processus du métabolisme, la reproduction et le sens olfactif de l'orientation ;
 - aient des concentrations qui se situent dans la fourchette des concentrations naturelles lorsqu'elles sont déjà présentes dans les eaux à l'état naturel ;
 - n'aient que des concentrations pratiquement nulles lorsqu'elles ne sont pas présentes dans les eaux à l'état naturel. »

Afin d'estimer l'impact sur les biocénoses, de nombreux paramètres doivent être pris en compte. Ainsi, outre l'influence reconnue de la qualité de l'eau sur les organismes, les paramètres climatiques et hydro-morphologiques, on commence à suspecter un effet non

négligeable de la *variabilité* des conditions physico-chimiques du milieu sur la diversité des organismes (Nirel, Perfetta, Revaclier, accepté).

L'étude a été effectuée sur les indicateurs couramment utilisés pour diagnostiquer la qualité des eaux superficielles : oxygène dissous (O_2 dissous), carbone organique dissous (COD), Demande Biologique en Oxygène à 5 jours (DBO_5), azote ammoniacal ($N-NH_4^+$), nitreux ($N-NO_2^-$), nitrique ($N-NO_3^-$) et total (N total), phosphore dissous (P dissous) et phosphore total (P total), chlorures (Cl^-), sulfates (SO_4^{2-}), sodium (Na^+), potassium (K^+), calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), E. coli, des éléments traces représentatifs de la géologie (Al, Sr, Mo, Ba, U), des polluants métalliques (Ni, Cu, Zn, Pb) et un traceur des rejets de STEP, le bore (B). Pour chacun de ces indicateurs nous avons estimé l'importance relative des différents apports ainsi que les impacts des différentes sources (Rhône émissaire, Arve) sur les flux et les variations temporelles des concentrations mesurées à Chancy. Les mesures utilisées ont été effectuées entre 1994 et 2000 sur des échantillons instantanés prélevés mensuellement aux mêmes dates. Les résultats en métaux proviennent de mesures sur la fraction dissoute (échantillon filtré à $0.45\mu m$). Les méthodes analytiques sont celles couramment utilisées par nos services, elles sont régulièrement vérifiées par des intercalibrations entre laboratoires (Strawczynski, 2001).

1. IMPORTANCE RELATIVE DES FLUX DE MATIERE DISSOUE EN PROVENANCE DU RHONE EMISSAIRE ET DE L'ARVE SUR LES FLUX MESURES A CHANCY

Les flux de substances dissoutes provenant de l'Arve et du Rhône émissaire (apports principaux) ont été calculés sur la base de valeurs moyennes pondérées annuelles.

Les flux calculés à Chancy sont la somme des flux mesurés du Rhône émissaire et des flux de l'Arve avant la Jonction. Une différence positive entre un flux mesuré à Chancy et un flux calculé permet de mettre en évidence les apports secondaires (affluents divers, rejets de STEP...) et une différence négative mettra en évidence les "pertes" éventuelles. Ces pertes peuvent être dues aux effets de l'autoépuration (pour les formes de l'azote, le carbone organique, l'oxygène etc..) ou à la fixation sur des particules.

1.1 Paramètres de la qualité de l'eau

Beaucoup de paramètres (conductivité, O₂ dissous, COD, Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺) présentent un bilan équilibré, c'est-à-dire que les flux mesurés à Chancy correspondent bien à ceux de Chancy calculés. On notera que pour ces composés les flux apportés par le Rhône émissaire sont très supérieurs à ceux apportés par l'Arve. Figures 1a à 1i.

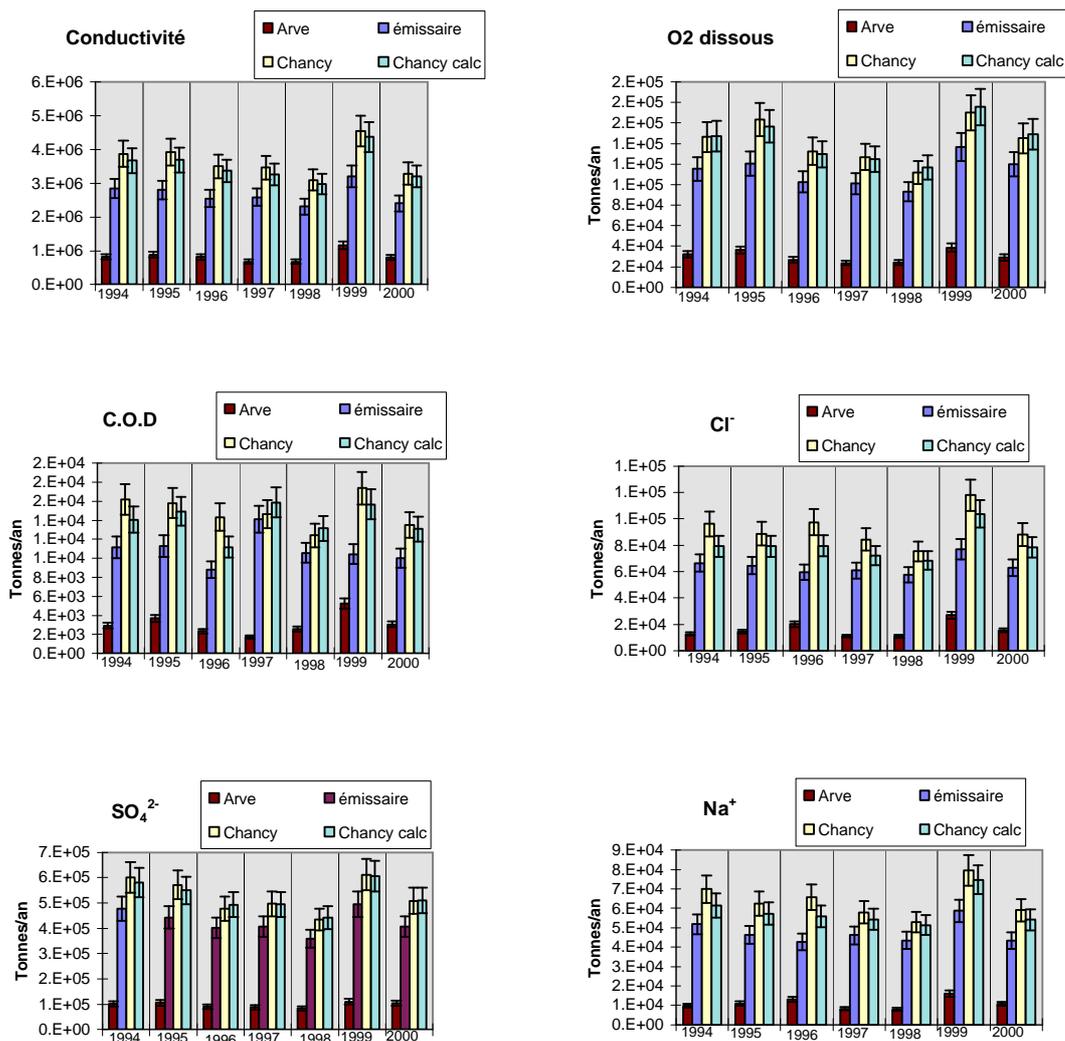
Pour d'autres composés, par contre, les flux mesurés à Chancy sont supérieurs aux flux calculés (Figure 2 a à g) : toutes les formes de l'azote, la DBO₅ (jusqu'à 1996 inclus), les formes du phosphore et la bactérie E. coli (sauf en 1999 où les valeurs mesurées dans l'Arve sont spécialement élevées). Ces paramètres sont en grande partie associés aux pollutions d'origine humaine. Les rejets de STEP, celle d'Aire par exemple, en sont certainement à l'origine mais peut-être pas uniquement. De plus, si les apports par le Rhône émissaire restent prépondérants par rapport à ceux de l'Arve pour l'azote total, l'azote nitrique, et la DBO₅, on constate dans les cas de l'azote ammoniacal et du phosphore total que les flux apportés par l'Arve sont aussi élevés que ceux du Rhône. Dans les cas de l'azote nitreux, du phosphore dissous et des E. coli, les flux apportés par l'Arve sont supérieurs voire très supérieurs à ceux du Rhône.

De plus, on note à Chancy, une péjoration depuis 1996 pour l'azote ammoniacal, mais une amélioration pour la DBO₅ et l'azote nitreux depuis 1997.

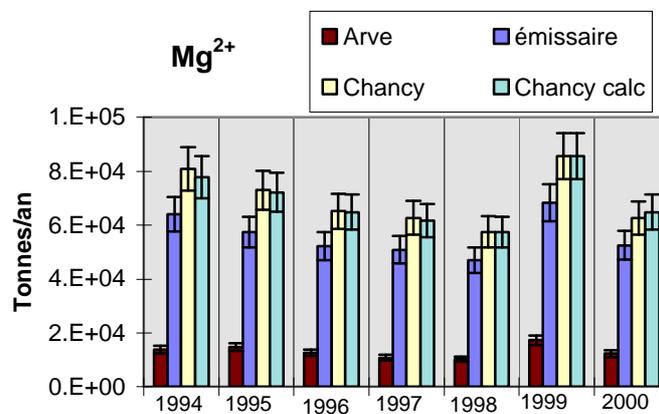
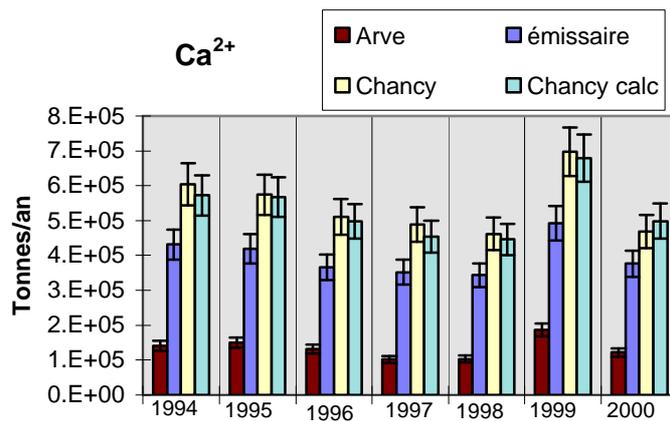
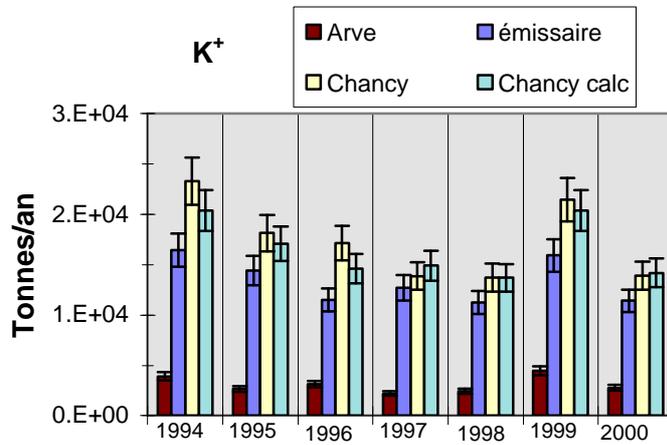
Les apports de matières dissoutes par les vidanges de Verbois effectuées en 1997 et 2000 ne sont pas pris en compte dans les comparaisons interannuelles. On sait cependant que le brassage des sédiments entraînés lors des opérations de vidange peut provoquer des remises en solution importantes de matières dissoutes (Rapports service cantonal d'hydrobiologie, 1997 et 2000).

Les résultats présentés ici confirment les études de la CIPEL sur le bilan des apports au Rhône à l'aval de Genève (Orand et al., 2001 et précédents).

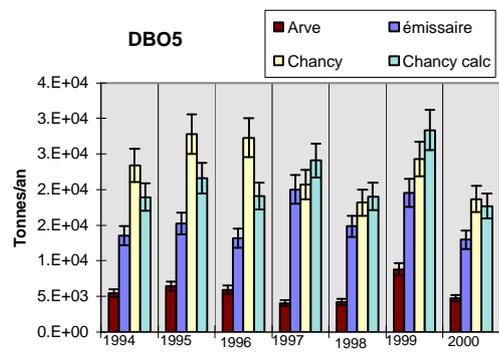
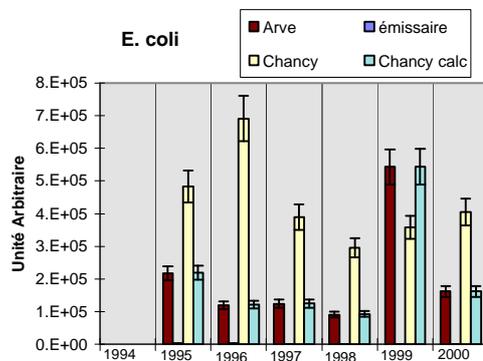
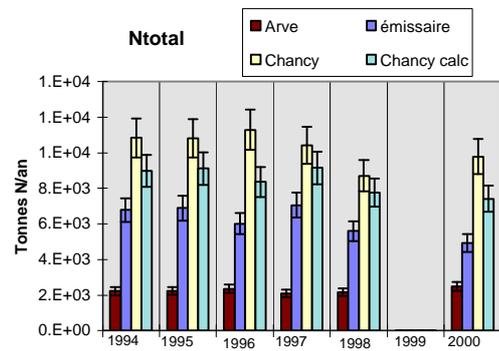
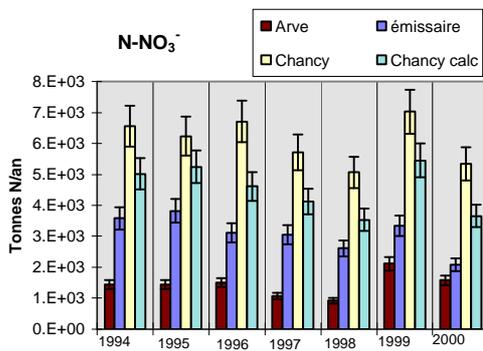
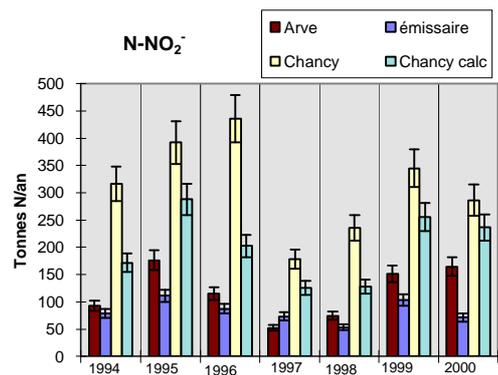
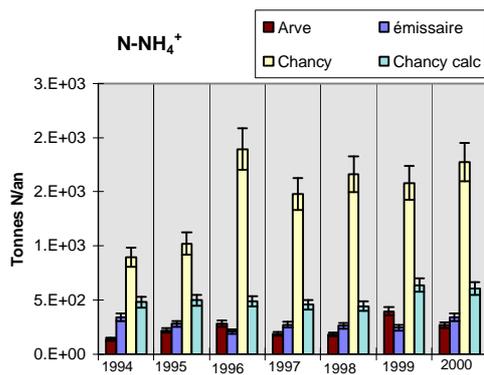
Figures 1 a à f : Paramètres présentant un bilan des flux équilibrés. Les barres d'erreur correspondent à $\pm 10\%$. Chancy calculé = Arve + Emissaire. La conductivité est donnée sans unité.



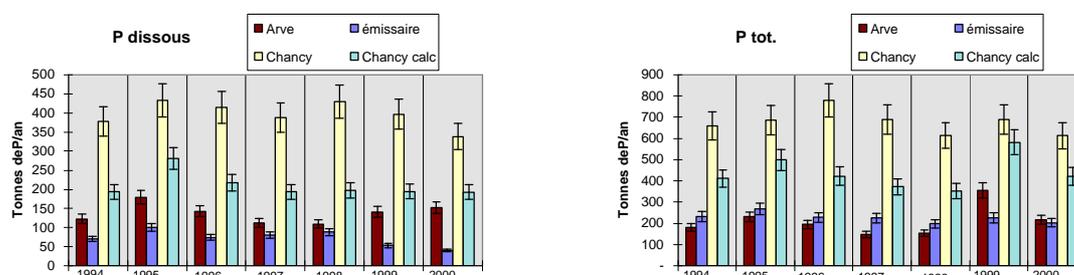
Figures 1 g à i : Paramètres présentant un bilan des flux équilibrés. Les barres d'erreur correspondent à $\pm 10\%$. Chancy calculé = Arve + Emissaire.



Figures 2 a à e : Paramètres présentant des flux en excès à Chancy (Chancy mesuré > Chancy calculé). Les barres d'erreur correspondent à $\pm 10\%$.



Figures 2 f et g : Paramètres présentant des flux en excès à Chancy (Chancy mesuré > Chancy calculé). Les barres d'erreur correspondent à $\pm 10\%$.



1.2 Les éléments traces

Certains éléments présentent des bilans équilibrés : l'uranium, le strontium, le molybdène, le rubidium et le baryum. Pour ces éléments, le Rhône émissaire représente la principale source d'apports à Chancy (Figure 3 a à e).

Pour le bore (B), le plomb (Pb) et l'aluminium (Al) des apports autres que le Rhône et l'Arve doivent être envisagés. On notera que pour l'aluminium les apports de l'Arve sont supérieurs à ceux du Rhône. Les cas du zinc (Zn), du nickel (Ni) et du cuivre (Cu) sont plus mitigés. Les apports calculés à Chancy ne sont pas systématiquement inférieurs à ceux mesurés. On constate un excès en zinc (Zn) en 1997, 1998 et 2000, un excès en cuivre (Cu) en 1997 et 1998, un excès en nickel (Ni) en 2000. Le bilan de bore (B) est toujours déséquilibré, mais de façon nettement significative seulement en 1995, 1996 et 1997. (Figure 4 a à f).

Figure 3 a à e : Eléments présentant un flux équilibré à Chancy (Chancy calculé env. égal à Chancy mesuré). Les barres d'erreur correspondent à $\pm 10\%$.

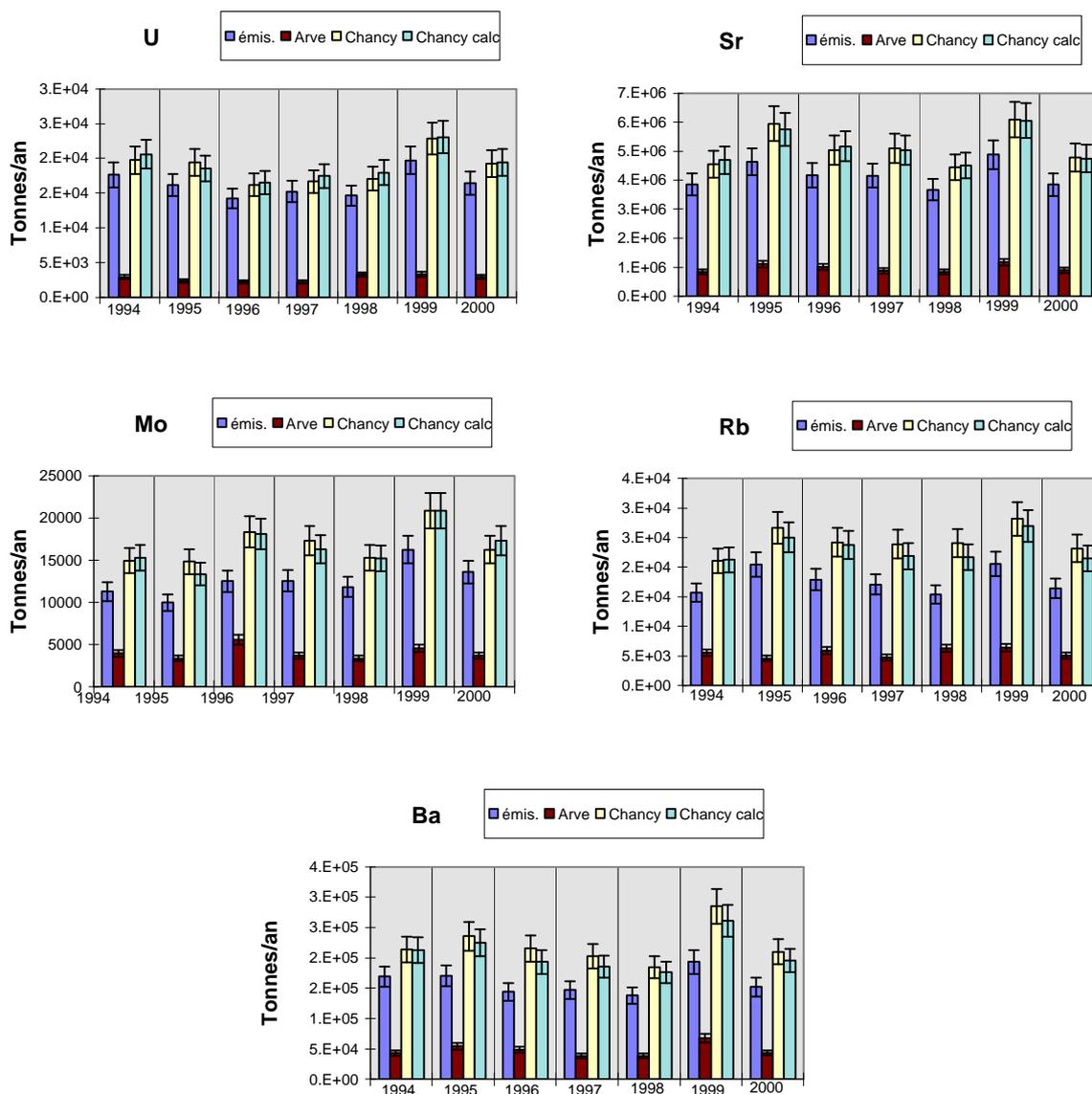
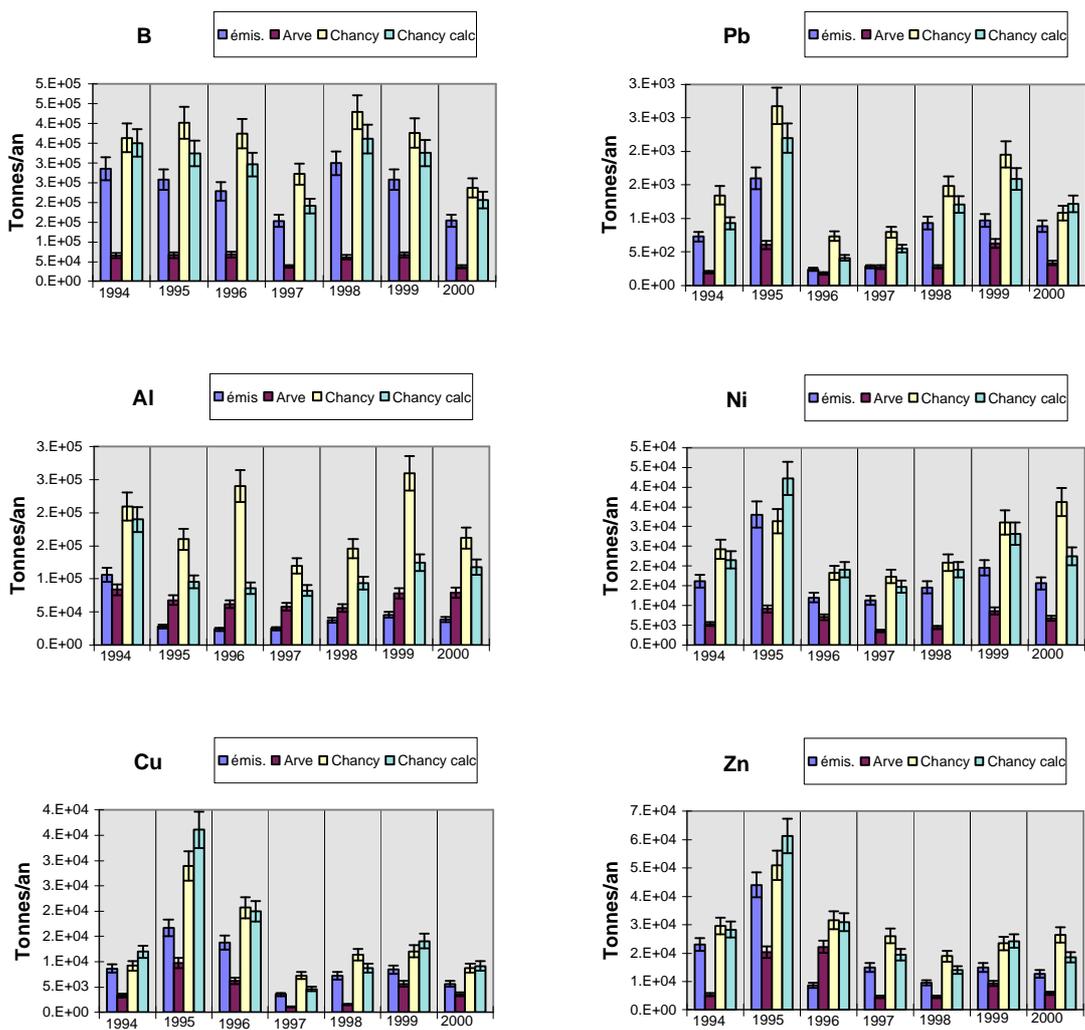


Figure 4 a à f : Eléments présentant des flux mesurés à Chancy supérieurs aux flux calculés. Les barres d'erreur correspondent à $\pm 10\%$.



2. INFLUENCES RESPECTIVES DU RHONE ET DE L'ARVE SUR LES VARIATIONS TEMPORELLES DE LA COMPOSITION DE L'EAU DU RHONE A CHANCY

Afin d'étudier les variations de la composition des eaux du Rhône à Chancy, nous avons considéré l'évolution temporelle des concentrations des différents paramètres mesurés dans le Rhône à Chancy, dans l'Arve et dans le Rhône émissaire.

2.1 Paramètres de la qualité de l'eau

Les cas de la conductivité, du calcium, du magnésium, du sodium, des chlorures et des sulfates sont illustrés Figure 5 a à g . On constate que les variations temporelles de leurs concentrations à Chancy sont influencées par celles de l'Arve. On rappellera que pour les flux, c'est le Rhône émissaire qui représentait la majorité des apports. Pour le carbone organique dissous (COD) et l'oxygène dissous (O_2 dissous) dont nous avons vu que les flux dépendaient fortement des teneurs à l'émissaire, le cas est moins clair (Figure 5 h et i), ceci peut être lié au caractère non conservatif de ces paramètres et à l'influence de la température et de la biologie sur la concentration en oxygène dissous de l'eau.

Les paramètres dont nous avons vu précédemment que le flux à Chancy dépendait d'autres sources que le Rhône et l'Arve présentent des variations temporelles nettement plus indépendantes (le cas de l'ammonium est présenté Figure 5 j à titre d'exemple).

On notera le caractère saisonnier des variations de la conductivité, des chlorures (Cl^-), du sodium (Na^+), du calcium (Ca^{2+}), des sulfates (SO_4^{2-}), du magnésium (Mg^{2+}) et dans une moindre mesure des nitrates ($N-NO_3^-$) et des formes du phosphore. Ceci est lié aux variations du débit présentées Figure 6 (conductivité par exemple), mais aussi à l'influence de la biologie sur la consommation des nutriments (cas des nitrates) et les conditions physico-chimiques du milieu (précipitation de carbonates dans le lac suite à l'activité biologique lacustre) (Carrel, 1986).

Figures 5 a à g : Paramètres présentant des variations saisonnières.

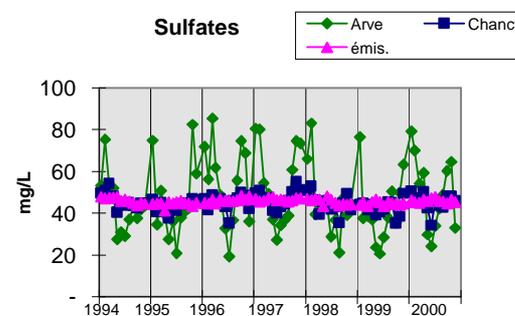
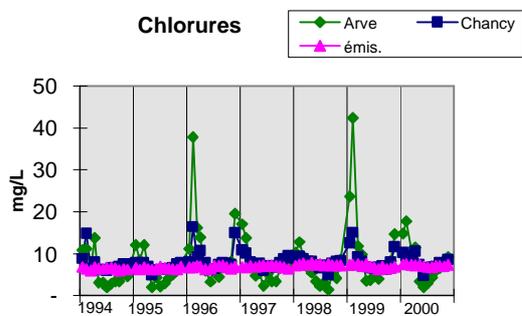
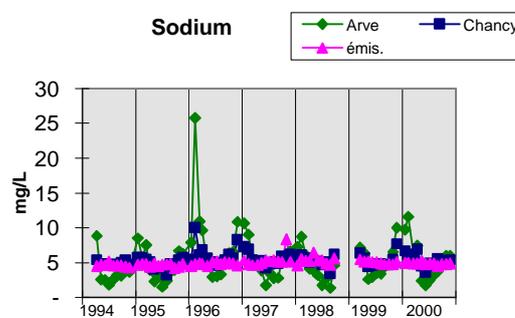
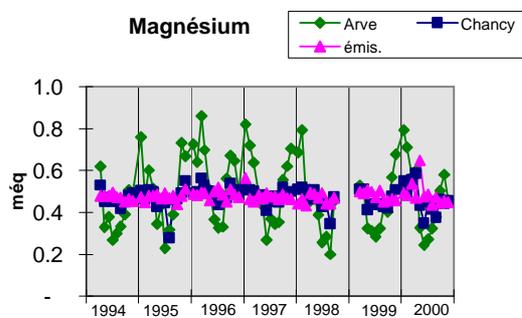
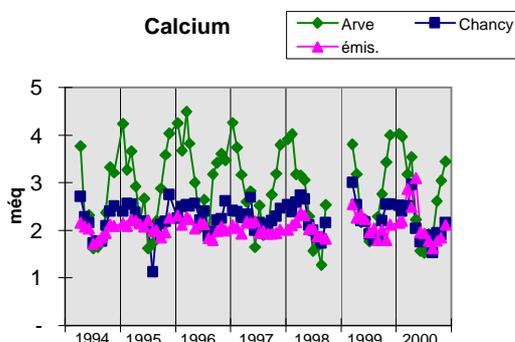
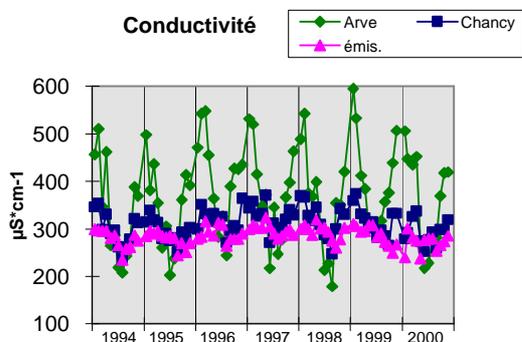


Figure 5 h à j : Autres types de comportements.

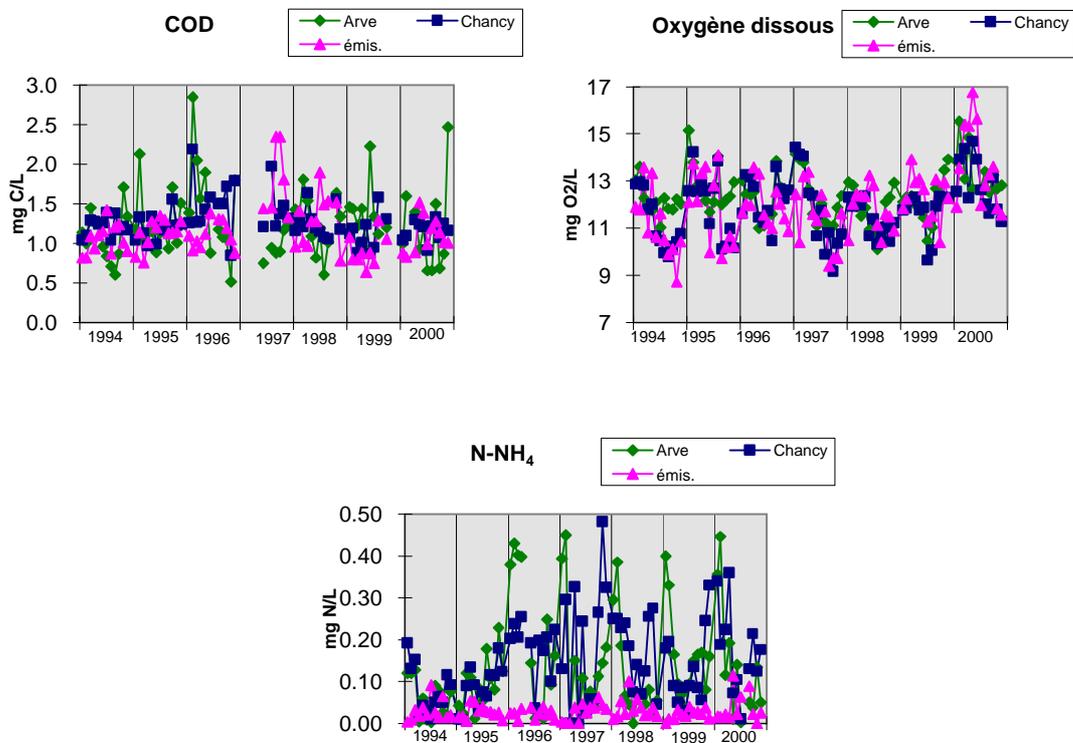
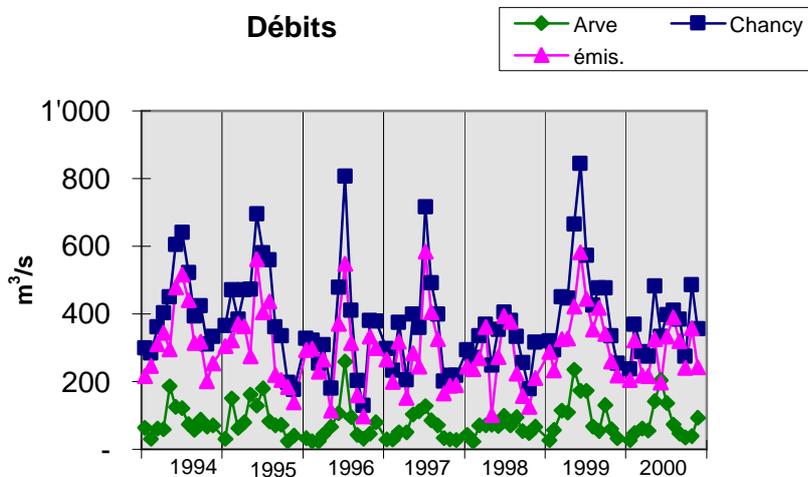


Figure 6 : Evolution des débits.



2.2 Les éléments traces et les polluants métalliques

Dans les cas des éléments traces aluminium, rubidium, strontium, molybdène, baryum et uranium (Al, Rb, Sr, Mo, Ba, U) (Figure 7 a à f) l'influence des teneurs de l'Arve sur les variations des concentrations mesurées à Chancy est très nette, et ce même dans le cas de l'aluminium pour lequel le bilan des flux était très mal équilibré et dont la source est inconnue. On notera dans le cas de l'uranium l'effet de dilution par les eaux de l'Arve, les concentrations à Chancy sont en effet inférieures à celles du Lac.

Les autres éléments comme le bore (B) et les polluants métalliques, nickel, cuivre, zinc et plomb (Ni, Cu, Zn, Pb) dont on sait que les concentrations sont facilement augmentées par l'activité humaine, les influences réciproques de l'Arve et du Rhône émissaire sont plus diffuses ou ponctuelles. Ceci est probablement lié à de multiples apports sur le cours de la rivière (bilan des flux non équilibré). Les cas du bore et du nickel sont présentés à titre d'exemple Figure 8.

On notera le caractère saisonnier des variations des éléments traces aluminium, rubidium, strontium, molybdène, baryum et uranium ; il s'agit là encore de l'effet de la variation des débits et/ou de l'activité biologique.

Figure 7 a à f : Eléments présentant des variations saisonnières

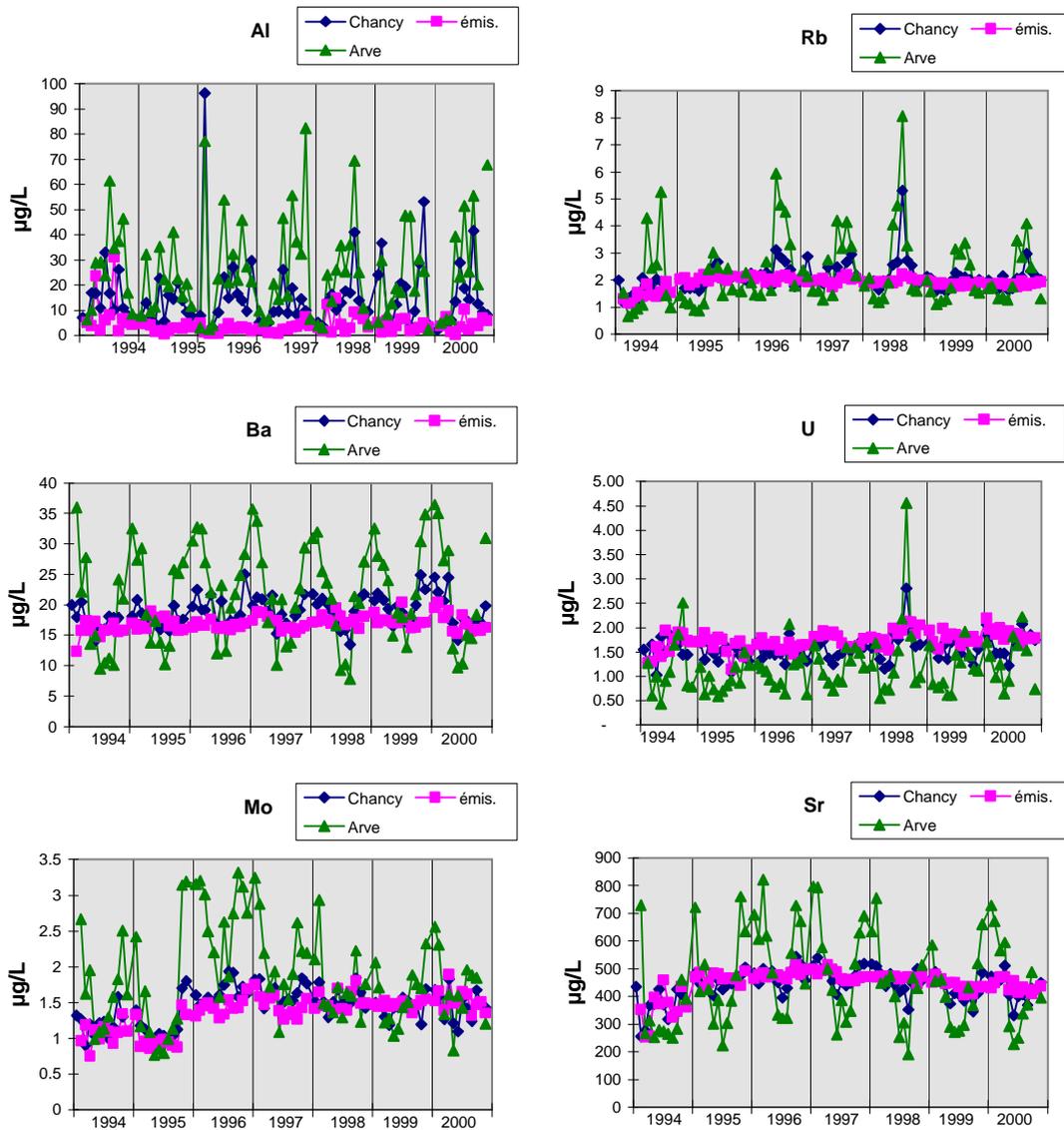
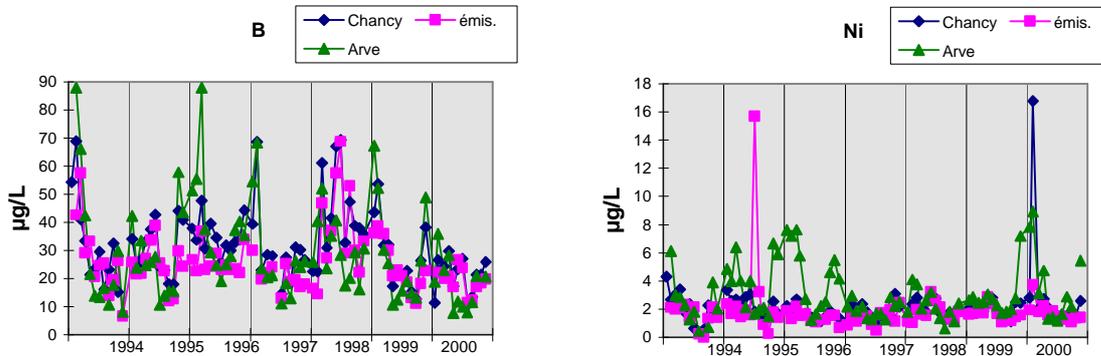


Figure 8 a et b : Cas exemplaires du bore et du nickel



CONCLUSIONS

Un bilan, même incomplet des flux à Chancy, montre l'importance des apports du Rhône émissaire pour les composés pas ou peu influencés par l'activité humaine. Etant donné la mise en service de la nouvelle station d'épuration d'Aire, nous nous proposons de compléter ces bilans par les apports provenant des différents ouvrages situés entre la Jonction et Chancy (stations d'épuration communales et industrielles, usine d'incinération, déversoirs de stations de pompage et d'orages...) afin de quantifier l'importance relative des sources de pollutions.

L'étude des variations temporelles des concentrations apporte un autre type d'information. On voit que les apports du Rhône émissaire, bien que plus importants en masse, sont de bonne qualité et « stabilisés » par leur temps de résidence dans le lac (Carrel, 1986). C'est pourquoi en terme de variation et en ce qui concerne les éléments d'origine principalement naturelle, les variations de concentrations dans l'Arve gouvernent les variations à Chancy. On notera le caractère saisonnier des variations de ces composés. Ce type de variation, d'amplitude inverse aux débits, peut être considéré, a priori, comme l'empreinte des conditions naturelles auxquelles fait référence l'annexe 1 de l'OEaux 1998, citée dans l'introduction. Ainsi, cette approche pourrait permettre d'évaluer le degré de perturbation des conditions physico-chimiques du cours d'eau au sens de la directive cadre européenne (2000/60/CE établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau). Dans le cas des composés dont les concentrations sont affectées par les activités humaines, des variations erratiques confirment la nécessité de compléter l'étude par les apports liés aux rejets des ouvrages. On voit cependant, que pour certains composés

(l'ammonium, le bore et le nickel par exemple) une amélioration de la qualité des eaux du Rhône à sa sortie du territoire genevois dépend, pour une part non négligeable, de l'amélioration de la qualité des eaux de l'Arve. On peut espérer que les mesures d'assainissement des eaux domestiques et surtout industrielles et artisanales prises dans le cadre du contrat de rivière « Arve » iront dans ce sens.

Nous avons donc vu que :

- ◆ pour certains composés, des études complémentaires sur les apports par d'autres sources (stations d'épuration, industries, déversoirs d'orages...) doivent être effectuées afin de compléter les bilans de flux : les formes de l'azote (ammonium, nitrite, nitrate et l'azote total), les formes du phosphore (dissous et particulaire), la bactérie E. coli, et certains métaux (Al, B, Pb, Ni, Cu et Zn). La nouvelle station d'épuration d'Aire devrait avoir une influence bénéfique sur la qualité des eaux à Chancy.
- ◆ si, en masse les apports par le Rhône émissaire sont les plus importants, les variations de composition des eaux du Rhône à sa sortie du territoire genevois sont fortement influencées par les eaux de l'Arve. On comprend alors l'importance du Contrat de Rivière sur l'Arve.
- ◆ la mise en évidence de variations saisonnières pouvant être considérées comme naturelles permet une approche adaptée aux exigences en matière de qualité de l'eau définie par l'OEaux et la directive cadre européenne.

Bibliographie

Carrel, G. (1986). *Caractérisation physico-chimique du Haut-Rhône français et de ses annexes : incidences sur la croissance des populations d'alevins*. Thèse Ecologie des eaux douces. Lyon, Univ. C. Bernard: 185.

Nirel P.M., Perfetta J., Revaclier R. (2001). *Lien entre les variations chimiques et biodiversité, l'exemple du rapport Rb/Sr dissous*, Accepté Revue des Sciences de l'Eau.

Nirel P.MV et Revaclier R. (2000). *Vidange de la retenue de Verbois (GE). Rapport concernant les examens physico-chimiques des eaux effectués du 27 au 30 mai.*, Service de l'écotoxicologue cantonal. 16p.

Nirel P.MV et Revaclier R. (1997). *Vidange de la retenue de Verbois (GE). Rapport concernant les examens physico-chimiques des eaux effectués du 30 mai au 3 juin.*, Service de l'écotoxicologue cantonal. 16p

Orand A., Moille J-P, Dorioz J-M, Rapin F., Corvi C. (2001). *Bilan des apports par les affluents au Léman et au Rhône à l'aval de Genève.*, Rapp. Comm. Int. Prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 37-72

Revaclier, R. et M. Dethier (1986). *"Etude écologique du Rhône genevois (1983-1986)." Gas, Wasser, Abwasser* 66(11): 756-765.

Srawczynski, A. (2001). *Analyses comparatives interlaboratoires*. Rapp. Comm. Int. Prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2000, 279-291.