Zeitschrift: Archives des sciences [2004-ff.]
Herausgeber: Société de Physique et d'histoire Naturelle de Genève
Band: 66 (2013)
Heft: 2

Artikel: La protection du Léman : priorité à la lutte contre l'eutrophisation
Autor: Rapin, François / Gerdeaux, Daniel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738479

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

La protection du Léman
priorité à la lutte contre l'eutrophisation

François RAPIN[1] et Daniel GERDEAUX[2]

Ms. reçu le 11 mai 2013, accepté le 31 juillet 2013

Abstract

Control of eutrophication in Lake Geneva. – *Lake Geneva, the largest and deepest lake in Western Europe, supplies more than 600 000 people with drinking water. In 1950 it presented a deterioration of its health, then a sharp increase in phosphorus to a maximum in 1979 (89.5 µgP/L). In 1963, a Convention has been signed between Switzerland and France, creating an International Commission for the Protection of Lake Geneva. Since 1971, research programs and monitoring have been implemented to coordinate and harmonize the efforts. Based on the results, the International Commission recommends to Contracting Governments to take measures to remedy the pollution and prevent future pollution.*

Three action plans were implemented (1991-2000, 2001-2012 and 2011-2020) to address the problem of eutrophication with many actions against excessive phosphorus load. These actions have been effective. The average concentration of phosphorus in 2011 is 22.6 µgP/L.

This decrease is related to the increase of wastewater treatment plants eliminating phosphorus, to the improvement of performance of the latter, to actions at the source such as the ban on phosphorus in laundry products, to the improving of the quality of sewerage networks (limitation of sewer overflows) and to actions in agriculture to reduce phosphorus fertilization and fight against soil erosion.

Biological functioning of the lake in recent years shows that it begins to limit algal production. However, the current concentration of phosphorus is too high to ensure that there is no excessive phytoplankton development when conditions are favorable.

Efforts are still needed and the objective of the International Commission is to bring the lake phosphorus concentration to less than 15 µgP/L (between 10 and 15).

Keywords: *Lake Geneva, eutrophication, phosphorus, action plans, sanitation, international collaboration*

Résumé

Le Léman, le plus grand et profond lac d'Europe occidentale, alimente plus de 600 000 personnes en eau potable. Dès 1950, il a présenté une dégradation de son état sanitaire, puis une nette augmentation des teneurs en phosphore pour atteindre un maximum en 1979 (89.5 µgP/L). En 1963, une Convention a été signée entre la Suisse et la France, créant une Commission internationale pour la protection des eaux du Léman. Dès 1971, des programmes de recherches et de surveillance sont mis en place permettant de coordonner et harmoniser les travaux. Sur la base des résultats, la Commission internationale recommande aux Gouvernements contractants les mesures à prendre pour remédier à la pollution et prévenir toute pollution future.

Trois Plans d'action ont été mis en place (1991-2000, 2001-2012 et 2011-2020) pour lutter contre l'eutrophisation avec de nombreuses actions de lutte contre le phosphore. Ces actions ont été efficaces, la concentration moyenne en phosphore est en 2011 de 22.6 µgP/L.

Cette baisse est liée à l'augmentation du nombre de stations d'épuration éliminant le phosphore, à l'amélioration du rendement de celles-ci, aux actions à la source comme l'interdiction du phosphore dans les produits de lavage textile, à l'amélioration de la qualité des réseaux d'assainissement (limitation des déversoirs d'orage) et les actions dans le domaine agricole pour diminuer la fertilisation phosphatée et la lutte contre l'érosion des sols.

[1] *Ch. de la Carrière 13, CH – 1264 St-Cergue.*

[2] *8, route de Tully, F-74200 Thonon.*

Le comportement biologique du lac ces dernières années montre qu'il commence à y avoir une limitation de la production algale. Toutefois, la concentration actuelle en phosphore est encore trop élevée pour garantir qu'il n'y ait pas de développements excessifs de phytoplancton lorsque les conditions climatiques leur sont favorables.
Des efforts sont donc encore nécessaires et l'objectif de la Commission internationale est de ramener le lac à une concentration en phosphore de moins de 15 µgP/L (entre 10 et 15).

Mots-clés: *Léman, eutrophisation, phosphore, plans d'action, assainissement, collaboration internationale*

1. Le lac et son bassin versant

Le Léman est le plus grand et profond plan d'eau de l'Europe occidentale, réservoir d'eau potable de 89 km³. Il occupe une dépression creusée dans le bassin molassique entre l'arc alpin et la chaîne du Jura. Il se divise en deux unités géographiques distinctes: à l'Est le «Grand Lac» est caractérisé par une grande plaine centrale de 300 mètres de profondeur (prof. max.: 310 m) et à l'Ouest le «Petit Lac» est bien plus étroit et moins profond (prof. max.: 76 m) (Fig. 1).

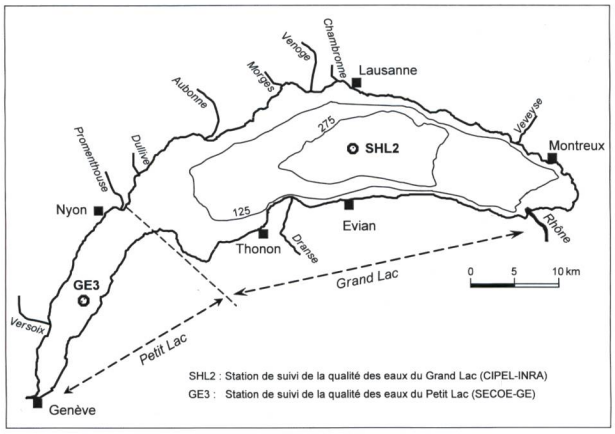

Fig. 1. Le Léman et la situation des stations de prélèvements.

Le Léman reçoit l'eau d'un grand bassin versant de 7999 km². Son altitude moyenne est relativement élevée (1670 m) (OFEV 2010). Le bassin versant est très allongé vers l'est dans les alpes valaisannes. Une partie de ses habitants ne vivent pas en contact avec le lac et ne se sont pas facilement sentis concernés par sa préservation.

Le Rhône représente 73% des apports des 250 m³/s moyens apportés par l'ensemble des affluents. Les régimes hydrologiques des quatre principales rivières sont: torrentiel alpin pour le Rhône et la Dranse et karstique jurassien pour la Venoge et l'Aubonne.

Depuis le début du 20e siècle de nombreux réservoirs d'accumulation ont été construits, principalement dans la partie Est du bassin versant (bassin du Rhône amont). A l'heure actuelle, leur volume utile cumulé représente un cinquième des apports du Rhône (Loizeau et Dominik 2000).

Le Léman ne présente qu'une seule période de brassage en fin d'hiver (monomictique chaud). L'épaisseur de la couche d'eau affectée par le brassage hivernal dépend des conditions climatiques qui ont prévalu au cours de l'hiver. Seul un hiver rigoureux comportant de longues périodes de vent du Nord provoque un refroidissement suffisant des couches superficielles permettant ainsi un brassage complet du lac. Ce phénomène de brassage permet la réoxygénation des eaux profondes du lac.

Au cours des dernières décennies, des brassages complets n'ont pas eu lieu pendant de longues périodes: de 1964 à 1969, de 1972 à 1978, de 1987 à 1998, de 2000 à 2004 et de 2007 à 2011. Le Léman est donc très sensible aux conditions climatiques hivernales qui contrôlent l'ampleur du brassage.

La population résidente dans le bassin versant atteint le million d'habitants et la capacité en lits touristiques est de l'ordre de 600 000. De 1998 à 2005 l'augmentation de la population a été de 7% soit environ 170 000 habitants. Ce rythme d'augmentation se maintient et il n'est pas prévu qu'il s'infléchisse dans les prochaines décennies. Le développement urbain et l'appropriation privée ont fortement altéré les rives du lac. Du côté suisse par exemple, près de 125 km de rives (sur 142 km) sont modifiées ou artificielles, et sur près de 95 km, elles sont inaccessibles au public.

Les prélèvements au lac ont nettement augmenté à partir de la fin du 19e siècle. Aujourd'hui, les principales agglomérations riveraines du lac s'y alimentent et prélèvent plus de 80 millions de m³ par an. Près de 600 000 personnes sont alimentées uniquement par l'eau du lac.

Le Léman représente une attraction pour le tourisme et un lieu de délassement très apprécié des riverains, notamment pour la baignade. La navigation de plaisance a pris un essor important au cours des dernières décennies; actuellement plus de 30 000 bateaux sont immatriculés sur le Léman.

La faune piscicole du Léman est depuis longtemps d'un grand intérêt économique. Plus de 500 tonnes de poissons sont déclarées par an par la pêche professionnelle et amateur.

2. Premières études, la surveillance des eaux du léman et les plans d'action

A la fin du 19e siècle et au début du 20e, le Léman est l'objet de très nombreux travaux scientifiques. Une synthèse est publiée par F.-A. FOREL entre 1892 et 1904 sous forme d'une monographie en trois volumes (*Le Léman, monographie limnologique*) qui traite de manière exhaustive pour l'époque de tous les aspects du lac. Dans cet ouvrage, il crée le terme de «limnologie» qu'il définit comme «l'océanographie des lacs».

Puis P. Vivier (1932, 1944), E. Hubault (1947) et B. Dussart (1948a, 1948b et 1954) publient les résultats de leurs recherches scientifiques sur le Léman.

La première prise de conscience de la dégradation de l'état du lac est d'ordre sanitaire. En effet, au printemps 1950, l'attention de l'Union Générale des Rhodaniens (UGR) fut attirée sur «*l'action néfaste pour l'homme des eaux usées et résiduaires qui sont déversées continuellement dans les eaux du bassin du Rhône*». Il s'agissait de plaintes de pêcheurs relatives aux modifications qu'ils constataient sur le lac. Le Dr F. Messerli, médecin hygiéniste de la ville de Lausanne, vice-président de l'UGR, fut chargé de rassembler au sein d'une commission franco-suisse officieuse des spécialistes: médecins, ingénieurs, biologistes, bactériologistes et chimistes, rattachés à des organes officiels des cantons suisses et des départements français.

Dès 1950, une collaboration s'établit entre ces scientifiques et des travaux de recherche sont entrepris. On peut citer, en particulier la thèse de R. Monod (1956) sur les variations de la composition chimique des eaux du Léman, le phénomène de pollution et d'autoépuration face à l'exutoire des égouts lausannois.

Des techniques d'études sont mises au point et les méthodes d'analyses sont harmonisées entre les différents laboratoires.

Dès mai 1957, il est instauré une surveillance systématique de la qualité des eaux sur 16 stations réparties sur les parties vaudoise, valaisanne, genevoise et haut-savoyarde du lac. Les prélèvements ont lieu six fois par année de mars à novembre. Dès 1959 quatorze stations sont ajoutées. Les scientifiques des cantons de Vaud, du Valais et de Genève, ainsi que de la Haute-Savoie collaborent ainsi très étroitement, car le lac réunit plus qu'il ne sépare.

Le choix des points de prélèvements est très orienté vers l'étude de l'influence de l'activité humaine autour du lac sur la qualité des eaux littorales. C'est pourquoi la majorité des points de prélèvements est située à proximité des rives. Les profondeurs de prélèvement sont dictées par le souci de connaître de façon détaillée l'état sanitaire des eaux superficielles. De plus, le Rhône affluent à son embouchure et le Rhône effluent en rade de Genève, ainsi que les points de pompage d'eau de boisson, sont échantillonnés.

Après quatre années de suivis scientifiques, les résultats font apparaître une nette dégradation de la qualité des eaux du lac (CIPEL 1964). Parmi les symptômes mis en évidence, on peut relever:

- une très nette augmentation du nombre de germes bactériologiques dans les eaux côtières par rapport à la situation de la fin du 19e siècle;
- l'évolution de la transparence des eaux: le cycle annuel simple avec un seul maximum en hiver et un seul minimum en été observé par F.-A. FOREL au début du 20e siècle est maintenant dédoublé avec un minimum au printemps et un autre en été, indices de deux poussées planctoniques. Entre ces deux minima, il y a une phase dite des eaux claires correspondant au broutage du phytoplancton par le zooplancton. Cette évolution est caractéristique d'une évolution défavorable de l'état trophique;
- la diminution de l'oxygénation des eaux profondes;
- l'augmentation de la concentration en phosphore total, particulièrement dans les eaux du fond du lac.

Au vu de l'état du lac qui se dégrade, de la commission instituée par l'UGR qui n'est pas officielle et de quelques problèmes comme la disponibilité des chercheurs qui sont bénévoles et la pérennité des recherches, il est proposé aux autorités d'officialiser cette commission.

A l'initiative des cantons riverains, des entretiens diplomatiques sont engagés entre la France et la Suisse. Le 9 novembre 1960 à Lausanne, les représentants des deux pays décident la création d'une «*Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution*». L'ancienne commission de l'UGR devient alors, avec quelques modifications dans sa composition, la sous-commission technique de cette nouvelle commission officielle.

Le 16 novembre 1962, une «*Convention entre le Conseil fédéral suisse et le gouvernement de la République française concernant la protection des eaux du lac Léman contre la pollution*» est signée à Paris. Après ratification par les parlements des deux pays, elle entre en vigueur le 1er novembre 1963.

Cette Convention permet de constituer une «Commission internationale pour la protection des eaux du lac Léman contre la pollution» (CIPEL) qui exerce les attributions suivantes:

- elle organise et fait effectuer toutes les recherches nécessaires pour déterminer la nature, l'importance et l'origine des pollutions et elle exploite le résultat de ces recherches;
- elle recommande aux Gouvernements contractants les mesures à prendre pour remédier à la pollution actuelle et prévenir toute pollution future;
- elle peut préparer les éléments d'une réglementation internationale concernant la salubrité des eaux du lac Léman;
- elle examine toutes autres questions concernant la pollution des eaux.

Dès 1963, la dégradation de la qualité des eaux littorales conduit les scientifiques à élargir l'étude des apports à l'ensemble des affluents du lac.

Le suivi régulier pendant les années 60 confirme la dégradation de la qualité des eaux du Léman:

- déficits en oxygène des eaux profondes et augmentation des concentrations en phosphore;
- changements quantitatifs (biomasse plus abondante et pics de production plus élevés) et qualitatifs du phytoplancton (apparition d'espèces de Cyanobactéries);
- dégradation de la qualité bactériologique.

Les études montrant la détérioration de la qualité bactériologique des eaux littorales mettent en évidence l'impact des rejets du «tout à l'égout» sans aucune épuration. L'apparition de l'eutrophisation est ensuite relevée et reliée à l'augmentation des teneurs en phosphore dans les eaux due aux déjections humaines apportées par les réseaux d'égout et l'utilisation du phosphore dans les produits lessiviels, ainsi qu'aux modifications des pratiques agricoles.

Simultanément un important problème de pollution est mis en évidence à la fin des années 1960, début 1970 dans les sédiments du Rhône et dans la chair des poissons du Léman: le mercure. Ce métal, très toxique, est issu principalement de rejets de deux sites industriels situés sur le Rhône valaisan. Pour certaines espèces de poissons, les concentrations sont proches des valeurs limites pour la consommation humaine.

L'ensemble de ces problèmes amène la CIPEL à mettre sur pied, dès 1971, des programmes quinquennaux de recherches et de surveillance et à créer un secrétariat permanent, notamment pour coordonner et harmoniser les travaux dans le bassin versant.

Dès 1970, il y a vingt-deux stations de prélèvement en zone de pleine eau pour tester la variabilité spatiale des paramètres mesurés, et six de pompage pour l'eau potable. La fréquence de prélèvement est alors mensuelle de janvier à décembre.

Dès 1971 sont entreprises des études sur les rejets des principales stations d'épuration, en 1973 une évaluation de la production primaire du lac et les études sont étendues en 1976 à l'examen des phénomènes de diffusion des nutriments à l'interface eau-sédiment.

En 1981, après une étude statistique de la représentativité des diverses stations de suivi du lac, il est retenu deux stations (Fig. 1):

- dans le Petit Lac, la station GE3 qui se trouve au centre du Petit Lac dans la fosse de Chevrens entre Coppet et Chevrens (coord. CH: 506.100/128.040), profonde de 71 m. Cette station est admise comme représentative de la partie profonde de cette partie du Léman. Cette station est suivie chaque mois par les services du canton de Genève (Service de l'écologie de l'eau).
- dans le Grand Lac, la station SHL2 au centre du lac dans la partie la plus profonde. Cette station est admise comme représentative du Grand Lac au point de vue physico-chimique quant à l'évolution à long terme (Blanc et al. 1993). Cette station est suivie dans le cadre de la CIPEL lors de 21 campagnes annuelles.

Il y a donc eu une évolution des programmes de surveillance du lac et l'apparition de techniques de plus en plus performantes: au début de nombreuses stations de suivi avec relativement peu de niveaux prélevés et une faible fréquence, ensuite une diminution des stations de suivi, avec une plus grande fréquence, plus de niveaux et plus de paramètres.

En 1981, des études spécifiques ont déterminé le stock de phosphore contenu dans les sédiments superficiels et effectué la zonation du degré de pollution du lac à partir de la détermination de la faune benthique. Puis en 1986, les programmes de recherches et de surveillance ont été orientés de façon à pouvoir mettre au point une modélisation dynamique du cycle du phosphore dans le lac. A cet effet, les flux de nutriments particulaires dans la colonne d'eau ont été déterminés. Depuis, les concentrations dans l'eau des formes particulaires du carbone organique, du phosphore et de l'azote organique sont déterminées. Les formes du phosphore potentiellement disponible pour les algues ont également été déterminées dans les différents apports au lac.

La mise en place des stations d'épuration pratiquant la déphosphatation (Fig. 2) a permis de stopper l'augmentation des concentrations en phosphore

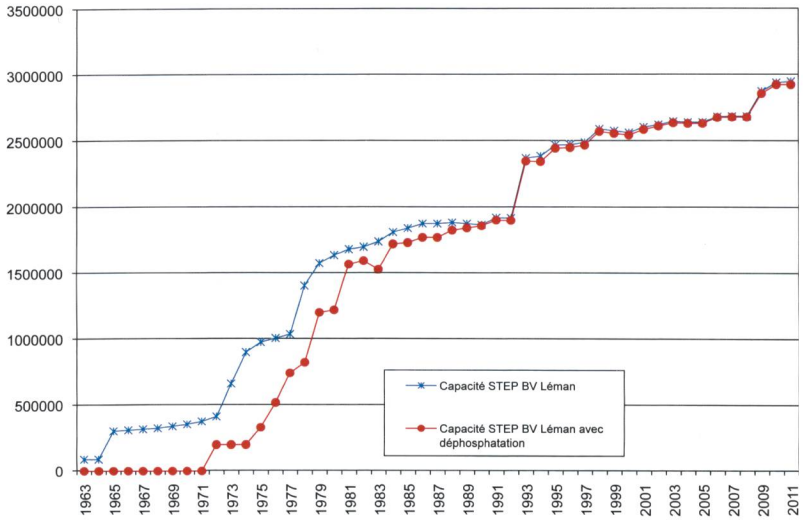

Fig. 2. Evolution des stations d'épuration en service dans le bassin lémanique exprimée en équivalent-habitant (données CIPEL).

dans l'eau du lac et d'amorcer la décroissance de celle-ci. Cette décroissance a été accélérée par l'interdiction du phosphore dans les produits de lavage textiles en Suisse en 1986.

Il faut signaler que le 20 novembre 1980, à l'initiative du canton de Genève, un accord a été conclu entre le Conseil fédéral suisse et le Gouvernement de la République française sur la déphosphatation des eaux du Léman. Par cet accord, le canton de Genève accorde une contribution financière aux collectivités du bassin versant du Léman qui procèdent à la déphosphatation de leurs eaux résiduaires selon les normes et règlement en vigueur. Pour obtenir cette contribution, des contrôles officiels devaient être effectués et elle tenait compte du rendement et de la concentration de sortie de la station d'épuration. Cette subvention a eu un effet motivant et a accéléré la mise en place des contrôles. La motivation de cet accord était que la principale station du canton de Genève n'était pas tenue de déphosphater, car son rejet était en aval du lac, mais que 80% de la population genevoise était alimentée par l'eau du Léman.

Un 1er Plan d'action 1991-2000

A la fin des années 80 et pour accélérer cette baisse des teneurs en phosphore dans le lac, la CIPEL décide de la mise sur pied d'un premier Plan d'action 1991-2000 «*Le Léman demain*» et «*Le Rhône et les rivières en aval du lac*».

Les objectifs de ce Plan d'action étaient la lutte:

- contre l'eutrophisation par une limitation efficace et durable des apports de phosphore biodisponible de toutes provenances (domestique, industrielle, agricole);
- contre les toxiques par une identification des substances de toutes origines, préjudiciables pour l'eau et les milieux aquatiques et par une réduction des apports;
- contre la pollution microbiologique dans les zones de baignade ou de prélèvements pour l'alimentation en eau potable, par l'amélioration de la collecte et du traitement des eaux usées, l'éloignement des points de rejets des zones sensibles;
- pour l'intégrité écologique des milieux, en valorisant et protégeant les milieux aquatiques.

A l'heure du bilan en 2000, du chemin restait à faire. Le lac contenait encore trop de phosphore et l'état des rivières affluentes n'était pas toujours ni partout satisfaisant.

Le 2e Plan d'action 2001-2010

Le plan «*Pour que vivent le Léman et ses rivières*», mettait l'accent sur la qualité des milieux aquatiques de tout le bassin versant. Les partenaires de la Commission internationale se sont engagés à faire leurs les objectifs fixés dans ce plan d'action et à en assurer la mise en œuvre. Le plan d'action précisait les actions, suivait leur mise en place et contrôlait leurs effets sur le milieu.

En octobre 2001, la CIPEL décide également de réaliser un Tableau de bord pour le suivi de son plan d'action 2001-2010 (http://www.cipel.org/documentation-2/autres-publications/tableau-de-bord/). Le but de cet outil est de suivre de manière visuelle et synthétique la réalisation du plan d'action et l'atteinte de ses objectifs.

L'objectif principal de ce plan est de «*Maintenir ou restaurer la qualité écologique des eaux du lac et des cours d'eau du bassin lémanique*» pour:

- garantir l'utilisation des eaux du lac comme eau de boisson, après un traitement simple,
- permettre la reproduction naturelle de toutes les espèces de poissons indigènes avec, pour le lac, prédominance d'espèces telles que le corégone, l'omble chevalier, la truite lacustre,
- garantir la pratique des activités de loisirs (pêche, baignade, autres loisirs nautiques) dans des conditions optimales.

Le rôle essentiel de veille de la CIPEL, qui consiste à suivre la qualité des eaux du Léman, a été renforcé par la prise en compte des substances émergentes, potentiellement dangereuses pour les milieux, comme les résidus de médicaments, de produits phytosanitaires, de cosmétiques, etc.

La lutte contre les pollutions potentielles a conduit à suivre l'évolution des nouvelles techniques dans les domaines de l'assainissement domestique, agricole et industriel afin de promouvoir les pratiques les plus respectueuses de l'environnement.

Le 3e Plan d'action 2011-2020

A l'heure du bilan du Plan d'action 2001-2010, il est souligné les efforts entrepris par l'ensemble des partenaires de la CIPEL pour améliorer la situation. Cependant, l'état des milieux aquatiques n'est pas satisfaisant à tous les niveaux et les efforts doivent être poursuivis, d'une part pour atteindre les objectifs fixés par la Commission Internationale, d'autre part pour répondre aux défis pour le futur:

- micropolluants, principalement les pesticides et les résidus de produits médicamenteux, se retrouvent à des concentrations encore trop élevées dans les eaux du lac et de certaines rivières;
- phosphore, l'objectif qui était de 20.0 µgP/L en 2010 ne pourra pas être atteint. Malgré la nette diminution des teneurs, on constate toujours certaines années des développements d'algues trop importants qui peuvent provoquer une gêne pour les usagers (salissures des filets des pêcheurs notamment, colmatage de filtres de stations de pompage, ...);
- artificialisation des rives du lac et de certaines rivières, malgré les progrès constatés, de gros efforts sont encore nécessaires pour améliorer la situation.

Sur la base du bilan de la situation, la CIPEL a donc décidé le 5 novembre 2009 de reconduire un nouveau plan à compter de 2011 jusqu'en 2020.

Le nouveau plan d'action s'articule autour de 4 orientations fondamentales et 17 objectifs thématiques. Ceux-ci répondent à un même enjeu commun des partenaires de la CIPEL: préserver et restaurer la qualité de l'ensemble des eaux superficielles du bassin lémanique (le lac et les 5000 km de rivières principales).

Les 4 orientations stratégiques pour la prochaine décennie associent l'état des milieux, l'eau potable, le cadre de vie et le changement climatique:

1. maintenir ou restaurer le bon état de l'ensemble des milieux aquatiques du territoire
2. garantir et pérenniser l'usage des eaux du lac pour l'alimentation en eau potable moyennant un traitement simple.
3. valoriser le lac, les rivières et les autres milieux aquatiques, écosystème de valeur, en tant qu'élément de cadre de vie pour l'homme (pêche, baignade, loisirs nautiques, etc.).
4. connaître et anticiper les effets du changement climatique sur le Léman, ressource en eau fondamentale pour les générations actuelles et futures.

3. Les actions entreprises et l'évolution de la qualité des eaux

Les résultats des travaux de surveillance et de recherche sur le lac et son bassin versant effectués dans le cadre de la CIPEL sont publiés chaque année dans les «*Rapports sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique*», documents édités par la CIPEL (CIPEL 1964 à 2012). Un rapport de synthèse pour la période 1957-1980 a été édité en 1984 (CIPEL 1984).

Sur la base de ces résultats, présentés chaque année lors de la session plénière de la Commission internationale, la Commission adopte des «Recommandations» à l'attention des Gouvernements suisse et français.

3.1. Les recommandations de la Commission internationale

Avant l'officialisation de la Commission internationale, une commission franco-suisse s'est réunie le 20 juin 1962 à Paris pour examiner les problèmes posés par la pollution du lac Léman. Les deux délégations sont convenues de transmettre à leur gouvernement les rapports dont elles estiment indispensable la prise en considération pour enrayer la pollution des eaux du lac Léman:

- a) ne devrait être autorisée aucune construction nouvelle d'habitation ou d'établissement industriel, commercial, artisanal ou agricole, aucune installation de terrain de campement, plage ou baignade sans que l'épuration des eaux usées ait été reconnue satisfaisante par les services techniques;
- b) la mise à l'étude de programmes rationnels d'assainissement, de collecte et d'épuration des eaux ainsi que de destruction des ordures ménagères et des résidus industriels devrait être entreprise, étant entendu que toutes les installations d'épuration des eaux jugées nécessaires seraient mises en service simultanément avec les réseaux de collecte;

- c) tout rejet d'effluents des réseaux d'eaux usées devrait être subordonné à une épuration efficace;
- d) des mesures propres à éviter des pollutions accidentelles devraient être prises;
- e) la mise à l'étude des incidences sur la biologie du lac Léman de l'emploi croissant des détergents devrait être entreprise.

A la lecture de ces cinq points, on constate que dès cette époque les recommandations recouvraient déjà le traitement des principaux problèmes de pollution du lac.

Programme d'assainissement du bassin lémanique

Le 21 octobre 1965, la CIPEL recommande «*d'achever l'assainissement du bassin lémanique dans un délai de dix ans*». Le 7 novembre 1968, la CIPEL invite les gouvernements «*à accélérer la construction des stations d'épuration mécanique et biologique nécessaires à l'assainissement de l'ensemble du bassin versant lémanique*», cette recommandation précisant ainsi le champ d'application des mesures préconisées. Elle est complétée à la même date par la nomenclature des régions où un effort particulier doit être entrepris: «*à poursuivre l'effort d'assainissement déjà entrepris en Valais, au Chablais, au Pays de Gex et dans la vallée de l'Arve*».

Au cours des années de nombreuses recommandations sont émises pour que l'on achève la construction des stations d'épuration et que l'on raccorde les populations qui doivent l'être.

Le 14 octobre 1972, la CIPEL invite les deux gouvernements à «*parachever le financement intégral de tous les dispositifs d'épuration, notamment dans les régions touristiques à densité de population variable*». Dans cette dernière recommandation la CIPEL se préoccupe à la fois des problèmes financiers, et de l'assainissement des régions touristiques. Le texte a été suggéré par les difficultés rencontrées par les communes pour financer leurs travaux et par un rapport sur l'origine du phosphore dans le Rhône amont, qui attribue une responsabilité aux régions touristiques.

Des recommandations sont également émises pour les réseaux d'assainissement. Le 30 octobre 1981, la CIPEL recommande instamment aux deux gouvernements «*d'améliorer la conception et le fonctionnement des réseaux de collecte d'eaux usées en vue de réduire les quantités d'eaux claires permanentes, de limiter les pertes par les déversoirs d'orage et de veiller à la qualité des eaux pluviales rejetées dans le milieu naturel*».

L'évolution de la construction des stations d'épuration, exprimée en capacité de traitement des équivalents-habitants (à 60 g DBO^5 /hab.jour)* est représentée sur la Fig. 2.

Elimination des phosphates dans les stations d'épuration

Dès 1964, la CIPEL «*recommande aux deux Gouvernements que des mesures soient prises sans tarder, afin de limiter le déversement de phosphates dans les eaux*». L'année suivante elle estime indispensable «*de compléter les dispositifs d'épuration afin qu'ils puissent en tous lieux réduire au maximum les teneurs en phosphates*». En 1968, elle invite les Gouvernements «*à prévoir pour les stations d'épuration l'application d'un traitement tertiaire visant, en tant que de besoin, à éliminer les phosphates*». Et dès l'année suivante, elle précise qu'il faut «*achever le programme de construction des stations d'épuration qui fait l'objet de la recommandation précitée (délai à fin 1975) en commençant par celles des agglomérations les plus importantes et en les dotant d'installations pour le traitement tertiaire, afin notamment d'éliminer, au minimum, 80% des phosphates des eaux usées de l'ensemble du bassin versant*».

Dès cette époque la CIPEL recommande la construction de stations d'épuration avec déphosphatation et demande un rendement d'au moins 80%.

En 1971, la CIPEL désire imposer l'élimination du phosphore dans l'industrie, elle invite ainsi les Gouvernements à «*imposer aux industries l'élimination dans les rejets, du phosphore ainsi que toutes autres substances toxiques ou favorisant l'eutrophisation du lac*».

En 1996, la CIPEL adopte des «*Normes minimales de rejet des stations d'épuration*» avec notamment pour les STEP de plus de 10 000 équivalents-habitants un rendement pour le phosphore de 90%.

Dès le début des années 90, la quasi totalité des stations d'épuration pratique la déphosphatation (Fig. 2). Au début du 21e siècle, on commence à devoir reconstruire ou agrandir des stations existantes. En 2011, on atteint une capacité pour la totalité des stations du bassin du Léman de près de 3 000 000 d'équivalents-habitants.

Elimination des phosphates dans les détergents et autres produits

La CIPEL s'est intéressée à ce problème dès le début de son activité. En 1962, elle indique que «*la mise à*

* DBO: Demande Biologique en Oxygène

l'étude des incidences sur la biologie du lac Léman de l'emploi croissant des détergents devrait être entreprise».

En 1968 «*en ce qui concerne l'utilisation des polyphosphates ou des phosphates pour le traitement des circuits d'eau chaude ou comme charge adjuvante des détergents commercialisés ou comme engrais, la Commission attire l'attention des Gouvernements sur cette cause de pollution et émet le vœu que cette utilisation soit réglementée».*

En 1969, la CIPEL invite les Gouvernements à «*demander aux organismes compétents d'examiner le remplacement éventuel des polyphosphates dans les détergents par d'autres produits moins eutrophisants».*

L'année suivante, la CIPEL va plus loin en invitant les deux Gouvernements à «*charger les organismes compétents de poursuivre leur action afin que le phosphore ou autres éléments eutrophisants contenus dans les produits de lessive ou de nettoyage soient éliminés».*

En 1972, la CIPEL rappelle aux Gouvernements «*la nécessité d'imposer aux industries le traitement de leurs eaux résiduaires, ainsi que l'élimination du phosphore et de toute substance toxique dans les rejets de ces entreprises».*

Des recommandations plus spécifiques par rapport aux produits pour lave-vaisselle sont émises au cours des années 2000. Par exemple celle du 15 novembre 2007 «*favoriser et soutenir des actions à la source afin d'inciter à la mise à disposition et à la consommation de produits détergents sans phosphate pour lave-vaisselle».*

L'interdiction du phosphore dans les lessives textiles sera effective en Suisse en 1986 et en France en 2007.

Limitation des apports de phosphore par les terres agricoles

Le 15 octobre 1982, la CIPEL recommande «*d'assurer le financement d'un programme d'études de l'origine des pollutions diffuses (de nature agricole, produits de nettoyage, rejets ponctuels), puis de prendre toutes mesures visant à les éliminer».*

De nombreuses recommandations par rapport à la fertilisation des sols et de la lutte contre l'érosion sont émises. On peut par exemple citer celles du 14 octobre 1983 «*intervenir auprès des milieux agricoles en vue d'une utilisation raisonnée des engrais phosphoriques et de l'adoption de pratiques culturales propres à diminuer l'érosion».*

L'aspect des capacités de stockage des engrais de ferme est également abordé. Par exemple en 1990, la recommandation «*de créer ou adapter des moyens de stockage des purins et lisiers correspondant aux possibilités d'épandage ou d'élimination, et d'organiser les épandages dans le cadre d'une gestion rationnelle des exploitations».*

Ou celles de 1997 (06.11.1997) «*- poursuivre l'effort de mise aux normes des bâtiments d'élevage, en particulier en ce qui concerne les capacités de stockage pour les engrais de ferme; - lutter contre l'érosion des sols par la mise en place de bandes enherbées et par le maintien d'une couverture végétale en hiver».*

3.2. Le constat par rapport aux actions entreprises

L'ensemble des actions entreprises par les différents partenaires de la CIPEL et acteurs du territoire ont eu des répercussions positives sur le bilan des apports en phosphore et donc sur la teneur en phosphore dans le lac.

3.2.1. Les actions à la source

La mesure d'interdiction des phosphates pour les produits de lavage textile en Suisse en juillet 1986 s'est marquée de façon spectaculaire sur les charges en phosphore dans les réseaux d'égout du bassin suisse du Léman. Cette baisse a atteint plus de 40% en entrée de STEP entre 1985 et 1987 (Vioget et al. 1987; Rapin et al. 1989).

Après la même interdiction en 2007 en France, il était prévu en France d'interdire l'utilisation du phosphate dans tous les produits lessiviels à compter de 2012

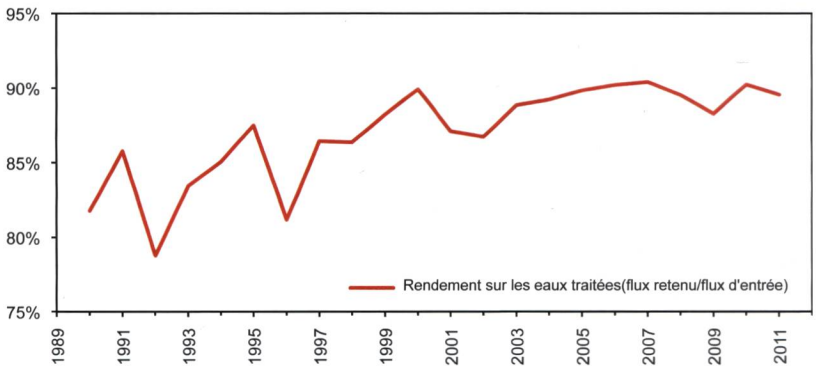

Fig. 3. Rendement d'élimination du phosphore dans les STEP du bassin lémanique (Condamines 2012).

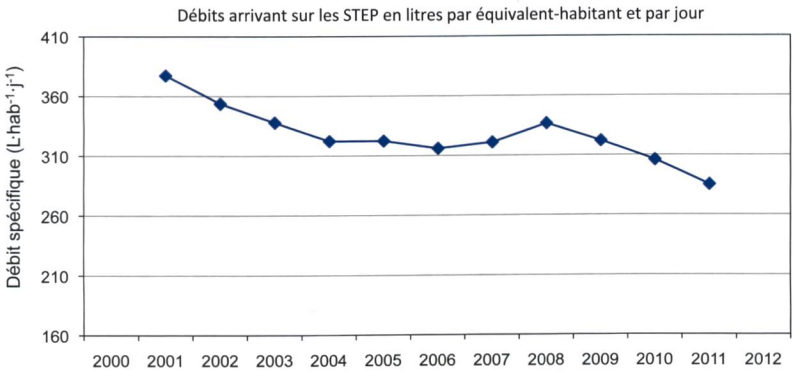

Fig. 4. Evolution du débit spécifique dans le bassin lémanique (Condamines 2012).

par la loi du 3 août 2009 (dite Grenelle 1). Au niveau européen, il est prévu de limiter le phosphore présent dans les détergents pour lave-vaisselle (valeur limite de 0,3 gr par lavage, au 1er janvier 2017). Les détergents industriels ne sont pas encore concernés.

Les campagnes de sensibilisation «halte au phosphate dans les produits lave-vaisselle» réalisées par la CIPEL depuis 2004 montrent qu'on est passé entre 2004 et 2009 de 3 produits sans phosphate présents sur le marché en Suisse à 8, et sur le marché français de 2 à 19. Désormais, on en trouve en général au moins un par grande surface.

En conclusion, on constate qu'il n'y a plus de phosphate dans les produits pour le lavage des textiles et qu'il y a une amélioration pour les produits lave-vaiselle.

3.2.2. Les actions dans le domaine de l'assainissement

Actuellement, la capacité d'épuration des STEP atteint presque trois millions d'équivalents-habitants et la quasi totalité pratiquent la déphosphatation (Fig. 2). Le pourcentage de la population devant être raccordée à un assainissement collectif (STEP) est de 97% de la population totale. 3% de la population restera en assainissement individuel. Le taux de raccordement de la population devant être raccordée à cet assainissement collectif atteint plus de 96% en 2010, soit 93% de la population totale du bassin versant. Il reste donc 4% de la population à raccorder, cette marge de progrès n'est pas négligeable.

Par contre, la progression du rendement moyen d'épuration approche d'un palier qu'il sera difficile à dépasser. A l'échelle du bassin versant du Léman, le rendement moyen d'épuration pour le phosphore total dépasse les exigences légales (80% en Suisse) et approche les 90% (Fig. 3). L'objectif de 95% qui avait été retenu pour le Plan d'action 2001-2010 semble très difficile à atteindre.

L'évolution de la qualité des réseaux d'assainissement, représentée par le débit spécifique moyen, s'inscrit dans la tendance à l'amélioration observée depuis une décennie. On est passé de 380 litres par habitant et par jour en 2001 à 285 litres en 2011 (Fig. 4). Chaque année d'importants travaux de réhabilitation ou de mise en séparatif des réseaux sont effectués, mais c'est un travail de longue haleine et les efforts sont perceptibles sur le long terme.

3.2.3. Les actions dans le domaine agricole

Depuis 1980, l'effectif du cheptel bovin et porcin a diminué de près de 23% pour l'ensemble du bassin lémanique. Par rapport à 2001, le cheptel bovin a diminué de 5% et le cheptel porcin de 65%.

La mise aux normes des bâtiments d'élevage (collecte et stockage des effluents) permet de réduire fortement les pollutions ponctuelles liées à des fuites et débordements des fosses. Elle permet également d'épandre les effluents d'élevage dans de bonnes conditions pour qu'ils puissent jouer pleinement leur rôle d'engrais de ferme. En 2001, les installations de stockage représentant 74% des UGB (unité gros bétail) étaient aux normes. Ce pourcentage atteint près de 85% en 2010. Des efforts sont encore nécessaires pour atteindre l'objectif de 100%.

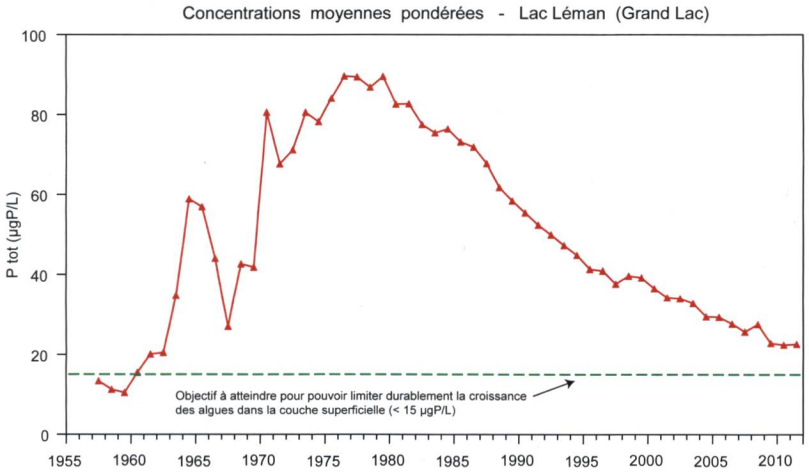

Fig. 5. Evolution de la concentration moyenne annuelle et du stock de phosphore total contenu dans le Léman de 1957 à 2011 (Grand Lac – SHL2; données CIPEL).

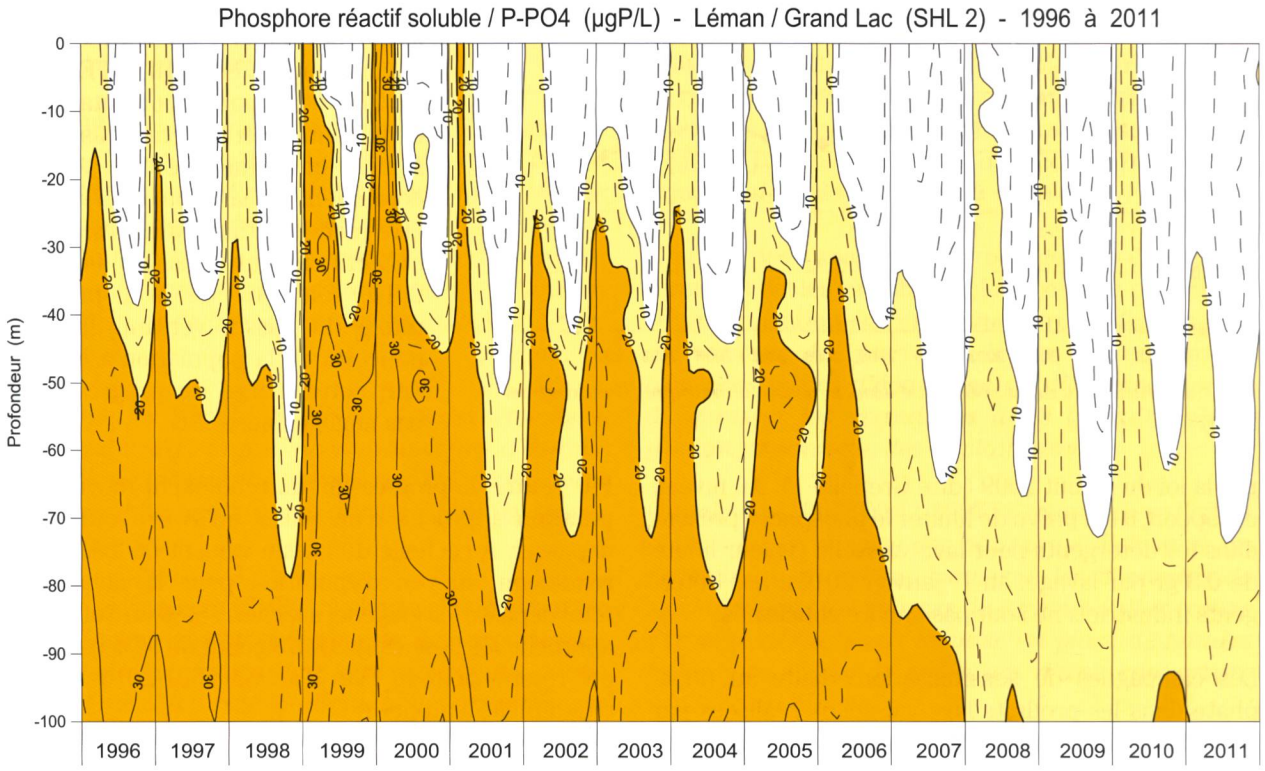

Fig. 6.Concentration en phosphore réactif soluble (P-PO4) dans les différentes couches du Léman (SHL2) de 1996 à 2011 (données CIPEL).

Simultanément, la fertilisation phosphatée des sols a baissé en Suisse d'un tiers ces 20 dernières années, les apports sont stables depuis 2000. En France (Région Rhône-Alpes), la fertilisation phosphatée a baissé de moitié entre 2001 et 2008.

En Suisse et en France, la couverture des sols en hiver, la mise en place de l'enherbement des vignes et vergers en pente ont permis de limiter l'érosion des sols et donc l'apport de fertilisant dans les eaux superficielles. De plus, le développement des bandes enherbées le long des cours d'eau permet de limiter ou stopper le transfert des sols, notamment celui du phosphore et de pesticides liés aux sols, vers les eaux superficielles. Toutefois, des données chiffrées manquent à l'échelle du bassin lémanique pour quantifier ces changements et leurs impacts.

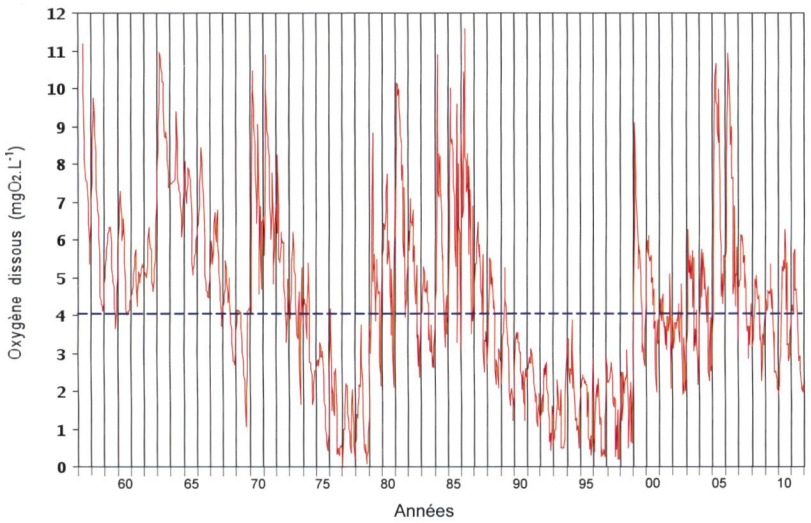

Fig. 7. Concentration en oxygène dissous dans les eaux au fond du Léman (SHL2, -309 m)(données CIPEL).

3.3. Evolution de la qualité des eaux

Le phosphore et la vie biologique

La concentration en phosphore total a augmenté de la fin des années 50 jusqu'à 1979, passant de 10 µgP/L à 90 µgP/L. Puis la concentration dans le lac a constamment diminué (Fig. 5). La concentration moyenne en 2011 est de 22.6 µgP/L. Cette valeur est encore supérieure à l'objectif à atteindre, fixé par la CIPEL, dans le but de limiter durablement la croissance des algues (< 15 µgP/L). On constate cependant, une tendance nette à l'appauvrissement (< 10 µgP/L) en phosphore dissous des couches superficielles la majeure

partie de l'année (Fig. 6). La concentration inférieure à 15 µgP/L (objectif du plan d'action 2011-2020 de la CIPEL) devrait pouvoir être atteinte pour autant que tous les efforts pour baisser les apports soient maintenus dans le bassin versant lémanique.

Depuis 2008, la proportion des algues indicatrices de l'oligotrophie augmente fortement (CIPEL 2012) traduisant l'amélioration progressive de l'état trophique du lac. Toutefois, la concentration en phosphore dans les eaux du lac est encore trop élevée et peut provoquer des poussées phytoplanctoniques avec notamment des proliférations d'algues filamenteuses.

Les résultats d'une étude réalisée par la CIPEL en 2009 (Perfetta 2011) sur les plantes aquatiques (macrophytes) du Léman montrent que l'évolution de la situation est positive: on constate une expansion des macrophytes en profondeur et la colonisation de nouvelles surfaces de la beine (partie immergée qui descend en pente douce) par des characées (indicatrices de bonne qualité des eaux), ainsi qu'une régression des herbiers de potamots pectinés (espèces indicatrices de milieux eutrophes).

La qualité bactériologique des eaux de baignade donne un bon aperçu de l'état de l'assainissement. En effet, les conditions d'hygiène de l'eau dépendent très directement de la contamination locale du milieu par des effluents domestiques et agricoles, épurés ou non, ou par des affluents contaminés.

De 1992 à 2011, la proportion de plages en qualité A est passée de 52% à 86%. Après une réduction importante, le nombre de plages de qualité bactériologique moyenne (B) varie autour de 12%. En 2011, il y a deux plages dans la classe C (eau pouvant momentanément être polluée) et plus aucune dans la classe D (eau de mauvaise qualité).

L'oxygène dans les eaux du fond du lac

Les concentrations en oxygène des eaux du fond du lac sont dépendantes de la biomasse produite en surface, dont une partie de la matière organique atteint les eaux de fond où elle est minéralisée par des bactéries consommatrices d'oxygène, et des brassages hivernaux permettant la réoxygénation des eaux de fond.

La période la plus critique est observée de 1976 à 1978 suite à l'absence de brassage hivernal durant les années 1972 à 1978, qui n'a pas permis de réoxygéner les eaux profondes (Fig. 7). Les conditions à cette époque étaient très proches de l'anoxie. Ensuite, une série d'hivers bénéfiques a permis des brassages complets des eaux du lac, ce qui a maintenu de bonnes conditions d'oxygénation des eaux du fond. A nouveau, à la suite de l'absence de brassage complet de 1987 à 1998, les conditions des eaux du fond se sont dégradées et les concentrations sont descendues en dessous de 0.5 mgO_2/L.

Au cours des années 2000, on constate une nette diminution de la baisse estivale de la concentration de l'oxygène dans les eaux de fond, ce qui permet de maintenir des conditions d'oxygénation satisfaisantes sur une plus longue période sans brassage. Cette évolution traduit la tendance du lac à un retour vers un fonctionnement oligotrophe.

La qualité des eaux des rivières du bassin versant

Une bonne qualité physico-chimique des eaux est une des conditions pour que les cours d'eau remplissent leurs fonctions écologiques. Cette qualité dépend principalement des activités humaines dans le bassin versant (STEP domestiques, agriculture, autres rejets ponctuels et diffus).

Les macropolluants, tels que le carbone organique dissous (COD), l'ammoniaque (NH_4), les nitrates (NO_3) et les phosphates (PO_4) sont des substances néfastes ou toxiques à partir d'un certain seuil de concentration.

Depuis une vingtaine d'années, on constate globalement une amélioration de la situation. Pour le phosphore réactif soluble (Fig. 8), 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 particulièrement nette pour la Versoix, où la qualité est passée de mauvaise à moyenne à bonne, voire très bonne. Pour la Venoge, la qualité s'est également très nettement améliorée. La diminution des écarts de concentration (taille des «box-plot», Fig. 8) 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.

La qualité biologique des cours d'eau est exprimée par l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) qui intègre la diversité et la polluo-sensibilité des invertébrés vivant sur le fond du cours d'eau (aussi appelés faune benthique). Ils sont soumis tout au long de l'année aux variations du milieu où ils vivent (physico-chimie, hydrologie, écomorphologie) et ils intègrent donc la qualité globale de l'écosystème.

Depuis le milieu des années 90, on constate (Fig. 9) une amélioration pour les stations considérées comme bonne à très bonne (60%). Les stations de qualité médiocre à mauvaise représentent actuellement 12%. L'objectif fixé dans le Plan d'action de la CIPEL de 6% pour la somme de ces deux classes n'est pour l'instant pas atteint.

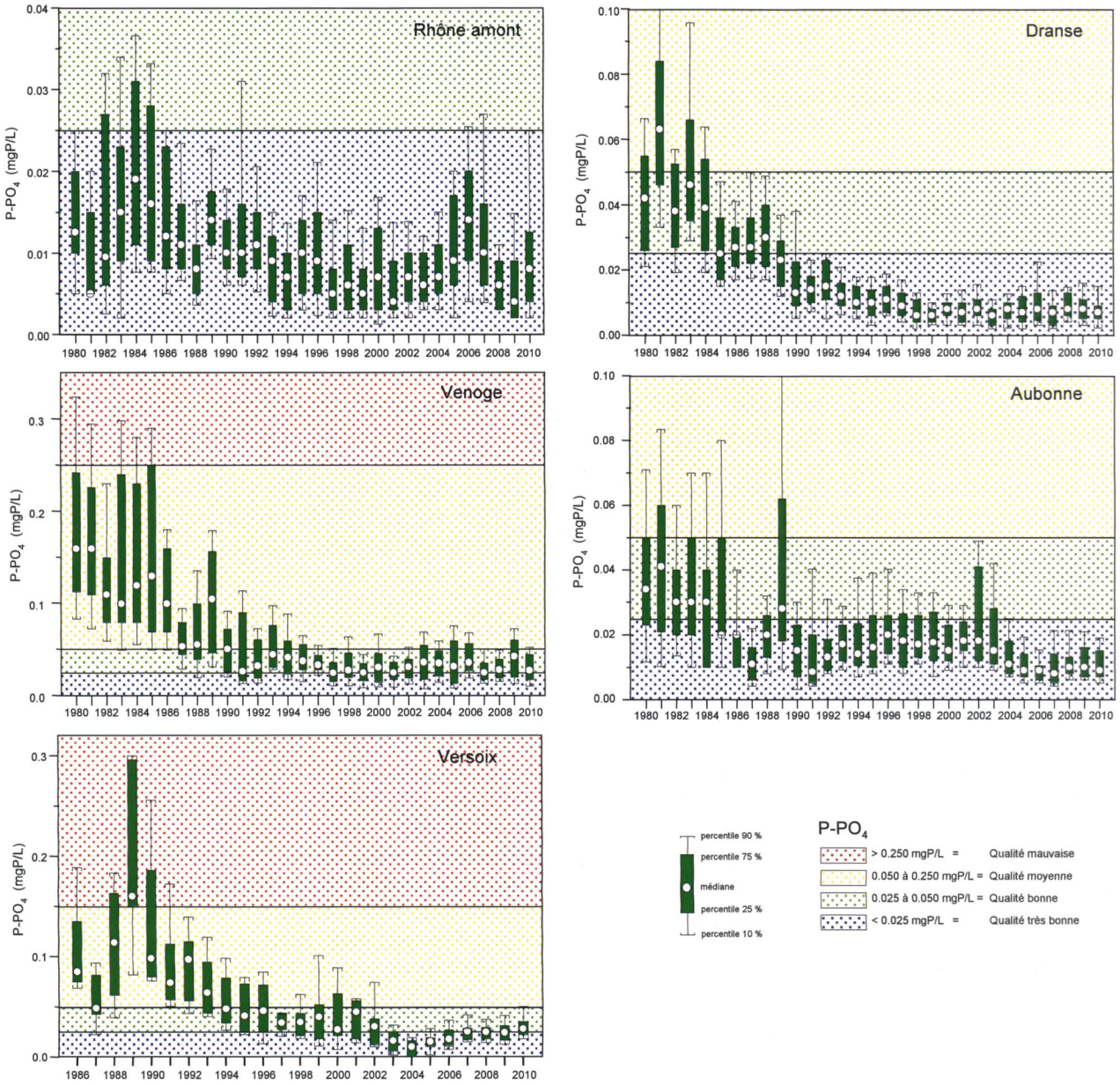

Fig. 8. Evolution des concentrations en phosphore réactif soluble (P-PO4) dans des rivières du bassin du Léman (Rapin et Klein 2011).

4. Conclusions

L'eutrophisation progressive des eaux du Léman, dès la fin des années 50, l'a amené à un état très critique à la fin des années 70.

Depuis 1980, il est constaté une baisse régulière des concentrations du phosphore dans ses eaux. Cette baisse s'est accélérée dès le milieu des années 80, liée à l'augmentation du nombre de stations d'épuration éliminant le phosphore, à l'amélioration du rendement de celles-ci, aux actions à la source comme l'interdiction du phosphore dans les produits de lavage textile, à l'amélioration de la qualité des réseaux d'assainissement (limitation des déversoirs d'orage) et les actions dans le domaine agricole pour diminuer la fertilisation phosphatée et la lutte contre l'érosion des sols.

Le comportement biologique du lac ces dernières années montre qu'il commence à y avoir une limitation de la production algale. Toutefois, la concentration actuelle en phosphore (22 µgP/L) est encore trop élevée pour garantir qu'il n'y ait pas de développements excessifs de phytoplancton lorsque les conditions climatiques leur sont favorables.

La restauration de la qualité du Léman n'est pas encore achevée alors que les efforts entrepris sont tous proches de leurs meilleures performances possi-

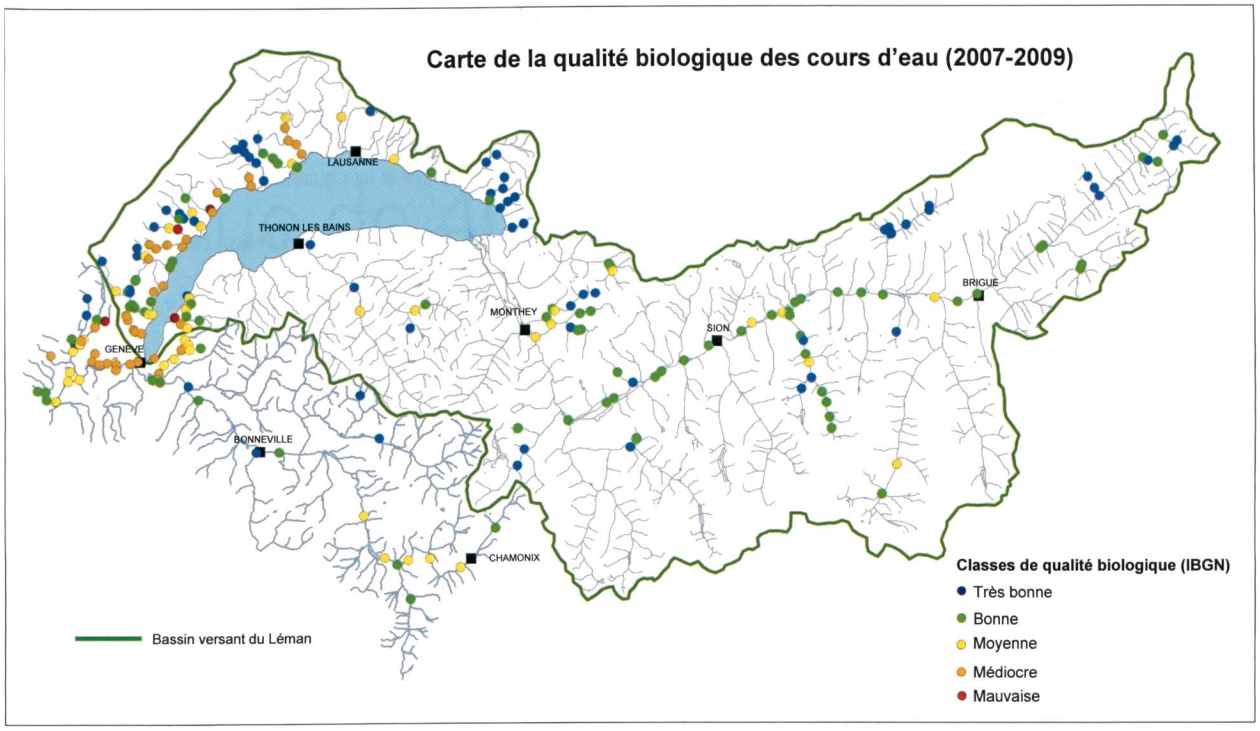

Fig. 9. La qualité biologique des cours d'eau du bassin lémanique (CIPEL 2012).

bles. L'objectif retenu par la CIPEL dans son Plan d'action 2011-2020, de moins de 15 µgP/L (entre 10 et 15), est tout à fait justifié mais est-il atteignable dans le contexte démographique actuel et prévu? Les performances des STEP de 88% en 2011 devront dépasser 90% en 2020 pour maintenir les apports à leur niveau actuel.

Références

- **Blanc P, Pelletier JP, Moille J-P.** 1993. Variabilité spatiale et temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques dans l'eau du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne1992: 113-162p.
- **CIPEL** 1964. Rapport sur l'état sanitaire du Léman de 1957 à 1960. CIPEL éd., Sous-commission technique: 292 p.
- **CIPEL** 1984. Le Léman, synthèse des travaux de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution 1957-1982. CIPEL éd., 650 p.
- **CIPEL** 2012. Tableau de bord du Plan d'action 2011-2020. http://www.cipel.org/documentation-2/autres-publications/tableau-de-bord.
- **CIPEL** 1964-2012. Rapports annuel sur les études et recherches entreprises dans le bassin lémanique. Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut., Campagnes 1957 à 2011.
- **Condamines M.** 2012. Contrôle annuel des stations d'épuration (STEP): Rapp. Comm. int. prot. Eaux Léman contre pollut., Campagne 2011: 140-152.
- **Dussart B.** 1948a. Recherches hydrographiques sur le lac Léman. Ann. Station centr. Hydrobiol. appl., 2: 187-206.
- **Dussart B.** 1948b. Sur le plancton du lac Léman. Archives des Sciences, 1/3: 417-428.
- **Dussart B.** 1954. Température et mouvement des eaux dans les lacs. Ann. Station centr. Hydrobiol. appl., 5: 5-128.
- **Forel F-A.** 1892-1904. Le Léman. Monographie limnologique. F. Rouge et Cie Ed., Lausanne, 3 vol. T.1: 543 p. (1892), T. 2: 611 p. (1895), T. 3a: 411 p. (1902), T. 3b: 304 p. (1904). (Réédition, Slatkine reprints, Genève, 1969).
- **Hubault E.** 1947. Etudes thermiques, chimiques et biologiques des eaux des lacs de l'Est de la France (Vosges, Jura, Alpes de Savoie). Ann. Ecole nat. Eaux et Forêts Fr., 10/2: 116-260.
- **Loizeau J-L, Dominik J.** 2000. Evolution of the Rhone river discharge during the last 80 years and some implications for Lake Geneva. Aquatic sciences, 62: 54-67.
- **Monod R.** 1956. Contribution à l'étude des variations de la composition chimique des eaux du lac Léman. Ann. Station centr. Hydrob. appl., 6: 231-345.

- **OFEV** 2010. Annuaire hydrographique de la Suisse. Ed. Office fédéral de l'environnement, Berne.
- **Perfetta J.** 2011. Etude de la végétation macrophytique du Léman. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2010: 141-142.
- **Rapin F, Blanc P, Corvi C.** 1989. Influence des apports sur le stock de phosphore dans le lac Léman et son eutrophisation. Rev. des Sc. de l'Eau, 2, no 4: 721-737.
- **Rapin F, Klein A.** 2011. Les 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 2010: 157-178.
- **Vioget P, Fiaux J-J, Rapin F, Mercier B.** 1987. Contrôle des stations d'épuration. Rapp. Comm. int. prot. eaux Léman contre pollut., Campagne1986: 97-117.
- **Vivier P.** 1932. Observations sur quelques facteurs hydrobiologiques et piscicoles dans les lacs de Savoie. Ann. inst. nat. agron., 2e série.
- **Vivier P.** 1944. Température et oxygène dissous dans le Léman français. C.R. somm. Séances Soc. Biol., Paris, 182: 2 p.