

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 78 (1986-1987)
Heft: 369

Vereinsnachrichten: Activité de la Société vaudoise des Sciences naturelle : deuxième semestre 1985

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: 16.02.2026

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

Activité de la Société vaudoise des Sciences naturelles

Deuxième semestre 1985

12-17 août

Stage de biologie alpine à Bourg-Saint-Pierre (VS).

Le stage de biologie alpine de Bourg-Saint-Pierre se déroula du 12 au 17 août 1985 avec des conditions météorologiques en général favorables.

Le lundi matin, les stagiaires, hélas peu nombreux (6), se retrouvèrent au chalet du jardin alpin de Bourg-Saint-Pierre. Après avoir fait connaissance et s'être restaurés (grâce à M^{me} S. Laydu, notre cuisinière attitrée), les participants se rendirent en voiture au col du Grand-Saint-Bernard, puis à pied à la Combe de Drone. Au cours de la montée, les stagiaires bénéficièrent des commentaires scientifiques de MM. C. Neet et J.-M. Hilfiker, zoologues, et de M. J. Droz, botaniste, les trois responsables de ce stage. A une altitude d'environ 2650 m, des pièges à insectes furent installés, dans le but de collecter du matériel. Ce matériel devait être par la suite comparé avec celui ultérieurement récolté aux abords du chalet. Le soir, des pièges à micro-mammifères furent disposés près du chalet. Leur relève ponctuelle ne permit pas de constituer un tableau de chasse trop impressionnant...

Le mardi matin fut consacré à l'étude d'une mégaphorbiée à La Niord, dans les environs de Bourg-Saint-Pierre. Ce biotope, très humide, fut comparé avec un lambeau de pelouse sécharde. L'après-midi, les participants se rendirent à nouveau au col du Grand-Saint-Bernard. Ils empruntèrent cette fois le télésiège en direction de la Grande Chenalette, d'où ils descendirent relever les pièges à insectes.

Le mercredi fut tout entier consacré à une longue excursion dans le Valsorey, au cours de laquelle le botaniste de service eut fort à faire pour contenter la curiosité de chacun.

Jeudi matin, le réveil fut très matinal avec au programme une séance d'observations ornithologiques. Hélas! la gent ailée avait déjà en grande partie déserté les lieux pour s'en aller vers d'autres cieux, plus cléments. Mais en guise de consolation, quelques cerfs et chamois ont daigné se montrer, offrant aux jumelles avides un superbe spectacle. Cette journée de grisaille fut ensuite consacrée à des travaux entomologiques de laboratoire. Ce fut également l'occasion pour chacun des responsables scientifiques de faire, avec le concours de l'assistance, la synthèse de ce qui avait été vu.

Le soir venu, le professeur M. Burri nous rejoignit. Le lendemain il conduisit les participants dans deux excursions géologiques, l'une matinale, aux environs du col

du Grand-Saint-Bernard, et l'autre, postprandiale, dans la région d'Azerin, aux environs de Bourg-Saint-Pierre.

Le samedi, chacun s'en retourna chez soi, non sans déplorer la brièveté de ce stage, et en souhaitant pouvoir y participer une nouvelle fois. J. Droz.

28 septembre

Symposium flottant de l'Union vaudoise des Sociétés scientifiques, en collaboration avec l'Association pour la Sauvegarde du Léman (ASL), présidé par M. O. Burlet, président SVSN.

(A bord du SS «Savoie» de la Compagnie générale de Navigation.)

Le Léman

D^r René MONOD, Commission internationale pour la Protection des Eaux du Léman contre la Pollution: *Le Léman, son évolution générale – présentation du programme d'étude de la CIPEL.*

Le Léman, le plus grand lac d'Europe occidentale, magnifiquement étudié par F. A. FOREL (1841-1912), membre illustre de la SVSN, n'a pas échappé aux attaques de la civilisation moderne. Encore en relativement bon état dans les années 1960, sa situation s'est aggravée rapidement par suite de l'augmentation de la population de son bassin versant, de l'amélioration du confort humain, de l'emploi extensif des détergents à base de phosphore, de pratiques agricoles erronées, etc. Il y a eu aussi deux hivers particulièrement froids (1963 et 1971), au cours desquels une quantité importante de phosphore a été relarguée des sédiments et remise en circuit dans l'eau du lac. L'action concomitante de tous ces phénomènes a conduit le Léman à un état très critique qui a eu son paroxysme vers 1977-1979, où le Grand Lac contenait entre 7800 et 7900 tonnes de phosphore dans ses eaux, contre 1000 avant 1960. Aux mêmes époques, l'oxygène disparaissait presque totalement dans les grands fonds (300 à 309 m). Il faut dire que la population totale, sédentaire et saisonnière (tourisme), industrie comprise, dépasse 1,5 million d'équivalents habitants, contre environ 700 000 habitants sédentaires.

Par la suite, la situation s'est améliorée. D'une part, nous avons été gratifiés de quelques hivers modérément froids qui ont permis une douce circulation totale des eaux sans remise en suspension des sédiments du fond. D'autre part, des efforts ont été accomplis dans l'assainissement. Actuellement, le stock de phosphore dans le Grand Lac est de l'ordre de 6500 tonnes, ce qui bien sûr est encore trop.

La concentration de l'oxygène dans les fonds s'est améliorée et n'est plus critique que quelques mois de l'année dans les derniers mètres du fond.

Il faut dire qu'au 1^{er} janvier 1985, 131 stations d'épuration étaient en service dans le bassin lémanique pour une capacité de l'ordre de 1,8 million d'habitants, dont 84 (1,7 million d'habitants) pratiquant la déphosphatation.

Bon an mal an, 700 à 800 tonnes de phosphore sont retirées du circuit par les stations d'épuration, qui dépensent plus de 2 millions de francs suisses en réactifs chimiques pour cette opération. Il y a encore des améliorations à apporter, notamment dans les réseaux de collecte des eaux usées. On constate en outre que les apports par les affluents principaux sont en baisse.

Dans les années 1970, on mit en évidence une autre attaque du Léman, qui durait depuis plusieurs années, c'est celle du mercure, d'origine essentiellement industrielle. A cette époque, le Rhône charriait 10 à 15 kilos de mercure (1 litre) par jour. Des mesures sévères ayant été prises, cet apport a été diminué de plus de 95%. La teneur en mercure dans le poisson consommé en quantités importantes dans le lac, la perche, a diminué de ce fait. Elle était en 1983 de l'ordre de 0,08 mg par kilo de poisson, très inférieur à la norme OMS, qui est de 0,5 mg/kg. Il n'y a donc pas de danger de consommation du poisson. Cependant, la CIPEL continue la surveillance des micropolluants de toutes sortes.

Autres soucis, mais modérés: l'augmentation des chlorures qui atteignaient 5 mg/l cette année, et celle des nitrates qui sont de l'ordre de 0,5 mg N/l. Il n'en reste pas moins que de si faibles concentrations ne menacent pas la santé de l'homme.

Les études de la CIPEL ont débuté en 1957 et se sont poursuivies dès lors sans interruption jusqu'à nos jours. Les données enregistrées par la Commission internationale constituent l'essentiel des informations que l'on possède sur le Léman et son bassin versant, à côté d'études plus spécifiques menées dans les écoles polytechniques et les universités.

Le programme 1986-1990 de la Commission, qui dépasse 2,2 millions de francs, comprend quatre axes de recherche à but pratique:

- la surveillance du Léman, qui se déroule principalement au centre du Grand Lac, avec des programmes intéressant la physico-chimie, la biologie végétale et animale, la bactériologie;
- l'étude du cycle du phosphore avec l'évaluation des apports extérieurs de diverses origines et une meilleure connaissance de la sédimentation lémanique;
- la surveillance des micropolluants minéraux ou organiques;
- la modélisation et l'analyse des données.

D^r Bernard BÜTTIKER, Conservation de la Faune, Saint-Sulpice, Vaud: *La Perche du Léman: interprétation des statistiques de pêche.*

Dans l'évolution des captures de la perche dans le Léman par les pêcheurs professionnels, on peut distinguer quatre périodes:

- de 1950 à 1960, le tonnage augmente régulièrement;
- de 1961 à 1975, le produit de la pêche est soumis à des variations considérables d'une année à l'autre (courbe en «dents de scie»), mais le rendement moyen est élevé (13 kg/ha);
- de 1976 à 1982, on constate un déclin dramatique du produit de la pêche qui n'atteint même plus 1 kg/ha en 1980;
- dès 1982, les captures augmentent à nouveau, pour atteindre en 1983 et surtout en 1984 le niveau des bonnes années d'antan.

Selon nos connaissances actuelles, cette évolution peut être interprétée comme suit:

- l'accroissement du produit de la pêche lors de la première période est corrélé avec le degré d'eutrophisation des eaux du Léman (augmentation de 10 à 20 $\mu\text{g P/l}$ pour les années 50, à 80 à 90 $\mu\text{g P/l}$ pour 1975 à 1980). Cette évolution a pour conséquence une augmentation considérable de la productivité du lac, donc un apport de nourriture accru pour les poissons. En même temps, on constate une augmentation de la

pression de pêche, la perche devenant de plus en plus appréciée par les consommateurs. Il est probable que ces deux facteurs ont agi en commun.

– les variations du rendement de la pêche constatées lors de la seconde période sont la conséquence de variations dans le nombre de poissons appartenant à différentes cohortes (classes d'âge) successives: une cohorte nombreuse est suivie de deux ou plusieurs générations faibles. Ceci entraîne un rendement de la pêche qui tend à être cyclique. Selon des études faites dans un lac anglais, le nombre de recrues appartenant à une certaine cohorte dépendrait d'une part des conditions climatiques régnant lors des premiers mois après l'éclosion et, d'autre part, de la biomasse des poissons adultes existant dans le lac. Lorsque cette dernière est faible, le nombre de recrues dépend essentiellement des conditions climatiques et du nombre d'œufs pondus. Lorsqu'elle est élevée, le recrutement est faible, même si les conditions climatiques sont favorables. Pour le Léman, ces relations entre conditions météorologiques, biomasse d'adultes et recrutement demeurent toutefois hypothétiques.

– Le déclin du rendement de la pêche survenu après 1976 est certainement dû à un déclin de la population de perches. La raison la plus probable est que les perches sont capturées à un âge trop précoce (à une taille trop petite) et que, en même temps, les conditions météorologiques étaient défavorables entre 1975 et 1981.

– L'augmentation rapide du produit de la pêche survenu après 1982 est due essentiellement au fait que la cohorte née en 1982 était riche en individus. Le fait que le nombre de géniteurs ne pouvait pas être très élevé en 1982, indique qu'une génération parentale faible peut donner naissance à une génération filiale nombreuse, lorsque les conditions climatiques sont bonnes.

La conclusion que nous pouvons tirer pour l'instant est que, si la dynamique des populations de perches n'est pas fondamentalement différente de celle des autres espèces piscicoles exploitées, la perche réagit toutefois très rapidement aux influences externes et aux facteurs de régulation intraspécifiques. Ces réactions rapides ont pour conséquences des fluctuations très fortes et souvent imprévisibles du rendement de la pêche. Il serait en principe possible d'en tenir compte en gérant la pêche de la perche d'une manière plus flexible, en adaptant la taille et le nombre de poissons pêchés à l'état instantané de la population. Cela exigerait toutefois une très grande prudence quant à l'application des mesures de protection.

M. Jean-Louis MORET, Institut de Botanique systématique et de Géobotanique, Université de Lausanne: *La végétation riveraine du Léman et son évolution*.

La végétation riveraine regroupe l'ensemble des végétaux supérieurs croissant sur les bords du lac (à l'exclusion des algues filamenteuses ou planctoniques). Cette végétation qui contribue activement à la colonisation et au comblement des plans d'eau qu'elle borde, s'organise en «ceintures d'atterrissement».

Depuis le large se succèdent les prairies submergées à potamots, la zone de plantes à feuilles flottantes (nénuphars), la roselière (jonc des tonneliers, roseau) puis le marais à grandes laïches. Au bord des lacs, ce groupement est souvent séparé des ceintures précédentes par une dune littorale se couvrant de buissons. L'importance de chacune de ces ceintures et leur organisation dépend des conditions du milieu (niveau trophique, exposition aux vagues et autres facteurs locaux).

Les rives du Léman sont, dans leur majorité, peu propices à l'installation et au dé-

veloppement d'une telle série de végétation: la beine est souvent trop étroite, trop profonde ou trop caillouteuse pour permettre le développement des ceintures exondées, dans le Haut-Lac à l'est de la ligne Lausanne-Evian surtout. Ainsi, la plupart des rives ne sont-elles le plus souvent occupées que par des prairies submergées à potamots. Ces prairies ont vu depuis le début du siècle leur composition floristique changer avec la disparition des espèces affectionnant les eaux pauvres en éléments nutritifs et le développement massif d'espèces eutrophes comme le potamot pectiné notamment.

Au début du siècle, cependant, la plupart des embouchures de rivières et des golfes étaient colonisés par une végétation riveraine comprenant la plupart des ceintures d'atterrissement. Le pourtour du lac présentait quelques belles stations marécageuses: les Crénées, les embouchures de la Promenthouse, du Boiron et de la Venoge, le golfe de Morges, les Pierrettes, Vidy, Ouchy, Villeneuve, les Grangettes pour la rive droite, la Pointe-à-la-Bise, Tougues, la Grande Conche, etc., pour la rive gauche.

Aujourd'hui, près de 95 % des rives sont construites (routes, quais, ports, murs) ou aménagées (enrochements). Plusieurs stations ont disparu et celles qui subsistent présentent des signes inquiétants de dégradation: diminution de la diversité floristique, puis amenuisement des surfaces.

Deux cas représentatifs illustrent le processus dégradation-disparition.

Les Pierrettes. Au début du siècle, FOREL décrit cette station comme une vaste lagune, colonisée par toutes les ceintures d'atterrissement (prairies à potamots, zones à nénuphar blanc, roselière, marais à grandes laïches), à la flore très riche. En 1950, la surface avait fortement diminué et plusieurs espèces avaient disparu. On n'y trouvait cependant encore une petite roselière monospécifique et le marais atterri. Aujourd'hui, le béton et le gazon ont tout recouvert et s'étendent jusqu'aux enrochements du bord du lac.

Les Grangettes. A la fin du siècle dernier, le littoral du delta du Rhône présentait une végétation extrêmement riche. Les ceintures d'atterrissement occupaient toute la rive, soit plus de 5 km. Le nénuphar jaune formait des groupements denses et étendus dans les zones abritées de la roselière; celle-ci, composée de plusieurs espèces (roseau, jonc des tonneliers, iris jaune, massette, renoncule grande douve, etc.) s'étendait, en 1942 encore, sur plus de 17 ha. Dès cette époque, la diversité floristique a décliné et les surfaces de végétation lacustre ont diminué: il n'y plus aujourd'hui sur la rive que le roseau qui résiste tant bien que mal aux facteurs de dégradation, et les peuplements qu'il forme ne s'étendent plus que sur 2 ha, répartis sur 1,5 km seulement.

Les causes d'une telle évolution sont multiples. A côté de la disparition des zones favorables à l'installation de la végétation naturelle, d'autres facteurs jouent un rôle important. Parmi eux, il faut citer:

- les déchets flottants, en augmentation depuis la disparition du chauffage au bois.
- l'augmentation du niveau trophique des eaux, accélérant la croissance des végétaux mais diminuant leur résistance aux atteintes mécaniques: un phénomène comparable à celui de la verse des céréales surengraisées.
- la modification du régime des vagues dans la zone côtière. Les murs et les constructions de la rive réfléchissent les vagues incidentes qui se propagent, en conservant la plus grande part de leur énergie, vers les zones naturelles où elles peuvent se dissiper. Leur effet est encore augmenté lorsque la beine, qui normalement freine les vagues, est entamée par l'exploitation des graviers.

– le piétinement dû à un nombre de personnes en augmentation dans des zones naturelles de plus en plus rares.

D^r Jean-Bernard LACHAVANNE, Association pour la sauvegarde du Léman (ASL):
Etat actuel du Léman et perspectives d'avenir.

Etat du lac

Au cours de ces trente dernières années, la qualité des eaux du Léman s'est considérablement dégradée. Le bleu Léman que l'on a cru, pendant très longtemps, à l'abri de toute atteinte avec ses 89 milliards de mètres cubes, est gravement menacé par l'eutrophisation et l'accumulation de substances toxiques.

Alors que les problèmes en relation avec les pollutions toxiques (métaux lourds surtout) sont en voie de solution, ceux qui sont liés à l'apport excessif de phosphore, connus sous le terme d'eutrophisation, gardent toute leur actualité.

Il y a environ 7000 tonnes de phosphore dans les eaux du Léman alors que moins de 1000 tonnes s'y trouvaient dans les années 50.

D'abord localisés en certains points du littoral, à proximité des agglomérations, les problèmes de pollution nutritionnelle par le phosphore se sont étendus très rapidement à l'ensemble de la masse lacustre.

L'augmentation de la concentration en éléments fertilisants, notamment en phosphore (facteur limitant de la croissance algale), a provoqué des modifications importantes des caractéristiques biologiques, physiques et chimiques du lac. Ces dernières ont été mises en évidence par les contrôles de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman contre la pollution (CIPEL, 1964-1982). Elles démontrent qu'en trente ans, le Léman est passé d'un stade dit oligo-mésotrophe à un état méso-eutrophe.

Plus d'oxygène? Oui, mais...

Parmi les divers paramètres du milieu lacustre, la concentration en oxygène dissous dans les eaux profondes du lac constitue un bon indicateur de l'évolution générale de son état sanitaire. En effet, l'oxygène mesuré à ce niveau révèle à la fois l'importance du métabolisme des eaux (ensemble de processus de synthèse et de décomposition) et l'influence des conditions climatiques annuelles.

Les conditions météorologiques favorables de ces dernières années ont permis au lac de se réoxygéner. C'est exact, mais il faut également souligner que ces mêmes conditions météorologiques peuvent favoriser une surproduction d'algues, dont la décomposition nécessite la consommation d'une grande part de l'oxygène régénéré grâce au brassage hivernal des eaux.

Beaucoup trop de phosphore

Or, une telle augmentation de la masse des algues ne peut être liée qu'à la présence d'un stock important de phosphore disponible. Et c'est là, précisément, que se situe le problème du Léman: ses eaux contiennent et reçoivent trop, beaucoup trop de phosphore.

Les conclusions auxquelles sont parvenus les quelque 150 scientifiques (spécialistes

du Léman et éminents limnologues d'une douzaine de pays), réunis à Genève en 1983 lors du Colloque sur l'eutrophisation et la pollution du Léman, sont claires: «Une diminution de 60% à 80% de la pollution actuelle par le phosphore doit être obtenue dans un délai de trois ans. Si nous ne réagissons pas rapidement et énergiquement, la dégradation des eaux du lac se poursuivra et le Léman atteindra un point de non-retour.»

Les stations d'épuration ne suffiront pas!

Les études d'experts indiquent qu'il parvient au Léman, depuis quelques années, environ 1200 tonnes de phosphore et cela malgré les efforts techniques et financiers consentis. Or, la charge que le lac peut tolérer sans aggravation de son état sanitaire est estimée à 500–600 tonnes par année. Il est impératif de diminuer encore de moitié les apports en phosphore au Léman.

Il importe donc de maintenir l'état actuel de l'assainissement voire d'améliorer le rendement des stations d'épuration en évitant la dilution des eaux usées par les eaux pluviales et en appliquant systématiquement la déphosphatation et une politique de raccordement différenciée. Malheureusement, ces mesures ne permettront d'abaisser que de 150 à 200 t la charge en phosphore provenant des rejets des stations d'épuration. De plus, pour parvenir à ce résultat, maigre par rapport au but visé, l'investissement financier sera considérable.

D'autres actions doivent donc être entreprises si l'on veut sauver le Léman. Les données du problème ont changé. Il faut maintenant donner la priorité technique et financière à des solutions nouvelles, mieux adaptées à la situation actuelle.

Perspectives pour le Léman

Les perspectives pour le Léman dépendent des efforts supplémentaires que nous sommes prêts à fournir rapidement pour lutter contre la pollution excessive en phosphore qui parvient encore au lac malgré la mise en place du système d'assainissement (env. 75% des eaux usées du bassin lémanique épurées). Elles dépendent également des caractéristiques propres du lac (volume, profondeur, temps de renouvellement des eaux, etc.) qui conditionnent son temps de réaction aux diverses mesures qui seront prises.

Stratégie proposée par l'ASL

Une stratégie a été proposée en 1984 par l'ASL pour sauver le Léman. Celle-ci a nécessité l'inventaire de toutes les sources de pollution par le phosphore, leurs origines, leurs cheminements et leurs quantifications.

L'ASL a déterminé trois groupes de mesures à adopter en priorité pour sauver le Léman:

1. Suppression des phosphates dans les produits de lessive et de nettoyage utilisés sur tout le bassin versant lémanique (Suisse et France).
Celle-ci sera effective dans les produits de lessive en Suisse à partir du 1^{er} juillet 1986. Il faudrait que la France suive l'exemple et que cette mesure soit aussi étendue aux produits de nettoyage.
2. Amélioration et achèvement du programme d'assainissement de la totalité du bassin versant, soit par des ouvrages collectifs, soit par des installations individuelles.

- Révision et amélioration du système d'assainissement existant;
 - vérification de la conformité des raccordements des habitations;
 - généralisation du système séparatif (réseau d'égout) afin d'assurer une séparation optimale des eaux claires et des eaux usées;
 - traitement des eaux issues des réservoirs d'orage;
 - traitement complémentaire des effluents des stations d'épuration;
 - amélioration du contrôle du fonctionnement des petites stations d'épuration.
3. Adoption de mesures visant à diminuer la pollution d'origine agricole: mesures antiérosion des sols, utilisation plus rationnelle des produits chimiques (engrais, pesticides), dimensionnement correct des fosses à purin, épandages contrôlés.

Les mesures préconisées par l'ASL pour abaisser la pollution par le phosphore à un niveau acceptable pour le Léman ne représentent pas un choix de diverses possibilités, mais constituent les différentes actions qu'il est nécessaire d'entreprendre simultanément pour atteindre le but visé.

Plusieurs milliards de francs ont été dépensés dans le bassin versant lémanique pour mettre en place un système d'assainissement des eaux usées qui s'avère insuffisant pour maintenir notre lac dans un état sanitaire satisfaisant. L'effort financier déjà consenti a été énorme, il s'agit maintenant de le rentabiliser. L'amélioration du système ainsi que la prise de mesures de protection complémentaires indispensables nécessiteront encore un investissement très important sans lequel tous les efforts que nous avons faits jusqu'à ce jour seront voués à l'échec. Ils n'auront servi qu'à différer de quelques années l'issue fatale pour notre lac: sa transformation en un cloaque puant.

*Extrait de la revue «Sauvons le Léman» 1985
de l'Association pour la sauvegarde du Léman*

D^r Jean-Michel JAQUET, Association pour la sauvegarde du Léman (ASL): *Contamination de l'environnement par les métaux lourds.*

I. Généralités

Qu'est-ce que les métaux lourds?

Au sens large, ce sont les métaux dont le numéro atomique ≥ 22 : titane (Ti), vanadium (V), chrome (Cr), manganèse (Mn), fer (Fe), cobalt (Co), nickel (Ni), cuivre (Cu), zinc (Zn), arsenic (As), sélénium (Se), molybdène (Mo), argent (Ag), cadmium (Cd), étain (Sn), antimoine (Sb), baryum (Ba), mercure (Hg), plomb (Pb)... A part Fe, Mn et Ti, leur concentration moyenne dans la croûte terrestre est inférieure à 10 g/tonne (ppm). Ce sont donc des éléments-traces ou oligo-éléments.

En quoi peuvent-ils être dangereux?

Influence sur les êtres vivants

De ce point de vue, ces éléments-traces peuvent être classifiés en:

a) éléments essentiels: ils sont présents dans les tissus sains d'une famille zoologique donnée. En cas d'apports insuffisants dans l'eau ou la nourriture, on note des phénomènes de déficience ou de carence. En plus de Na, K, Mg et Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Zn et Mo sont essentiels à la vie humaine en tant que catalyseurs des réactions biochimiques.

b) éléments non essentiels: leur importance éventuelle dans les processus métaboliques n'a pas (encore) été établie: Cd, Pb, Hg, etc.

Le type d'action de ces métaux sur les organismes vivants dépend avant tout de leur *concentration*: au-dessous d'une certaine valeur, il y a carence, puis effet bénéfique, enfin toxicité.

Une relativement faible augmentation de la concentration peut transformer l'effet bénéfique d'un oligo-élément en un effet toxique ou létal. Notons encore que tous les métaux essentiels à la vie deviennent toxiques lorsqu'ils sont disponibles en quantités excédant une valeur optimale.

Toxicité des métaux

Du point de vue de leur toxicité, les métaux peuvent être classifiés en «non-critiques», «toxiques mais rares» et «très toxiques et relativement abondants».

Seuls nous intéresseront ceux dont les concentrations, pour des raisons naturelles (gisements) ou artificielles (pollution), pourraient dépasser le seuil optimal et présenter ainsi des risques pour la santé: Co, Ni, Cu, Zn, Sn, As, Ag, Cd, Hg et Pb. Voici un résumé de l'action toxique de quelques-uns de ces métaux:

- *Mercur*: s'enrichit facilement le long de la chaîne alimentaire. Provoque des lésions cérébrales (maladie de Minamata).
- *Cadmium*: entre en compétition avec Zn dans les métallo-enzymes, provoquant la destruction du métabolisme normal (douleurs et fragilité osseuse, maladie Itai-itai).
- *Arsenic*: l'absorption à long terme dans l'eau de boisson provoque une dégradation des tissus divers. Contenu dans certains détergents.
- *Plomb*: perturbe le transport d'oxygène dans le sang (saturnisme) et affecte la perméabilité des membranes des reins, du foie et du cerveau. Aurait favorisé la chute de l'Empire romain!
- *Argent*: très toxique pour les poissons d'eau douce.
- *Cuivre*: toxique pour les végétaux aquatiques (alguicide).

Relevons encore qu'il faut être très large dans la définition du terme «toxicité». En effet, outre des effets aigus d'empoisonnement provoqués par le mercure, le plomb, le cadmium ou l'arsenic, il faut aussi considérer les effets à long terme de doses beaucoup plus faibles et répétées, ainsi que l'action combinée sur l'organisme de plusieurs métaux ou substances artificielles (PCB par exemple).

Vue sous cet angle, toute augmentation de la concentration d'un métal dans le milieu naturel est donc *potentiellement dangereuse*.

Comment ces métaux «circulent-ils» dans l'environnement?

Rappelons que les roches, sols, eaux et êtres vivants renferment tous de faibles quantités de métaux lourds. On parle alors de «teneur naturelle». Toutefois, ces concentrations peuvent augmenter de façon dramatique et dangereuse. Dans la plupart des cas, l'homme en est responsable, par le biais des activités suivantes: extraction ou traitement des minerais, emplois industriels, domestiques ou sanitaires, conduisant à des enrichissements dans les produits ou les déchets.

II. Situation dans le bassin lémanique

Pollution ou contamination signifient, on l'a vu, des concentrations de métaux lourds supérieures à la teneur naturelle dans l'air, l'eau, les sédiments ou les êtres vivants.

Pour mettre en évidence ces contaminations sur un plan régional, il faut donc analyser l'un ou l'autre de ces milieux.

Pour diverses raisons, les sédiments déposés dans les lacs et rivières se comportent comme des *enregistreurs* de pollution très perspicaces! Ils sont donc utilisés de manière universelle et leur emploi a été introduit et accepté au sein de la Commission franco-suisse pour la protection du Léman contre la pollution et par les chercheurs de l'Université de Genève. Quelle est donc, sur cette base, la situation dans le bassin lémanique?

1. Les sédiments du Léman, ainsi que ceux de ses principaux affluents sont plus ou moins fortement contaminés par des métaux lourds provenant de l'activité humaine.

Cela signifie (a) qu'ils ont été introduits dans le milieu naturel (air, eau, sol, et finalement sédiments) en quantités excédant parfois fortement les teneurs naturelles et (b) que le cycle naturel normal de ces métaux est désormais *perturbé*.

2. En ce qui concerne le *degré de pollution* par les différents métaux lourds, on note que le Hg et Cd viennent largement en tête. Ces éléments se trouvent aussi être les plus toxiques.

Ils se trouvent présents dans les poissons du lac, en quantités inférieures aux seuils de toxicité couramment admis (Hg: 0,5 mg/kg; Cd: 0,1 mg/kg, Pb: 1 mg/kg), mais néanmoins supérieures à la teneur naturelle.

3. Les études de la CIPEL ont permis d'identifier formellement un certain nombre de sources de pollutions par les métaux lourds: usines chimiques, industrie pharmaceutique, hôpitaux, stations d'épurations ou d'incinération des ordures.

Mesures prises et résultats

Il est indéniable que les résultats des travaux de la CIPEL ont été utilisés par les pouvoirs publics pour faire pression sur les pollueurs, et ce avec succès dans les cas suivants:

- Réduction des rejets de Hg par Ciba à Monthey qui ont passé de 1,8 kg par jour en 1974 à 0,16 kg/jour dès 1976.
- Réduction des rejets de Hg par Zyma.
- Diminution de la teneur en chrome des eaux de l'Arve, suite à des mesures qui auraient été prises à Annemasse (fermeture d'usine?).
- Modification des installations de l'usine d'incinération de Penthaz.
- Succès de l'opposition à l'extension d'Hetako menée par des habitants d'Evionnaz.

Conclusions

Très aigu dans les années 70, le problème de la contamination du Léman par les métaux lourds ne présente plus de danger immédiat. L'action conjuguée des scientifiques, des services de l'Etat et des associations écologistes a eu pour effet de motiver les «pollueurs», qui ont pris des mesures pour diminuer, voire supprimer, les rejets de métaux lourds dans l'environnement. Il n'en faut pas moins continuer la surveillance du lac et des rivières afin de détecter à temps les effets des nombreuses substances chimiques nouvelles utilisées par l'industrie, les ménages et l'agriculture.

M. Pierre AMMANN, Institut du Génie biologique, EPFL: *Assainissement des eaux usées du bassin lémanique: principaux problèmes d'exploitation.*

Le bon fonctionnement des stations d'épuration (STEP) est fréquemment mis en doute. Pour certains, les installations centrales de traitement des eaux usées représentent la panacée universelle pour rendre à la nature l'eau vilipendée et polluée sans se soucier des conséquences. Pour d'autres, la politique actuelle de traitement des eaux usées fait fausse route, compte tenu de l'état actuel des eaux de surface, de la composition des eaux usées et de bien d'autres facteurs encore. Cette présentation a pour but de mettre en évidence les problèmes majeurs qui, dans le bassin du Léman, permettent d'expliquer pourquoi les installations d'épuration n'atteignent pas toujours les rendements espérés.

Il y a vingt ans, lorsque les premières STEP ont été conçues, les problèmes de pollution des eaux étaient en apparence moins complexes qu'aujourd'hui. Les eaux de surface, grâce à l'augmentation de la population urbaine et de la consommation, étaient en passe de devenir des cloaques couverts de mousse provenant des détergents. Les problèmes de pollution étaient à cette époque bien visibles. Les réseaux d'égout existaient déjà pour une bonne part, recevant drainages, fontaines, sources, pluies, eaux usées domestiques et industrielles. Il suffisait de compléter les réseaux d'égouts pour centraliser toutes ces eaux dans des installations capables de détruire les matières organiques considérées comme responsables de la dégradation des lacs et des cours d'eau. Le mélange des eaux usées domestiques et industrielles semblait souhaitable compte tenu de l'état des connaissances.

Cet héritage, ainsi que la prolifération des produits chimiques – il existe aujourd'hui plus de 60 000 composés différents, et leur nombre augmente chaque année – permettent d'expliquer pourquoi le système d'assainissement ne tient pas toutes ses promesses.

Sur un plan général, les problèmes essentiels sont les suivants:

1. Surconsommation d'eau potable.
2. Réseaux d'égout mal adaptés aux besoins actuels.
3. Aménagement du territoire mal coordonné par rapport aux infrastructures d'assainissement (surcharge des installations, tourisme, etc.).
4. Eaux usées industrielles (polluants toxiques, etc.).
5. Composés réfractaires à la dégradation biologique dans les produits de grande consommation.
6. Surconsommation de phosphates.
7. Valorisation et élimination des boues de STEP.

Ces sept problèmes, quoique parfois très complexes, doivent être résolus rapidement si l'on veut que les bulletins de santé du Léman s'améliorent.

22 octobre

Séance présidée par M. O. Burlet

(Dorigny, auditoire C du Collège propédeutique, 18 h).

Conférence

Prof. Daniel THALMANN, Université de Montréal: *Animation et synthèse d'image*, avec film.

Les images produites par ordinateur sont de plus en plus sophistiquées et proches de la réalité. On montrera comment on peut produire de telles images sans aucune connaissance informatique au moyen du système MIRANIM développé à l'Université de Montréal. En particulier, on expliquera comment créer des textures, des objets transparents, de l'ombrage. On insistera également sur les techniques d'animation par ordinateur qui permettent de simuler des effets très spectaculaires en trois dimensions. De nombreuses images et des films produits par ordinateur illustreront cet exposé.

29 octobre

Séance présidée par M. O. Burlet
(aula du Palais de Rumine, 20 h 30).

Conférence

M. Jacques PICCARD: *Exploration des lacs par sous-marin*.

L'orateur a parlé des recherches scientifiques qu'il a menées à bord du *F.-A. Forel*, sous-marin de 10 tonnes, propriété de la Fondation pour la protection des mers et des lacs. Il a présenté, avec de nombreuses diapositives, le riche éventail et le bilan des explorations effectuées depuis 1979 dans la plupart des lacs de Suisse et d'Italie. Dans le lac Léman et le lac de Zurich, les plongées d'exploration ont été complétées par des études en microbiologie auxquelles ont participé des chercheurs des Universités de Zurich, de Bâle et de Genève, ainsi que le Service cantonal de la conservation de la faune et l'EPFZ. La région de Chillon a en outre été le cadre d'une étude sur le peuplement en ombles chevaliers. En Suisse, le *F.-A. Forel* a encore été utilisé pour l'exploration du lac des Quatre-Cantons, du lac de Constance, du lac Majeur et du lac de Lugano. En Italie, les explorations ont été effectuées dans le lac de Garde, le lac de Bracciano (au nord de Rome) et le lac d'Albano (au sud de la capitale italienne) ainsi que dans le détroit de Messine et avec la participation des Universités de Venise, Vérone, Bologne, Rome, Messine et Louvain-La-Neuve. M. J. Piccard a également parlé des prochaines campagnes d'exploration ainsi que des expériences effectuées en batyscaphe.

6 novembre

Séance présidée par M. M. Ballenegger
(Dorigny, amphithéâtre du Bâtiment de Biologie, 17 h 15).

Conférence

D^r Hubert VAN DEN BERGH, Laboratoire de Chimie technique, EPFL:
Séparation isotopique par laser.

L'avènement du laser, en tant que source de radiation de haute intensité et à bandes spectrales très étroites, permet l'excitation sélective d'un seul isotope dans un mélange et a stimulé la découverte de nouvelles techniques de séparation isotopique. Nous donnerons un bref aperçu du domaine, tandis que la méthode de séparation aérodynamique assistée par laser, qui fut développée à Lausanne, sera exposée en détail.

12, 14, 19, 21 novembre

Cours d'information 1985

Le Génie génétique
(Dorigny, auditoire A du collège propédeutique, 18 h).

12 novembre

M. Pierre NETTER, Université Pierre et Marie Curie, Paris: *Structure et organisation du génome. Relations mitochondrie-noyau.*

14 novembre

D^r Bernard JACQ, Biozentrum, Bâle: *Gènes homéotiques, Homéo-boxes et développement: de la mouche vers l'homme?*

Le développement embryonnaire de tous les organismes pluricellulaires est placé sous un contrôle génétique qui assure la mise en route et le déroulement spatio-temporel précis d'un programme complexe.

Organisme eucaryote le mieux connu génétiquement, la mouche *Drosophila melanogaster* est devenue ces dernières années un outil de choix pour l'étude génétique et moléculaire du développement.

Plusieurs dizaines de mutants affectés dans des étapes précises du développement ont été caractérisés, et certains des gènes correspondants ont pu être isolés.

Parmi les gènes «architectes», responsables de l'établissement de l'axe antéro-postérieur de l'embryon, les gènes homéotiques assurent l'identité des futurs segments de la mouche: chez les embryons où un de ces gènes est muté, des structures complètes peuvent être construites à une place anormale et conduire par exemple à une mouche ayant une paire de pattes à la place d'une paire d'antennes.

L'étude moléculaire des gènes homéotiques a montré que ceux-ci possèdent en commun une séquence d'ADN de 180 nucléotides, l'*homéo-box*, qui code pour une partie de protéine ayant les caractéristiques d'un domaine pouvant s'associer à l'ADN et pouvant donc potentiellement contrôler l'expression ultérieure d'un ou plusieurs autres gènes. La mise au point de la technique d'hybridation *in situ* sur

coupe a permis de montrer que chacun de ces gènes est exprimé seulement à un moment précis de l'embryogenèse, et d'une manière spatiale directement liée à l'arrangement futur des segments sur l'embryon, la larve et l'adulte.

L'existence des *homéo-boxes* dans d'autres espèces que la drosophile a été récemment démontrée, chez les vertébrés notamment et plus particulièrement chez l'homme.

Cette découverte sera-t-elle une étape décisive dans la compréhension des mécanismes moléculaires de ce qui demeure l'un des plus passionnants mystères de la biologie, le *développement embryonnaire*?

19 novembre

D^r Georges PELLETIER, Institut national de recherches agronomiques, Versailles: *Parasexualité et amélioration des plantes*.

21 novembre

Prof. J.-M. ROBERT, Service de génétique médicale, Hôtel Dieu, Lyon: *Une révolution en médecine: l'isolement des gènes humains*.

Le problème fondamental en génétique est le suivant: comment passe-t-on du génotype au phénotype?

Il y a en médecine des génotypes «normaux» qui mènent à des phénotypes «normaux». Classiquement, la recherche médicale étudie le plus finement possible le phénotype «malade» et, par les analyses de ségrégation fondées sur les généalogies, tente de remonter au génotype muté et de le localiser éventuellement sur tel ou tel chromosome.

Depuis la découverte des enzymes de restriction, on a pu isoler certains gènes humains «entiers» et décrire leurs altérations qui conduisent à l'édification de protéines anormales transmises héréditairement.

Le processus de la recherche est totalement inversé. Il s'agit donc d'une véritable révolution dans la connaissance de la physiologie et de la pathologie cellulaire. Il est même permis d'espérer l'avènement d'une thérapie génétique. Des exemples récents seront donnés.

18 novembre

Séance présidée par M. C. Bauchau
(Palais de Rumine, auditoire XVII, 17 h 15).

Conférence

Prof. V. KÖPPEL, EPF Zurich: *Isotopes du plomb dans les roches mafiques et ultramafiques dans la zone d'Ivvea.*

20 novembre

Séance présidée par M. M. Ballenegger
(Dorigny, amphithéâtre du Bâtiment de Biologie, 17 h 15).

Conférence

D^r Hans GREUTER, Ciba-Geigy, Bâle: *Towards natural products analogues: Synthetic strategies involving ketenes.*

Substituted dimethyl cyclopropane carboxylic acids as precursors of pyrethroids are compounds of high biological and commercial interest. A simple, stereo-selective and highly versatile synthetic approach involves [2+2] cycloaddition reactions of halogenated ketenes. The halocyclobutanones thus formed undergo an array of interesting and useful transformations involving rearrangements and nucleophilic substitution reactions. The synthesis of cyclobutane analogues of β -lactam antibiotics was made possible by an extension of this methodology as well as by a conceptually new approach involving an intramolecular ketene cycloaddition reaction.

25 novembre

Séance présidée par M. C. Bauchau
(Palais de Rumine, auditoire XVII, 17 h 15).

Conférence

M. Danilo RIGASSI, Genève: *1. Un astroblème en Suisse centrale?, 2. Présentation de la carte des bassins sédimentaires d'Europe.*
(Voir ce bulletin N° 78.1, pp. 57-79.)

4 décembre

Séance présidée par M. M. Ballenegger
(Dorigny, amphithéâtre du Bâtiment de Biologie, 17 h 15).

Conférence

D^r Roland WENGER, Sandoz, Bâle: *Synthèse totale de la cyclosporine – modification de la structure moléculaire et effet biologique.*

La synthèse totale d'une substance est un outil important permettant l'étude des relations entre la structure de cette substance et son activité biologique. Lorsqu'on sait quelle partie de la structure d'un composé pharmaceutique est responsable de son activité biologique, il devient possible alors de développer des dérivés spécialement modifiés possédant un profil d'activité amélioré. Au cours de cette conférence, il sera montré quelles modifications de structure de l'immunodépresseur cyclosporine (Sandimmun®) ont permis de déterminer la portion de structure indispensable à son activité immunosuppressive.

4 décembre

Conférence de la société académique vaudoise
(aula du Palais de Rumine, 20 h 30).

Conférence

Prof. Bernard MACH, département de microbiologie, Université de Genève: *L'impact du génie génétique sur la science et sur la médecine.*

On appelle «génie génétique» la possibilité d'isoler des gènes, soit pour étudier leur structure et leur fonction, soit pour les utiliser en «reprogrammant» des cellules dans le but de leur faire fabriquer le produit de ces gènes. Les principes de base des manipulations elles-mêmes, isolement des gènes, coupure du DNA et «ligation», identification de gènes spécifiques, «banques» de gènes, transformation de cellules (bactériennes ou animales) avec des gènes nouveaux, etc. seront évoqués. Le génie génétique a révolutionné presque tous les domaines de la biologie en permettant d'aborder l'étude de la structure et de la fonction des gènes d'une façon nouvelle. Quelques grandes découvertes récentes en biologie qui sont directement dues au génie génétique seront discutées.

L'impact de cette nouvelle approche ne s'est pas limité à la recherche biologique elle-même. Les possibilités de faire produire des protéines spécifiques par des micro-organismes permettent des applications industrielles et médicales nombreuses. Dans certains cas, c'est simplement le prix de revient d'une protéine qui est réduit. Dans les cas les plus intéressants, c'est au contraire la production d'une protéine rare, ou même totalement non disponible normalement, qui est devenue possible. Cette reprogrammation de cellules pour la production de protéines utiles sera illustrée par des exemples pratiques, notamment dans le domaine médical (hormones, facteurs de croissance, modulateurs de la réponse immune, vaccins, etc.).

Finalement, les travaux récents qui permettent de transférer des gènes dans des organismes vivants, y compris des mammifères, seront discutés. Il faut distinguer le transfert de gènes dans des cellules somatiques, qui n'affecte donc que l'individu en

cause, et le transfert de gènes dans la lignée germinale d'une espèce qui permet de modifier des espèces animales de façon définitive. Ces deux domaines seront discutés en soulignant leur potentiel et leurs limites.

9 décembre

Séance présidée par M. C. Bauchau
(Palais de Rumine, auditoire XVII, 17 h 15).

Conférence

M. A. STRASSER, Université de Genève: *Sédimentologie du Purbeckien dans le Jura suisse et français. Comparaison avec les milieux de dépôts actuels des Bahamas et de la Tunisie.*

16 décembre

Séance présidée par M. C. Bauchau
(Palais de Rumine, auditoire XVII, 17 h 15).

Conférence

Prof. J. REMANE, Université de Neuchâtel: *La limite Jurassique-Crétacé.*

17 décembre

Séance présidée par M. O. Burlet
(Palais de Rumine, auditoire XV, 18 h).

Conférence

Prof. Jacques SESIANO, département de mathématiques, EPFL: *Procédés de construction des carrés magiques d'après des manuscrits arabes médiévaux.*

Bien que l'on connût l'existence de quelques carrés magiques par des sources arabes d'époque médiévale, donc de carrés dans lesquels les nombres sont disposés en telle façon que chacune des lignes, des colonnes et des deux diagonales produise une même somme, on n'avait point mis à jour de traité exposant des méthodes générales de construction. Or, il existe des manuscrits arabes décrivant de tels procédés dès le X^e siècle déjà. L'objet de la conférence fait l'exposition de telles méthodes: deux pour les carrés d'ordre impair (côté du carré à $n = 2k + 1$ case), deux pour les carrés

d'ordre pairment pair (côté à $n = 4k$ cases), une pour les carrés d'ordre pairment impair (côté à $n = 2(2k + 1)$ cases). Il apparut ainsi que le problème de la construction d'un carré magique d'ordre quelconque était résolu au plus tard au XI^e siècle.

18 décembre

Séance présidée par M. Ballenegger

(Dorigny, amphithéâtre du Bâtiment de Biologie, 17 h 15).

Conférence

Prof. T. A. KADEN, Institut für anorganische Chemie, Université de Bâle: *Artificial Blood*.

Blood is a fascinating biological fluid, the main property of which is to bind and transport dioxygen and carbon dioxide. Can we mimic these properties? Can a synthetic mixture be prepared and used to replace blood? What is «artificial blood» and where are the limits of it? How far are models for haemoglobin?