



TENTATIVE DE DÉTERMINATION DU BILAN DES APPORTS POLLUANTS DANS UN LAC ALPIN

par C. GOMELLA

Ingénieur-Conseil, SETUDE, Paris

1

L'étude avait pour objet de définir le principe de la meilleure solution pour l'assainissement du bassin versant du lac du Bourget afin de rendre à ses eaux les qualités requises pour la pisciculture, les sports nautiques et le tourisme.

Deux catégories de données sont nécessaires pour bâtir la solution :

- connaissance qualitative et quantitative des charges polluantes déversées dans le lac en provenance de son bassin versant et que l'on peut nommer : conditions amont;
- connaissance des valeurs maximales des charges polluantes que peut accepter le lac du Bourget si on désire assurer aux eaux les qualités requises, et que l'on peut nommer : conditions aval.

Le rapprochement de ces deux catégories de données permet de déterminer le taux d'abattement des charges polluantes à rechercher.

La réduction des charges polluantes déversées dans le lac tendra à provoquer une stabilisation et une amorce d'amélioration des qualités des eaux du lac comme il a été constaté pour les lacs où des actions de protection d'envergure ont déjà été entreprises. L'obtention des qualités définitives requises peut être longue, des études parti-

culières devront être effectuées dans le lac lui-même qui pourront conclure à la nécessité d'actions directes sur les eaux du lac destinées à accélérer l'amélioration de leurs qualités.

La direction départementale du ministère de l'Équipement et du Logement de la Savoie nous a confié l'acquisition des données définies dans la première catégorie : *conditions amont*.

Les études menées dans ce but ont porté sur :

- la détermination des charges polluantes et étude des débits des eaux usées à traiter;
- la détermination des charges polluantes de toute nature (urbaines, industrielles et agricoles) issues du bassin versant du lac;
- la détermination particulière des charges polluantes dans les écoulements superficiels intéressant le lac.

Par ailleurs, l'élaboration du schéma d'assainissement s'est appuyée sur une étude comparative des procédés d'élimination des composés azotés et phosphatés.

La détermination des *conditions aval* a été confiée :

- pour le lac : au laboratoire d'hydrobiologie lacustre de Thonon (I.N.R.A.);
- pour l'Isère : à nous-même, et a conduit à une étude du pouvoir auto-épurateur de l'Isère.

2. — Description du bassin versant (figure 1)

La surface du bassin versant du lac du Bourget est de 520 km²; il est de forme allongée et orienté sensiblement nord-sud.

Il est composé de deux sous-bassins principaux :

- le bassin de la Leysse (281 km² soit 55 %) où se situe l'agglomération de Chambéry;
- le bassin du Sierroz et du Tillet (au total 176 km², soit 34 %) où se trouve l'agglomération d'Aix-les-Bains.

Les sous bassins versants secondaires (11 %) sont ceux de Terre-Nue, du Mont-de-Charve, du Mont-Landard et des marais de Chautagne.

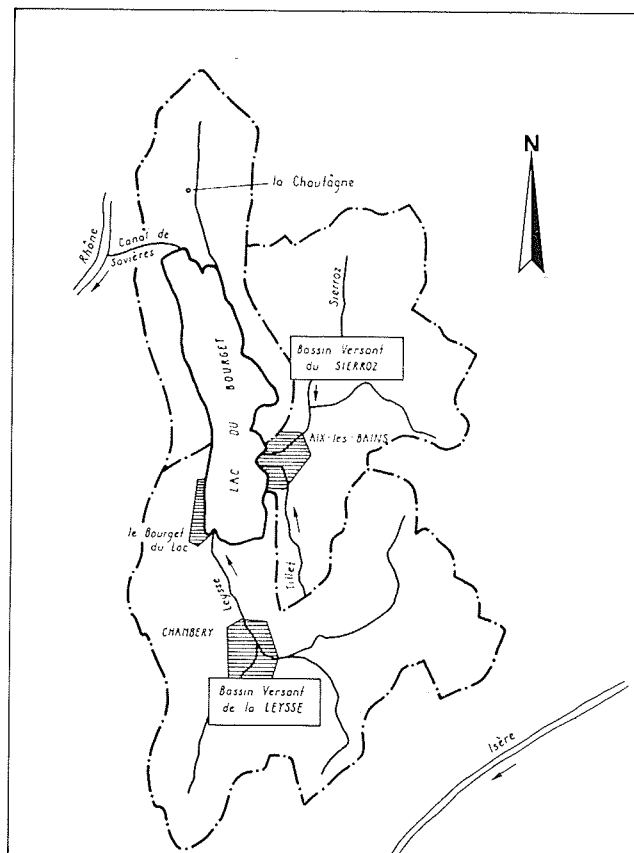
Le lac est alimenté par les rivières et ruisseaux correspondant aux sous bassins versants précités.

L'exutoire du lac est constitué par le canal de Savières qui se jette dans le Rhône (mais qui peut couler en sens inverse lors des crues du fleuve).

Le lac du Bourget est utilisé comme bassin écrêteur des crues du Rhône afin de protéger la région lyonnaise contre les inondations.

Les eaux du Rhône pénètrent dans le lac :

- par l'intermédiaire du canal de Savières pour les crues de faible importance;
- par submersion des digues protégeant la Chautagne lors des crues de grande amplitude.



1/ Bassin versant du lac du Bourget.

3. — Le lac

Avec le lac Lemman et le lac d'Annecy, le lac du Bourget est un des grands lacs alpins.

Sa longueur est de 18 km, sa surface est de 44,6 km², son volume est de 3,62 km³.

La profondeur moyenne est voisine de 81 m, la profondeur maximale atteint 145 m; le lac du Bourget se classe dans la catégorie des lacs profonds.

L'état actuel du lac a été défini par des études menées par l'I.N.R.A. (station d'hydrobiologie lacustre de Thonon) à la demande de la direction départementale de l'Équipement de la Savoie; ces études permettent de conclure :

L'ensemble des données physico-chimiques ou biologiques montre, par comparaison avec les études antérieures, que le lac du Bourget est devenu très sérieusement eutrophe;

- les pH des eaux profondes se sont abaissés;
- les transparences ont diminué de moitié environ;
- l'oxygène est pratiquement absent de la zone la plus profonde d'août à décembre et le métalimnion accuse un déficit accentué;
- l'azote minéral autrefois simplement sous forme nitrrique est maintenant sous forme ammoniacale, nitrreuse ou nitrrique, et a des teneurs beaucoup plus élevées, qu'il y a une trentaine d'années.

En période de déficit en oxygène, la majeure partie de l'azote, principalement dans les plus grands fonds, est sous forme ammoniacale. L'azote nitrrique joue le rôle de facteur limitant après les pics planctoniques de diatomées, mais l'accumulation de ce corps dans les eaux profondes en

assure un renouvellement rapide à la faveur des courants ou par l'intermédiaire de végétaux tels que les cyanophycées.

Le phosphore inexistant ou du moins en trop faible quantité pour être dosable il y a une trentaine d'années, atteint maintenant des teneurs importantes (supérieures à 100 µg par litre) dans les plus grands fonds, et déjà considérables dans les couches moyennes. Cet élément joue certainement un rôle clé dans les processus d'eutrophisation du lac, comme peut en témoigner son absence, sous forme soluble, dans les couches supérieures d'eau où le phytoplancton est actif.

L'égale importance relative des Diatomées et des Cyanophycées témoigne sur le plan biologique d'une eutrophisation largement prouvée par des données physico-chimiques.

Toute cette évolution est facilitée par le réchauffement général des eaux consécutif à celui du climat.

Le lac du Bourget est donc gravement menacé; on peut même dire que c'est parmi les grands lacs français celui qui est le plus en péril actuellement. Des mesures importantes et surtout efficaces de protection doivent être prises dans les plus brefs délais et une politique générale de sauvegarde doit être appliquée sur l'ensemble du bassin versant ().*

Pour lutter contre la pollution du lac, et l'eutrophisation en particulier, il est nécessaire de définir quels sont les produits responsables de ces phénomènes.

Les trois éléments dont les proportions pondérales dans

(*) Il est à remarquer que depuis de nombreuses années on constate la disparition progressive des ombles chevaliers et des lavarets.

les algues et les plantes aquatiques sont les plus importantes sont l'oxygène, le carbone et l'hydrogène, l'azote venant immédiatement après suivi du potassium, du sodium, du calcium, du soufre, du chlore, du phosphore et du magnésium.

De plus, il y a dans les végétaux, des traces d'autres éléments parmi lesquels le silicium, le fer, le manganèse et le zinc.

Certains des éléments trouvés dans les plantes et algues sont nécessaires à leur croissance, d'autres pas. Par exemple 19 éléments ont été indiqués comme étant essentiels pour la croissance des algues vertes : azote, bore, calcium, carbone, chlore, cobalt, cuivre, fer, hydrogène, magnésium, manganèse, molybdène, oxygène, phosphore, potassium, sodium, soufre, vanadium et zinc. L'absence ou l'insuffisance de l'un quelconque de ces éléments essentiels peut limiter la croissance des algues.

Cependant, il est généralement admis que les deux seuls éléments pouvant se trouver dans les eaux en teneurs suffisamment faibles, sous forme assimilable, par rapport aux teneurs requises par les algues et autres végétaux pour limiter leur croissance, sont le phosphore et l'azote.

Pour certains, il n'y aurait même qu'un seul élément jouant le rôle de facteur limitant : le phosphore. En effet, l'azote atmosphérique peut être fixé par les algues bleues vertes et par conséquent la croissance de celles-ci peut se faire en l'absence totale d'autres substances azotées dans l'eau. Cependant, les faibles vitesses de fixation de l'azote atmosphérique et de dégradation des dépôts organiques d'azote par les algues peuvent faire de l'azote un facteur limitant. Par ailleurs, il a été montré que l'addition de nitrates aux eaux du lac Tahoe stimulait la croissance du phytoplancton.

Cette règle peut d'ailleurs présenter des exceptions puisque, par exemple, le zinc, le manganèse et le fer peuvent contrôler la productivité primaire (phénomène mis en évidence au lac Tahoe). Enfin, on doit noter que le gaz carbonique peut être un facteur limitant pour la prolifération rapide des algues bleues vertes.

Enfin, des études fines récentes et qui se poursuivent laissent à penser que d'autres produits, dont l'action est moins immédiate, peuvent avoir une importance déterminante si l'on tient compte des boues du fond, stockées d'ores et déjà dans le lac et qui contiennent de grandes quantités d'azote et de phosphore susceptibles d'être mobilisées.

Il faut également tenir compte des charges organiques (DBO 5) des effluents urbains qui participent à l'appauvrissement en oxygène des eaux du lac.

Les huiles, graisses, etc., (exprimées en poids de Substances Extractibles au Chloroforme : S.E.C.) et les détergents concourent au même effet du fait qu'ils freinent la dissolution de l'oxygène atmosphérique dans l'eau en créant à l'interface un film qui, de plus, dégrade l'aspect de l'eau.

4. — Origine des charges polluantes

Les charges polluantes se déversant dans le lac du Bourget ont deux origines principales :

- charges provenant du bassin versant du lac;
- charges apportées par le Rhône lors de ses crues.

Les charges polluantes provenant du bassin versant peuvent être classées à leur tour en deux catégories en rete-

nant comme critère la possibilité technique ou économique de les collecter dans un réseau; ainsi apparaît la notion de dispersion des sources de pollution.

Il est possible de distinguer :

a) LES CHARGES CONCENTRÉES.

Ce sont les charges qui ont pour origine les agglomérations (principalement Aix-les-Bains et Chambéry); elles sont dites aussi charges urbaines.

Elles comprennent les effluents domestiques et industriels; la plupart de ces effluents sont actuellement collectés.

b) LES CHARGES DIFFUSES.

Ce sont les charges provenant des groupements humains de faible importance (population éparse), des industries agricoles disséminées dans l'espace rural (principalement dans la partie amont du bassin versant du Sierroz), les charges provenant du lessivage du terrain. Les charges diffuses constituent la pollution dite d'imprégnation qui se retrouve dans les écoulements superficiels (principalement la Leysse et le Sierroz).

Dans le présent exposé nous ne traiterons que du point particulier de la détermination des teneurs en nutriments azote et phosphore apportées par les écoulements superficiels.

Les principaux écoulements superficiels intéressant le lac du Bourget sont :

- se déversant dans le lac : la Leysse et le Sierroz;
- exutoire du lac : le canal de Savières, il est à noter que le canal de Savières peut couler soit dans le sens lac→Rhône, soit dans le sens Rhône→lac, suivant le niveau respectif des plans d'eau; de ce fait le canal de Savières peut momentanément au cours de l'année apporter de la pollution dans le lac du Bourget.

Le lac du Bourget reçoit aussi plusieurs écoulements d'importance secondaire tels que le Tillet, le canal du Baron, le ruisseau de Terre-Nue, le canal des Apôtres. Ces écoulements sont secondaires.

L'effort de mesure s'est donc principalement porté sur les trois écoulements superficiels : la Leysse, le Sierroz et le canal de Savières qui ont fait l'objet de prélèvements systématiques de fréquence hebdomadaire durant un cycle saisonnier complet.

Afin d'apprécier l'importance des charges polluantes transitées dans les écoulements secondaires plusieurs sondages ont été opérés dans ceux-ci, sondages dont la fréquence a été voisine de la fréquence saisonnière.

La période de mesures s'est étendue du mois de juillet 1969 au mois de juillet 1970.

5. — Choix des écoulements principaux (figure 2)

L'ensemble du bassin versant du lac du Bourget représente une superficie d'environ 519 km² (non comprise la surface du lac), composé de six bassins hydrographiques :

- le bassin versant de la Leysse 281 km² (55 %)
- le bassin versant du Sierroz 136 km² (26 %)
- le bassin versant du Tillet 40 km² (8 %)

C. GOMELLA

— le bassin versant du ruisseau de Terre-Nue	5 km ² (1 %)
— le bassin versant du mont de la Charve et du mont Landard	57 km ² (10 %).
— le bassin versant de la Chautagne	

Des études précédentes faites pour l'établissement des bilans charges ont montré que plus de 95 % des pollutions urbaines étaient concentrées dans les bassins versants de la Leysse (groupement de Chambéry) et du Sierroz (groupement d'Aix-les-Bains).

Ces constatations ont justifié le choix de ces deux rivières comme écoulements principaux à étudier.

La prise en considération du canal de Savières paraît suffisamment évidente pour ne pas nécessiter de justification.

Un dernier élément a pu être déterminé, c'est l'apport en charges polluantes par les eaux du Rhône lors des crues de ce fleuve.

Le laboratoire d'hydrobiologie lacustre de Thonon a procédé à des mesures lors de la crue de 1968 qui est une crue de fréquence décennale.

Le calcul des charges en nutriments est fait par excès d'une part en retenant les valeurs les plus élevées des teneurs mesurées et d'autre part en considérant que l'augmentation du niveau des eaux du lac, lors de sa crue, est provoquée par le Rhône en négligeant les apports simultanés du bassin versant du lac. Les conclusions qui seront tirées du résultat ainsi obtenu iront dans le sens de la sécurité.

Les eaux introduites dans le lac avaient une teneur de 0,5 ppm en azote et de 0,1 ppm en phosphore.

La crue a provoqué une élévation de 1 m du niveau du lac (ce niveau est enregistré); comme la surface du lac est de 44,6 km², le volume correspondant est de 44,6.10⁶ m³.

Les charges déversées dans le lac par le Rhône sont égales à :

— azote	0,5.44,6.10 ³ = 22 300 kg;
— phosphore	0,1.44,6.10 ³ = 4 460 kg.

Par ailleurs, les charges en nutriments totales contenues dans les écoulements superficiels de toutes origines en provenance du bassin versant du lac sont de :

— azote	1 400 t/an;
— phosphore	210 t/an.

Les charges apportées par une crue décennale du Rhône correspondent respectivement à 1,5 % pour l'azote et 2 % pour le phosphore par rapport aux charges du bassin versant et ce l'année de la crue.

L'apport du Rhône est donc faible en valeur relative.

6. — Méthodologie

Points de prélèvements dans les écoulements principaux.

Pour la Leysse et le Sierroz, le point de prélèvement a été choisi le plus en aval possible dans le bassin de manière à ce qu'il soit dominé par l'ensemble des sources de pollution.

Le point de prélèvement de la Leysse est situé à l'aval du pont de la Nationale 514 B au droit d'un ponceau d'une route secondaire, ce point situé à quelques centaines de mètres de la rive du lac est le point le plus en aval du bassin de la Leysse.

Pour le Sierroz, le point retenu est situé au droit de l'avant dernier pont avant la rive du lac, le dernier pont n'a pas été retenu car les eaux prélevées risquaient de ne pas être représentatives de l'écoulement du Sierroz mais représentatives d'un mélange en proportions variables d'eau du lac et d'eau de la rivière. Là encore, ce point est celui situé le plus en aval du bassin versant du Sierroz.

Pour le canal de Savières, le point de prélèvement est situé au pont de la Nationale 514 à proximité immédiate de la rive du lac, les eaux prélevées à ce point sont représentatives des eaux qui s'écoulent du lac. Lorsque l'écoulement est inverse les eaux sont représentatives de celles du Rhône et reçoivent en outre les pollutions de la zone traversée par le canal de Savières.

La localisation des points de prélèvements est reportée sur la figure 3.

A chaque point de prélèvements l'échantillon était constitué par plusieurs échantillons élémentaires pris sur différentes verticales dans le profil en travers de la rivière. Sur chacune de ces verticales l'eau était prélevée à mi-hauteur.

Fréquence des prélèvements.

Dans le cadre des crédits et des délais d'étude disponibles, il s'agissait d'effectuer un sondage destiné à obtenir un ordre de grandeur des charges transitant dans les écoulements superficiels.

La fréquence de prélèvements a été fixée à un échantillon hebdomadaire par écoulement superficiel, les prélèvements étant décalés d'une journée, d'une semaine à l'autre. Ce décalage d'une journée permet d'éviter une erreur systématique; en effet les jours d'une semaine ne sont pas forcément identiques du point de vue de la pollution. Il a été constaté que les lundi, samedi et dimanche, les pollutions sont sensiblement différentes de celles mesurées du mardi au vendredi inclus.

L'exploitation statistique des résultats a montré que la fréquence hebdomadaire est suffisante dans le cas donné pour obtenir une bonne représentativité des prélèvements.

Mesure des débits.

Il se trouve que les trois écoulements principaux étaient déjà équipés de limnigraphes enregistreurs, ces appareils ayant été mis en place par la Compagnie Nationale du Rhône.

En ce qui concerne le canal de Savières, il n'a pas été possible de pratiquer des mesures directes sur cet écoulement; c'est la courbe de tarage théorique calculée par les services de la Compagnie Nationale du Rhône qui a été utilisée.

Ces débits obtenus à partir de cette courbe de tarage sont par conséquent entachés d'une incertitude qu'il est difficile d'évaluer *a priori* mais qui devrait être voisine de $\pm 10\%$ au moins.

Déterminations analytiques.

L'objet des mesures étant la détermination des charges en nutriments, le programme analytique aurait pu se borner à la mesure des seuls composés de l'azote et du phosphore. Il a été jugé expédient de profiter de cette occasion pour effectuer un programme analytique complet sur chacun des échantillons, l'ensemble de ces résultats pouvant être utilisé pour une tentative de corrélation entre les charges polluantes déversées dans le lac et l'évolution des eaux

octobre 1969 (en période d'étiage sévère il est vrai), la Seine à l'aval de Paris (barrage de Pose) présente des teneurs identiques. Les teneurs en S.E.C. atteignent plusieurs milligrammes par litre.

Ces deux produits ralentissent considérablement la réoxygénation des eaux du lac à partir de l'atmosphère.

Le Sierroz est beaucoup moins pollué, ce qui s'explique par le fait que les effluents du groupement d'Aix-les-Bains sont rejetés directement au lac après traitement. Par temps de pluie, les effluents en provenance du déversoir d'orage placé en tête de station sont eux aussi directement déversés dans le lac sans transiter dans le Sierroz.

La pollution de la rivière provient de la partie amont du bassin versant et des rejets directs de certains effluents d'Aix-les-Bains. L'importance de ces rejets directs semble faible par rapport à la pollution totale du groupement. Il n'en demeure pas moins que les services compétents devront s'attacher dans l'avenir à en réduire le nombre.

Du point de vue salinité, les eaux des deux rivières présentent un faciès carbonaté-calcique très marqué.

Les variations de teneurs des eaux du canal de Savières sont atténuées par rapport aux variations des deux rivières. Il est à noter que les valeurs les plus élevées de pollution — notamment DCO, DBO 5 — correspondent à des eaux du Rhône qui s'écoulent vers le lac.

L'évolution dans le temps des caractéristiques physico-chimiques exprimées en teneur, ne peuvent donner que des indications qualitatives, l'évolution saisonnière est pourtant bien marquée (température, pH notamment) et confirme qu'un bilan charge ne peut avoir de signification que s'il est effectué sur un cycle saisonnier complet de mesures.

8. — Exploitation statistique

Nutrients.

L'exploitation quantitative des résultats n'a porté que sur les quantités d'azote et de phosphore.

S'agissant d'un sondage statistique sur la qualité des eaux des écoulements superficiels, c'est une méthode statistique qui a été utilisée pour le dépouillement des résultats analytiques.

CHARGES EN NUTRIENTS DE LA LEYSSE ET DU SIERROZ.

Les courbes chronologiques ont permis de constater qu'il existait une relation entre le débit et la teneur des eaux en polluants. En un premier temps une corrélation liant ces deux paramètres a été recherchée, il n'a pas été possible d'obtenir des résultats satisfaisants. Par contre la corrélation charges-débit est très significative; elle conduit à la constatation que la charge charriée par la rivière augmente avec le débit. Quelques valeurs concernant une étude de crues (valeurs malheureusement trop rares) confirment bien le phénomène de lessivage avec front de crue très chargé. Les résultats de cette étude font l'objet du tableau 1.

Les corrélations ont porté sur les deux paramètres débit (Q) et charge (Q.t); les droites de corrélation obtenues sont représentées sur des graphiques faisant l'objet :

- pour la Leysse . . figure 4 : azote total, figure 5 : phosphore;
- pour le Sierroz . . figure 6 : azote total, figure 7 : phosphore.

Tableau 1

Charges en azote et phosphore dans la Leysse le 17 juin 1970 exprimées en g/s

DÉSIGNATION	DÉBIT : 25,5 m ³ /s HEURE : 12 h 30	DÉBIT : 20,6 m ³ /s HEURE : 13 h	DÉBIT : 16,3 m ³ /s HEURE : 14 h
Azote ammoniacal (N).	60,40	30,20	15,10
Azote nitreux (N)	0,30	0,37	1,95
Azote nitrique (N)	5,61	8,70	14,67
Azote organique (N)	28,05	25,75	22,39
Azote total (N)	94,36	65,02	56,11
Phosphore total (P)	12,50	7,40	3,90

Les valeurs de coefficient de corrélation linéaire sont bonnes mais sont meilleures pour l'azote que pour le phosphore. Ces valeurs étant comprises entre 0,6 et 0,9, l'exploitation de ces résultats fournira des valeurs représentatives des phénomènes étudiés.

Les corrélations trouvées et les volumes annuels d'eau ont été utilisés pour déterminer les charges annuelles transitant dans les écoulements. La période de mesures s'étend du 9 juillet 1969 au 28 juillet 1970, les charges mesurées pendant cette période ont été ramenées à une année.

Les sondages effectués sur les écoulements d'importance secondaire ont permis de déterminer des charges journalières qui ont été extrapolées à l'année en multipliant ces charges journalières par 365 jours. Ces mesures étaient simplement destinées à vérifier l'importance relative entre les charges des écoulements principaux et celles des écoulements secondaires. Il en a tout de même été tenu compte dans le bilan annuel général de manière à éviter de commettre une erreur systématique.

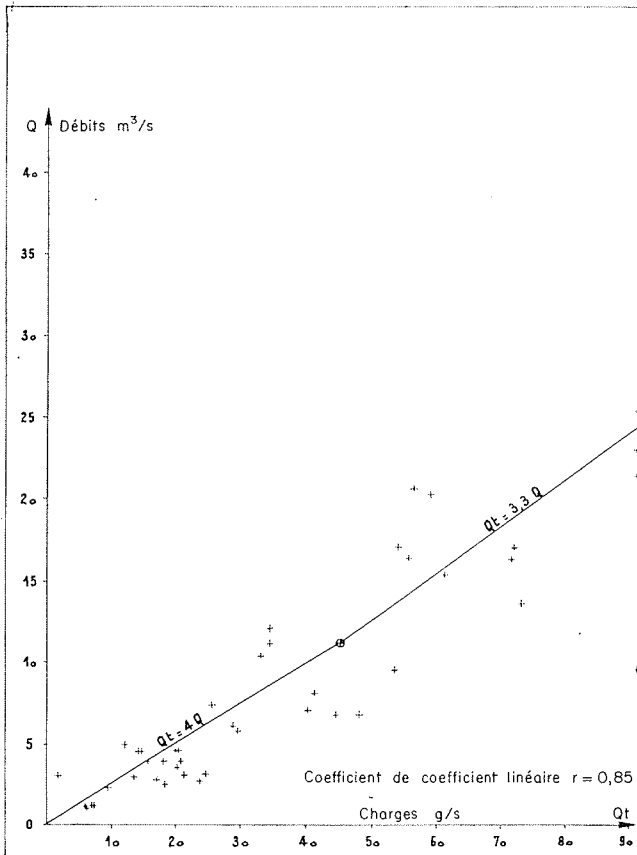
Les résultats des mesures sont résumées dans le tableau 2.

Les résultats ont été présentés pour les trois ensembles d'écoulements en distinguant des tranches de débit pour chacun de ces écoulements de manière à faire apparaître le poids respectif de charges écoulées pour les différentes tranches de débit.

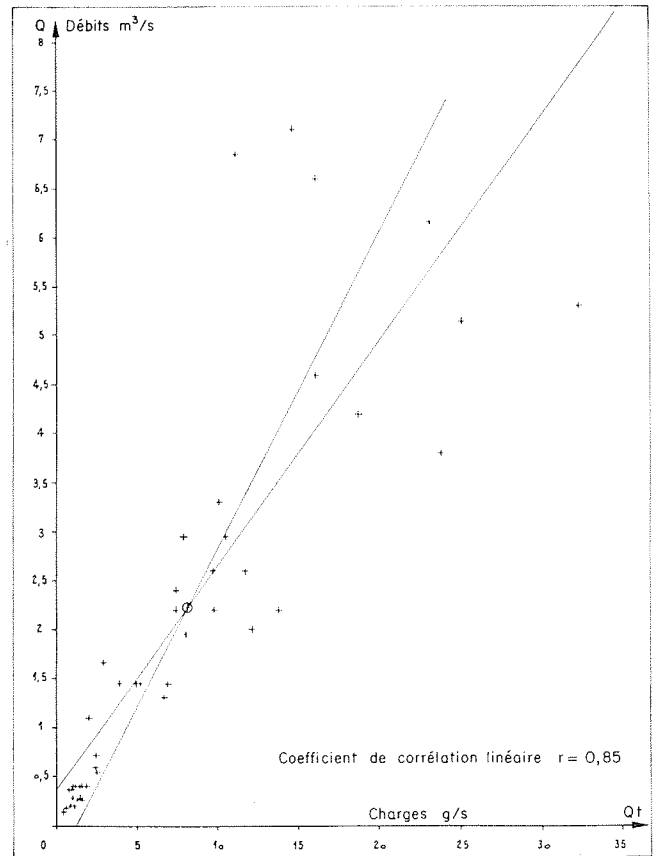
Il se trouve que pendant la période de mesures, le canal de Savières n'a coulé dans le sens Rhône→lac que pendant quelques jours, et chaque fois pour des périodes de temps relativement brèves dont les valeurs étaient environ de l'ordre de grandeur du temps de parcours de l'eau entre le lac et de Rhône. Dans ces conditions, il était difficile de prendre en compte les charges polluantes transitées dans le canal au droit du point de mesures car il était difficile de distinguer celles qui venaient déjà du lac de celles qui venaient du Rhône. De toute façon, ces charges sont d'un ordre de grandeur très secondaire par rapport aux charges mesurées dans la Leysse et le Sierroz et en définitive elles ont été négligées.

CANAL DE SAVIÈRES.

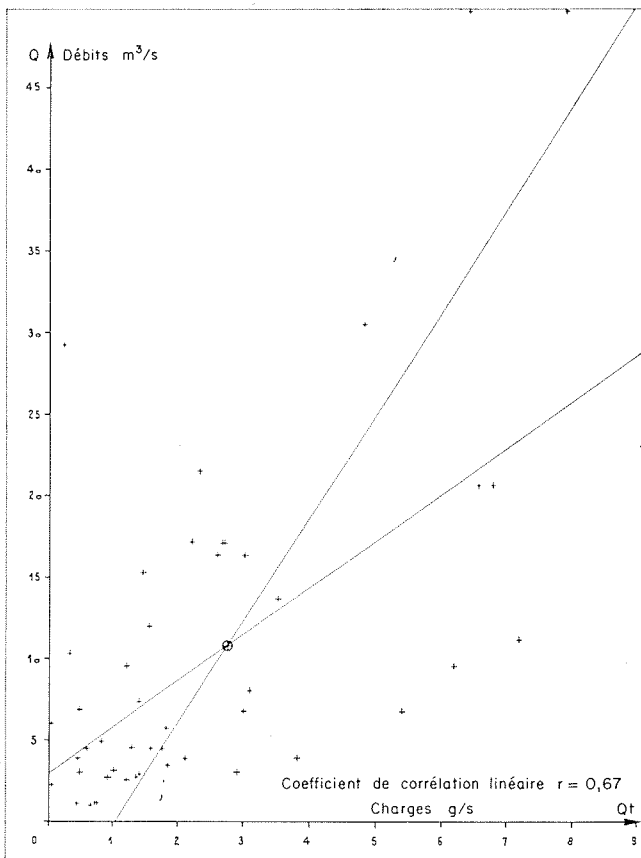
Pour le canal de Savières, il n'a pas été recherché de corrélation linéaire entre la charge et le débit, en effet, les qualités de l'eau sortant du lac ne sont pas fonction de la valeur du débit mais plutôt des phénomènes saisonniers.



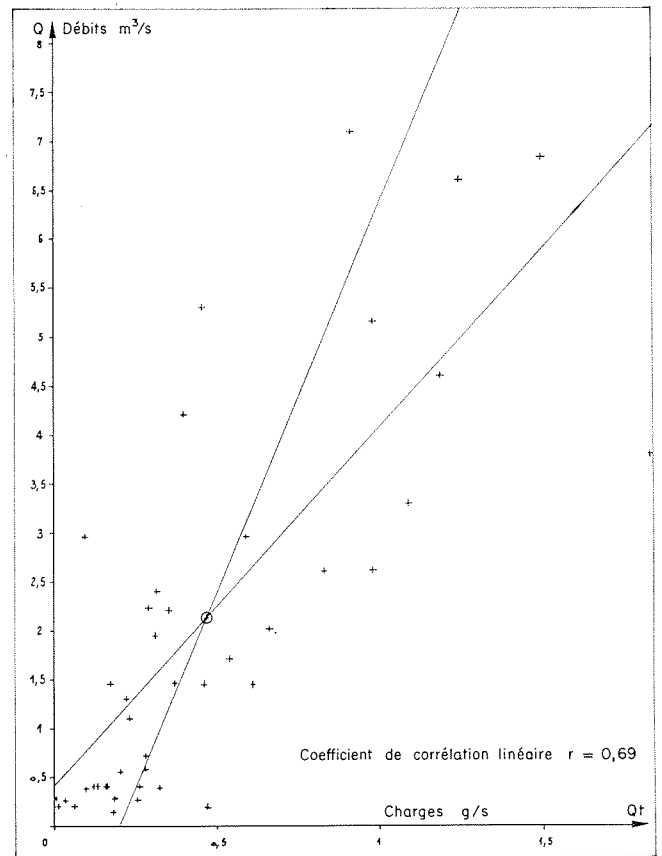
4/ La Leysse. Azote total (N).



6/ Le Sierroz. Azote total (N). $Q_t = 3,5 Q$.



5/ La Leysse. Phosphore soluble (P). $Q_t = 0,25 Q$.



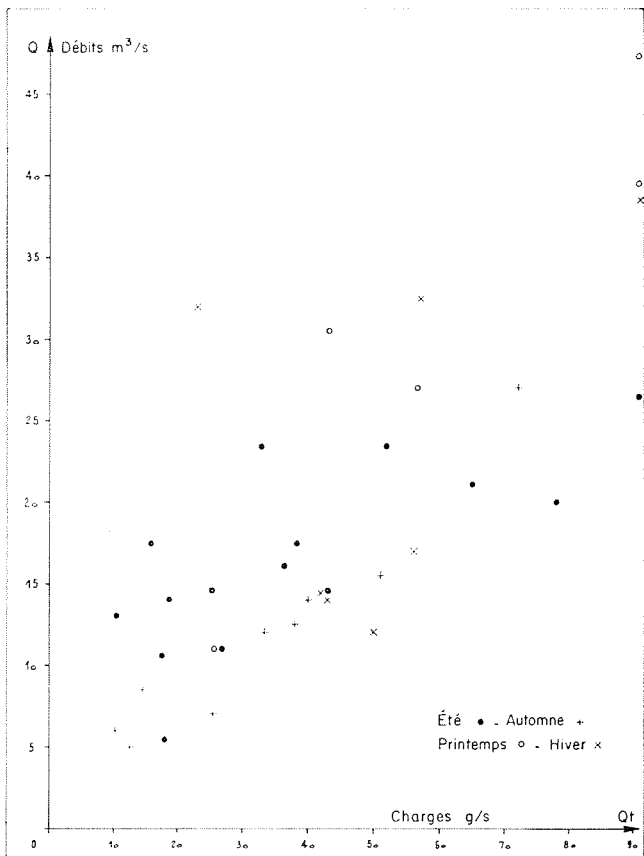
7/ Le Sierroz. Phosphore soluble (P). $Q_t = 0,22 Q$.

Tableau 2

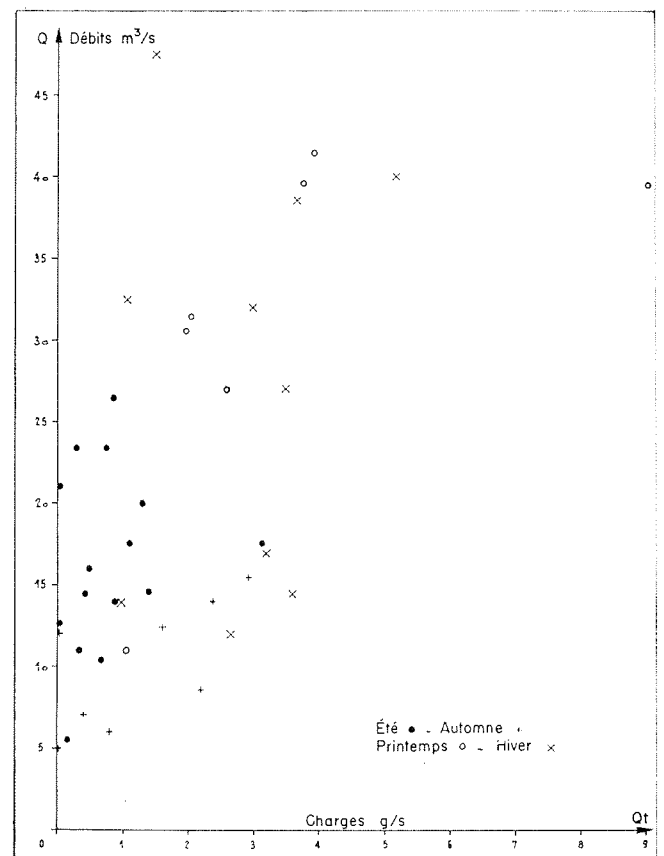
Charges annuelles en nutriments mesurées dans la Leysse, le Sierroz et les écoulements secondaires

DÉSIGNATION	TOTALITÉ DE L'AZOTE (*)			PHOSPHORE TOTAL		
	Tranche de débit (m³/s)	Volume d'eau en 10 ⁶ m³	Charge en N (t/an)	Tranche de débit (m³/s)	Volume d'eau en 10 ⁶ m³	Charge en P (t/an)
Leysse	Q ≤ 11	109	430	Q ≤ 5	40	21
	Q > 11	211	685	5 < Q ≤ 21,5	180	99
				Q > 21,5	100	54
	TOTAL ...	320	1 115	TOTAL ...	320	174
Sierroz	Q ≤ 2,25	14	45	Q ≤ 1	6	3
	Q > 2,25	53	186	1 < Q ≤ 4,6	36	17
				Q > 4,6	25	10
	TOTAL ...	67	231	TOTAL ...	67	30
Ecoulements d'importance secondaire			50			4
Total arrondi			1 400			210

(*) Azote organique et ammoniacal, nitrates, nitrites.



8/ Le canal de Savières (Lac → Rhône). Azote total (N).



9/ Le canal de Savières (Lac → Rhône). Phosphore soluble (P).

Pour illustrer cette affirmation, les charges fonction du débit ont été reportées sur les graphiques :

- figure 8 : azote;
- figure 9 : phosphore.

Sur ces graphiques apparaît une répartition aléatoire des points représentatifs.

La méthode utilisée pour calculer les charges annuelles a consisté à considérer comme représentative d'une semaine la teneur mesurée pendant cette période; cette approximation est légitime car les variations de qualité des eaux du lac sont relativement lentes compte tenu des phénomènes mis en jeu dans le lac.

Les quantités annuelles de nutriments mesurées pendant la même période d'observation que pour les écoulements superficiels sont respectivement égales :

- azote 1 640 t/an;
- phosphore total 125 t/an.

Conclusions

Une détermination systématique directe des charges apportées par les écoulements d'un bassin versant est une opération extrêmement lourde, qui demande des moyens considérables qui peuvent être considérés comme disproportionnés vis-à-vis des objectifs recherchés. Nous avons utilisé une méthode de sondages statistiques qui permet néanmoins d'établir l'ordre de grandeur des apports et par conséquent de donner une base matérielle aux décisions concernant les mesures de protection à prendre et d'élaborer un ordre d'urgence.

Discussion

Président : M. VIVIER

M. le Président remercie M. BALETTE de son fort intéressant exposé sur les « charges externes » apportées au lac du Bourget et demande quelques éclaircissements.

Je connais un peu le lac du Bourget car c'est là que j'ai eu le privilège de débiter avant la guerre dans l'hydrobiologie. J'ai donc connu le lac lorsqu'il était pur et maintenant j'y retourne de temps en temps. Je suis un peu surpris que vous n'avez pas présenté dans votre mémoire un bilan sommaire de la pollution du lac.

Pendant la période où vous avez fait votre étude (c'était je crois, de juillet 1969 à juillet 1970), le canal de Savières servait d'émissaire au lac sauf pendant quelques semaines. Par conséquent, on peut considérer *grosso modo* que ce canal était alors uniquement un émissaire. Or, il est indiqué dans votre rapport que le canal de Savières enlève au lac au total 1 640 t par an d'azote et 125 t de phosphore. Mais il n'arrive par les apports externes que 1 400 t d'azote au total et 210 t de phosphore par an. Cela me surprend un peu car nous avons fait dans d'autres lacs des observations différentes. Aussi bien dans le Léman que nous étudions depuis dix ans à la « Commission internationale de protection du Léman » que dans le lac de Nantua, nous enregistrons un solde positif pour l'azote comme pour le phosphore.

Dans le lac du Bourget que vous aviez étudié, un calcul facile indique un gain annuel de 85 t de phosphore total soit à peu près 1,9 g par m² et par an, ce qui est une quantité normale et comparable à celle que l'on trouve dans le Léman. Mais pour l'azote, le

Un enseignement important tiré de la campagne de mesures est la mise en évidence de la valeur relativement considérable des apports dus aux charges diffuses par rapport aux charges concentrées : plus de la moitié de l'apport annuel pour l'azote, de l'ordre du tiers pour le phosphore total.

Un autre enseignement est l'existence d'une corrélation entre les charges charriées et les débits. On n'assiste pas à une dilution marquée lors de l'augmentation du débit des écoulements; une part importante des charges annuelles est fournie par les crues. Il y a donc effet de stockage en période de précipitation faible puis de lessivage lors des périodes de ruissellement plus marquées.

Ce sont là des points qui méritent d'être confirmés par des études dans d'autres bassins avant qu'il soit possible de procéder à des généralisations qui, pour le moment, resteraient prématurées.

Néanmoins, on peut tout au moins conclure que les problèmes d'assainissement et d'élimination des nutriments et plus généralement de tous les polluants des rejets liquides doivent être examinés d'une façon globale à l'échelle du bassin versant. Une attention particulière doit être portée au devenir des résidus solides provenant de l'épuration des rejets; il faut éviter de les stocker dans le bassin versant lui-même si celui-ci domine des retenues, des lacs, ou des cours d'eau. L'enfouissement profond, l'incinération deviennent ainsi des procédés de choix qui doivent être couplés aux installations d'épuration des rejets liquides, toute réserve faite concernant bien sûr les cheminements souterrains possibles, la pollution de l'atmosphère ou les retombées. Pour ces dernières et pour terminer je signale la possibilité, dans le cas d'un stripping de l'azote sous forme ammoniacale, du retour de ce corps vers les écoulements superficiels du même bassin lors des précipitations atmosphériques.

bilan est négatif, le lac exportant 1 640 t d'azote par an alors qu'il en reçoit 1 400 t. Il y a là un problème.

M. BALETTE précise que l'objet de l'étude confiée à SETUDE, et dont les résultats servent de base à cet exposé, était circonscrit à la mesure des charges polluantes provenant du bassin versant du lac du Bourget, le bilan se faisant entre les charges mesurées à leur source et les charges transitant dans les écoulements superficiels mesurées immédiatement avant leur déversement dans le lac. Les résultats obtenus sont bien représentatifs des phénomènes étudiés mais ne visent pas à opérer un bilan de la pollution du lac lui-même, ce type d'étude doit se faire par ailleurs.

Dans le cadre de l'étude des apports au lac, des mesures ont été effectuées sur les eaux du canal de Savières, de manière à établir un ordre de grandeur des apports éventuels du Rhône au lac; il est apparu que son importance était secondaire vis-à-vis des charges provenant des centres urbains du bassin versant. Cette valeur en ordre de grandeur ne doit pas être utilisée dans un bilan du lac. Les mesures n'ont porté que sur une année alors que le temps de rétention théorique du lac est voisin de six ans. De plus, un bilan du lac nécessite des mesures plus précises du débit du canal de Savières et des mesures plus fréquentes des teneurs en matières polluantes dans le canal.

M. le Président pense que les études sur le lac du Bourget devraient être complétées car les premiers résultats, en ce qui concerne l'azote, divergent de ceux observés sur d'autres lacs. Ainsi, dit-il,

C. GOMELLA

les travaux de la Commission internationale du Lac Léman ont montré que pour ce grand lac, en 1967, le bilan se soldait par un excédent positif de phosphore total de 1 000 t et un excédent de 1 158 t d'azote minérale (parce qu'on avait pas dosé l'azote organique), ce qui fait encore un gros excédent. C'est dire que le Léman, comme le lac de Nantua et sans doute aussi le lac d'Annecy, est un magasin à azote et à phosphore total.

J'ai été très intéressé, ajoute M. le Président, par ce que vous avez dit sur l'augmentation des charges avec le débit. Nous avons observé ce phénomène dans le lac de Nantua où c'est beaucoup plus facile, parce qu'il n'y a comme affluents que deux petites rivières qui ont quelques kilomètres de long. Les charges augmentaient avec le débit, sauf pour l'azote ammoniacal. Cela s'explique assez bien, parce que la ville de Nantua n'a pour ainsi dire pas d'égouts et que, par conséquent, lorsqu'il y a des crues, les déjections étant toujours les mêmes, la teneur en composés ammoniacaux devait diminuer. C'est une observation différente de la vôtre. Mais le réseau hydrologique est très différent au lac du Bourget; dans votre cas, il doit y avoir un lessivage énorme des égouts de la ville lorsqu'il y a des orages.

Est-ce que les stations d'épuration fonctionnent bien ?

Les stations d'épuration, répond M. BALETTE, sont très surchargées, et d'autre part, les réseaux d'égouts sont équipés de déversoirs d'orage. Lors de grandes pluies de fréquence annuelle, le rapport entre les volumes d'eau traités par la station et ceux transitant dans le réseau d'assainissement, est de l'ordre de 20 %; pour une pluie de fréquence décennale, ce chiffre tomberait à 5 %.

Le réseau d'égouts de Chambéry comporte des parties très anciennes et, du fait des « eaux parasites », le volume journalier d'eaux usées par habitant est compris entre 600 et 1 000 l. Ces « eaux parasites » proviennent en partie du fait qu'une portion du réseau d'assainissement est implanté dans la nappe phréatique qu'il draine plus ou moins.

Le nombre élevé de porcheries implantées dans la région conduit à des teneurs en ammoniacque élevées dans les eaux du réseau d'assainissement tandis que la dureté des eaux favorise la concentration en détergent des eaux des affluents du lac (0,5 mg par litre sur la Leysse contre 0,14 pour un affluent type du lac Léman).

Personne ne demandant la parole, M. le Président lève la séance en remerciant tous ceux qui ont contribué à l'animer.

FAC-SIMILE D'UNE VUE PERSPECTIVE DE LA VILLE DE TOULOUSE



remontant à une époque comprise entre 1588 et 1610.

