Étude de la variabilité des éléments nutritifs dans les rivières : exemple de la dranse du Chablais (Haute-Savoie)

Autor(en): **Siwertz, E. / Blanc, P. / Meybeck, M.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences [1948-1980]**

Band (Jahr): **24 (1971)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-739705

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DANS LES RIVIÈRES EXEMPLE DE LA DRANSE DU CHABLAIS (HAUTE-SAVOIE)

PAR

E. SIWERTZ, P. BLANC, M. MEYBECK et Ph. OLIVE [1]

RÉSUMÉ

Une étude des teneurs en éléments dissous dans la Dranse, rivière affluente au Lac Léman, a été effectuée pendant quatre années. Le comportement des éléments dits nutritifs (nitrates, phosphates, silice,...) a été comparé à celui de certains éléments majeurs (chlorures, sodium, potassium,...). On a pu distinguer, suivant les éléments, quatre types de variations:

a) des variations avec le débit instantanné de la rivière,

b) des variations saisonnières,

c) des variations suivant les épisodes hydrologiques (crue, étiage...),

d) des variations à la suite des pollutions.

Il en résulte qu'un bilan rigoureux des éléments dissous transportés par une rivière doit être basé sur un échantillonnage approprié qui tient compte de ces phénomènes.

La protection des eaux de surface nécessite, entre autres, une surveillance serrée de la qualité chimique des rivières afin de contrôler d'éventuelles pollutions et d'établir des bilans précis des apports. Or la composition chimique des eaux fluviatiles est loin d'être constante. Il nous paraît donc indispensable de connaître les différents types de variations. Une telle étude a été réalisée, depuis 1967, sur une rivière affluente au Léman: la Dranse du Chablais.

Le bassin de la Dranse, d'une superficie de 535 km^2 est essentiellement constitué par les formations calcaires des Préalpes du Chablais. D'une altitude moyenne de 1 450 m, ce bassin reçoit chaque année environ 1 600 mm de précipitations qui sont à l'origine d'un débit moyen interannuel de 21 m^3/s (période 1958 à 1968). Le régime est du type nivo-pluvial avec un maximum de débit en mai (fonte des neiges) et un maximum secondaire en novembre (pluies d'automne) [1] et [2]. En été les orages

[1] Centre de Recherches Geodynamiques, 74, Thonon-les-Bains (France) présentés par M. E. Lanterno.

occasionnent parfois des crues soudaines dont les effets peuvent être très importants [3]. L'activité agricole prédomine nettement sur ce bassin surtout tourné vers l'élevage. Les industries y sont encore très peu nombreuses, à l'exception de la zone du delta de la Dranse où est implantée la zone industrielle de Thonon. Les prélèvements ont été réalisés au pont de Vongy en amont des rejets de cette zone.

VARIATION EN FONCTION DU DÉBIT

A la fin du 19e siècle, Forel et Delebecque notaient déjà que « pour le Rhône comme pour la Dranse, la teneur en matière dissoute est fonction inverse du débit ». Nos récentes études, portant sur les éléments majeurs, ont confirmé et précisé cette observation [3] et [4]. Rappelons brièvement ces résultats.

Les éléments majeurs suivants: calcium, magnésium, bicarbonates et sulfates représentent 97 % des éléments dissous dans la Dranse, leur concentration C diminue quand le débit instantané Q augmente, suivant une loi du type (fig. 1):

$$C = a\,Q\,b$$

a et b sont des cœfficients numériques particuliers à chaque élément, b étant toujours négatif. La variabilité la plus marquée s'observe pour les sulfates. Notons que la concentration globale calculée suit la même loi. Ce type de variation s'explique par une dilution des eaux souterraines dans des eaux superficielles beaucoup moins minéralisées. Néanmoins, cette dilution est limitée, même lors de grandes crues [3]. Ceci est dû en partie au fait que la proportion des eaux ruisselées est plus faible que celle qui est généralement admise ainsi que nous l'avons montré par une étude isotopique [5].

Pour ces éléments, en l'absence d'appareil effectuant des prélèvements en continu et asservi à un limnigraphe, les bilans doivent tenir compte de la loi de variation et de la répartition des débits dans l'année. Aussi, à la méthode classique de calcul (moyenne arithmétique des débits dissous mesurés) nous avons préféré [4] une méthode de bilans partiels établis par classe de débit en affectant à chaque classe une concentration moyenne déterminée graphiquement d'après les courbes expérimentales $C = f(Q)$.

VARIATIONS SAISONNIÈRES

Si on tente d'effectuer une corrélation concentration-débit instantané pour d'autres éléments, comme le sodium ou la silice on note une grande dispersion et une corrélation très faible (fig. 2 et 3). Le phénomène principal de variation n'est donc plus la dilution des eaux superficielles dans les eaux souterraines plus chargées. En effet, les eaux souterraines ne sont pas beaucoup plus minéralisées pour ces élé-

DRANSE DU CHABLAIS

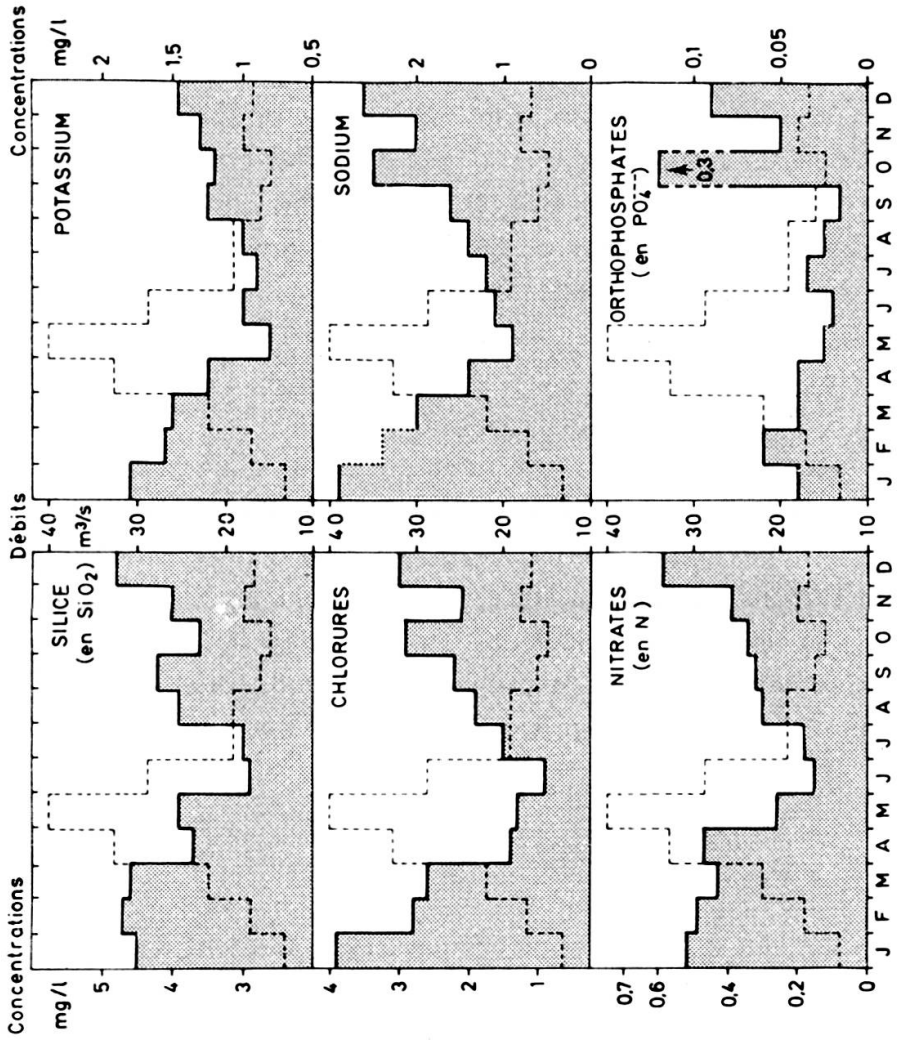

Fig.: 4

—— Concentration moyenne mensuelle interannuelle en mg/l (1967 - 1970)

- - - - Débit moyen mensuel interannuel en m³/s (1958 - 1968)

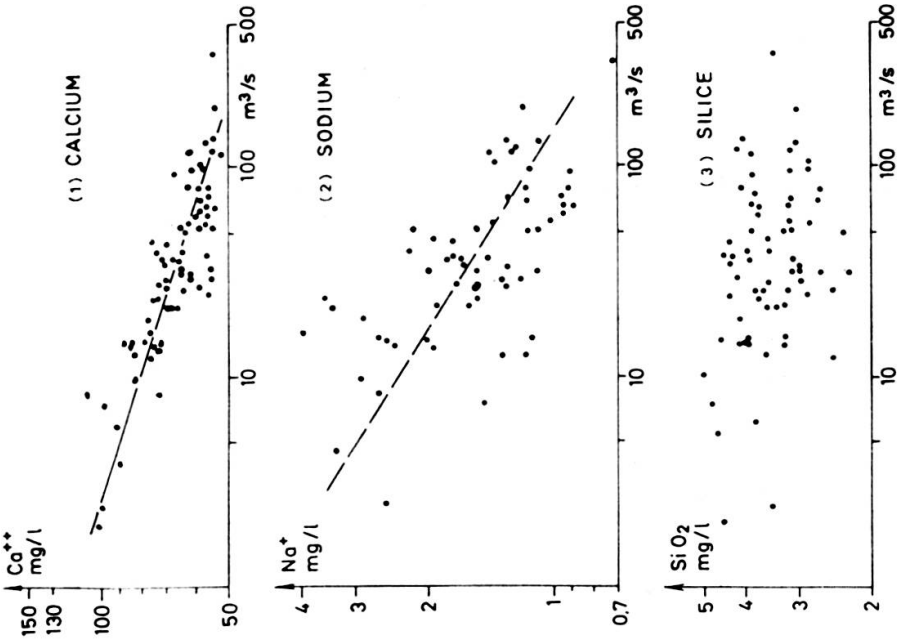

Fig.: 1-2-3

Corrélations concentrations - débits instantanés (1967 - 1971)

ments que les eaux de surface, ainsi que l'atteste l'analyse des sources de la région [6]. Nous avons alors reporté pour chaque mois la moyenne des teneurs mesurées depuis quatre ans pour 6 éléments (fig. 4): sodium, chlorure, potassium, silice, nitrate et phosphate. On note ainsi une variation saisonnière plus ou moins marquée avec pour tous les éléments un maximum au début de l'hiver et un minimum au début de l'été. Comme il peut subsister une légère corrélation concentration-débit (cas du sodium et des chlorures) le minimum d'été peut se trouver décalé vers le printemps.

L'origine de ce phénomène est à rechercher à notre avis, dans la variation de concentration des eaux d'imprégnation des sols. Mais la cause dominante (recharge des nappes par les eaux de fontes des neiges, échanges avec l'humus, variation de température...) n'est pas encore parfaitement claire.

De toute façon il importe de tenir compte de ce phénomène lors de l'établissement des bilans. Il nous semble approprié d'effectuer des bilans partiels sur un mois ou un trimestre en attribuant à chaque période une concentration moyenne déterminée expérimentalement. Pour la silice nous arrivons ainsi à un apport de 2 400 t en choisissant une tranche de calcul de deux mois, au lieu d'un apport de 2 800 t calculé à partir de la moyenne arithmétique des débits dissous, soit 15 % de différence uniquement dus à la façon de calculer.

VARIATIONS LORS DES CRUES

Malheureusement, à ces phénomènes naturels s'ajoutent des variations difficilement prévisibles surtout pour les éléments nutritifs. Les crues qui lessivent les terrains du bassin peuvent être à l'origine de concentration particulières, généralement plus fortes que la moyenne mensuelle d'où l'importance essentielle de ces phénomènes dans l'établissement de bilans précis. Ainsi la crue de fonte de neiges du 19 avril 1970, qui fut la première de l'année, a fortement lessivé les prés recouverts de fumures et la teneur en nitrate est passée de 0,6 mg de N/l à 1,3 mg de N/l. Une étude approfondie des apports des 4 crues principales de 1970 nous a permis d'effectuer un bilan aussi précis que possible pour cette année. C'est ainsi que les quatre jours de la crue du 19 avril 1970 ont apporté 72 tonnes de nitrates exprimés en azote, soit 12 % de l'apport annuel. L'augmentation des nitrates, lors des crues, semble être liée aux fumures. L'état des sols influe donc alors fortement sur les teneurs mesurées.

BOUFFÉES DE POLLUTION

Nous avons noté parfois des teneurs très supérieures à la normale en dehors de tout épisode hydrologique particulier. Il s'agit vraisemblablement de pollutions et ce phénomène a été remarqué pour différents éléments durant l'année 1970. Ainsi

les ortho-phosphates solubles ont été dix fois plus élevés (0,3 mg de PO_4/l) le 19 octobre 1970 que la moyenne interannuelle de ce mois (0,03 mg de PO_4/l). La demande biologique en oxygène (DBO) était également anormalement élevée (supérieure à 12 mg/l d'O_2 consommés). Pour l'ammoniaque, les teneurs observées lors de la vidange du barrage du Jotty étaient de 0,9 mgN/l soit près de 50 fois plus que la normale (0,02 mgN/l). Cette vidange a apporté en quelques jours au Léman environ 20% de l'apport annuel en ammoniaque.

Cette grande variabilité a été observée pour de nombreuses rivières de la région alpine. Ainsi les travaux de la Commission de protection du Lac de Constance [7] ont mis en évidence sur le Rhin alpin des variations de 150% du phosphore ou de l'azote dans la même journée sans que le débit ait notablement changé. Les mêmes types de variations, notamment des augmentations lors des crues ont été observés sur le bassin versant du Lac d'Annecy dont l'étude est en cours. Signalons enfin le rôle important joué par le salage hivernal des routes dans le bilan du chlorure de sodium.

CONCLUSIONS

A l'heure où la qualité des eaux courantes préoccupe de plus en plus les hygiénistes, les écologistes et les limnologues il nous semble utile de préciser les points suivants:

— La composition chimique d'une rivière est très variable, même dans nos régions tempérées. Aux variations naturelles et régulières dues aux débits ou à la saison, s'ajoutent maintenant des variations brusques et imprévisibles dues à la présence humaine, particulièrement pour les éléments nutritifs azotés et phosphorés.

— Des écologistes ont proposé récemment une classification chimique [8] des rivières. En plus de la teneur moyenne annuelle utilisée il nous semble important de considérer les valeurs extrêmes pouvant être observées dans la rivière. Ainsi pour le Rhône la teneur en sulfates va de 27 mg/l à 130 mg/l et couvre 4 échelons sur les 7 proposés dans cette classification [8], de même les teneurs en sulfates pour la Dranse (12 mg de SO_4/l à 150 mg de SO_4/l) placent cette rivière dans 5 échelons de cette même classification.

— Pour chaque élément il faut d'abord s'attacher à déterminer les lois de variations afin d'élaborer un échantillonnage et un mode de calcul appropriés. Malheureusement pour les éléments nutritifs en l'absence d'analyses *in situ* et en continu, ou de prélèvements intégrés en fonction du débit écoulé, les bilans sont entachés d'erreurs importantes.

— Les crues doivent être particulièrement surveillées surtout celles qui arrivent les premières après une période de sécheresse, ou de fumure des terrains cultivés.

Mais il subsistera encore des « bouffées de pollution » ayant échappé à l'observation. Nous n'avons pu étudier au plus qu'une crue bi-décennale [3], quel serait l'effet d'une crue centenaire qui a toutes les chances d'échapper à l'observation ?

— Enfin l'étude des matières organiques et minérales en suspension, de la matière organique dissoute, et des échanges entre ces différents éléments, nous semblent essentiels comme le montre une récente étude des interactions argiles-matières dissoutes [9]. Dans cet esprit, le phosphore des suspensions minérales arrachées au bassin versant doit également être pris en ligne de compte. Si on songe que la Dranse apporte environ 500 t de P en suspension par an au Léman, il suffit qu'une faible partie de cet apport se dissolve pour atteindre les apports en solution évalués à 13 t de P en 1970.

Du point de vue plus général de l'étude du milieu naturel, on remarque, une fois encore, que les études doivent être menées à toutes les échelles, à l'échelle d'espace depuis le bassin versant jusqu'aux échanges interparticulaires, à l'échelle de temps depuis les phénomènes naturels exceptionnels jusqu'aux pollutions très rapides.

BIBLIOGRAPHIE

[1] ARDESTANI, H. (1965). Monographie hydrologique du Bassin de la Dranse d'Abondance, Thèse d'Ingénieur-Docteur, Paris.

[2] SAYAR, M. (1966). Etude géologique, hydrologique, hydrogéologique, limnologique, hydrochimique du bassin de la Dranse de Morzine, Thèse 3e cycle, Paris.

[3] HUBERT, P., E. MARIN, M. MEYBECK, Ph. OLIVE et E. SIWERTZ (1969). Aspects hydrologique, géochimique et sédimentologique de la crue exceptionnelle de la Dranse du Chablais du 22 septembre 1968, *Arch. Sciences*, Genève, 22, 3, pp. 581-604.

[4] MEYBECK, M. (1970). Bilan hydrochimique et géochimique du Lac Léman, Thèse de 3e cycle, Paris.

[5] CROUZET, E., P. HUBERT, Ph. OLIVE, E. SIWERTZ et A. MARCE (1970). Le tritium dans les mesures d'hydrologie de surface. Détermination expérimentale du cœfficient de ruissellement, *Journal of Hydrology*, *11*, pp. 217-229.

[6] BLAVOUX, B. (1965). Les sources minérales d'Evian, Thèse de 3e cycle, Paris.

[7] INTERNATIONALE GEWASSERSCHUTZ COMMISSION FUR DEN BODENSEE, 1967, n° 6.

[8] NISBET, M. et J. VERNEAUX (1970). Composantes chimiques des eaux courantes, *Annales de Limnologie*, *6*, pp. 161-190.

[9] MARTIN, J. M. (1971). Contribution à l'étude des apports terrigènes d'oligoéléments stables et radioactifs à l'Océan, Thèse de Doctorat d'Etat, Paris.

[10] Nous remercions l'Agence financière de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse pour sa participation au financement de cette étude, ainsi que A. Noir qui a collaboré à la réalisation des analyses chimiques.