

APERÇU DES RELATIONS ENTRE LA CHIMIE DES EAUX ET LA SÉDIMENTATION DANS LE LAC DE NANTUA (AIN)

par S. SERRUYA, M. ROMANENS et A. ORAND (1)

I. N. R. A. Station d'Hydrobiologie Continentale de Paris.

Bien que situé dans une région touristique, sur le futur axe Paris-Turin par le tunnel du Mont Blanc, le lac de Nantua n'a pas fait l'objet d'études systématiques depuis de nombreuses années. Cependant, ce lac est d'un grand intérêt scientifique car il est un exemple remarquable de l'eutrophisation récente d'une nappe lacustre. Cette évolution explique l'invasion des eaux par une algue caractéristique, *Oscillatoria rubescens*, signalée par L. LÉGER pour la première fois en 1921 mais qui n'était pas mentionnée dans l'inventaire du phytoplancton de R. Chodat en 1898.

L'évolution que l'on a constatée depuis le début du siècle est très probablement liée à l'activité humaine, d'où l'intérêt d'utiliser ce lac comme modèle d'étude du mécanisme d'eutrophisation. Les conclusions de cette étude conduiraient éventuellement à envisager des mesures de correction.

Depuis deux ans une équipe de travail rattachée à la Station d'Hydrobiologie Continentale de Paris a entrepris, financées par la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique, des mesures systématiques régulières dans les eaux ainsi que dans la vase et les sédiments du fond.

Le résultat de ce travail nous a permis de comprendre le fonctionnement actuel du lac de Nantua, son milieu physique et biochimique. Nous allons exposer l'état de ce milieu à plusieurs moments importants dans le cycle du lac, la valeur et les relations entre eux des paramètres les plus déterminants.

(1) Avec la collaboration technique de M^{lle} C. DELLANDES, de M^{me} O. CONTAMINE et de M. J.-A. GAGNAIRE.

Nous commençons donc par voir ce qui s'est passé au début de l'année dernière en nous basant sur les mesures faites la première semaine de janvier 1964 où la température de l'air était de $-6^{\circ},5$. Cette température basse refroidissait la couche supérieure du lac et peu à peu toutes les eaux, de la surface au fond, se sont trouvées à une température constante de l'ordre de $3,3^{\circ}$ et ceci dès la fin février. Les eaux du fond ne se refroidissaient pas davantage contrairement à la couche superficielle qui arrive à geler. Cette égalisation des températures entraîne une homogénéisation



Photo « La Cigogne », Lyon.

LE LAC DE NANTUA

Vu de la route de Port.

des densités ce qui permet, phénomène bien connu, une intense circulation favorisée par les vents. Le facteur vent est très important dans ce lac au point que, ce dernier hiver, on a vu geler du côté de Nantua la partie située face au Parc, exposée aux vents dominants, alors que celle, près du Monument des Déportés, pourtant beaucoup moins ensoleillée, restait libre de glace.

Une conséquence directe de l'uniformité de la température est une teneur en oxygène identique en toutes profondeurs : 8,8 à 10 mg/l, ce qui représente un taux de saturation de 60 à 80%. De même, la composition chimique de l'eau ne varie pas de la surface au fond. Les eaux ne sont pas loin du point de neutralité (pH compris entre 7,2 et 7,6). Le potentiel d'oxydo-réduction ne varie pas non plus. A toutes profondeurs la quantité de sels dissous est identique : les mesures de conductivité sont comprises entre 340 et 350×10^{-6} micro-mhos/cm à 25° .

Notons enfin que l'hiver représente un minimum dans la courbe du plancton. La transparence mesurée au disque de Secchi est par conséquent maximum, elle atteint 2,20 m à cette époque.

L'hiver est donc une période où les eaux du lac de Nantua ne sont influencées par aucun déséquilibre physique ou chimique : toute la masse d'eau ayant même température et même conductivité a une densité et une viscosité uniformes. Par conséquent les matières en suspension telles que la matière organique, les particules d'argiles, les cristaux de calcité,

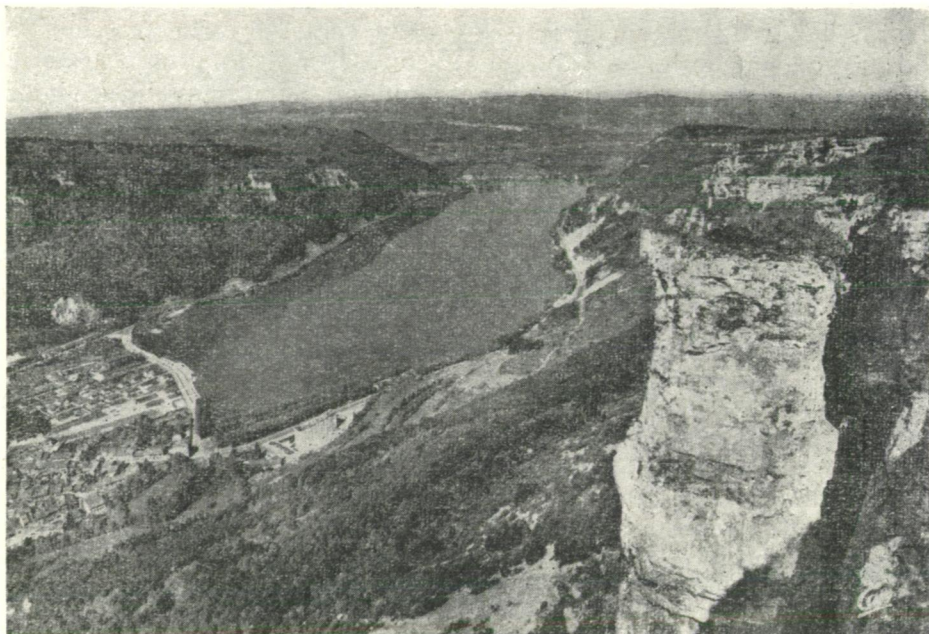


Photo « C^o des Arts Photomécaniques », Paris.

LE LAC DE NANTUA

Vue panoramique sur les monts d'Ain depuis la Colonne.

tombent en pluie à une vitesse régulière et vont se sédimenter dans un milieu nettement oxydant. La couche sédimentaire qui se forme à ce moment contiendra peu de matières organiques, et les minéraux authigènes seront des carbonates ou des oxydes ; il ne se formera aucun sulfure et on aboutira au dépôt d'une couche relativement claire.

A mesure que la température de l'air augmente, la couche d'eau superficielle du lac se réchauffe ; de 3,2° en février 1964 nous passons à 9,4° à fin avril, à 18° au début juin et à 20,1° en juillet. Les eaux ont gardé cette température de 20° jusqu'au mois de septembre, mais il s'agit là des températures de la couche superficielle car après la première dizaine de mètres il y a une chute très marquée de la température qui n'est que de 9,6° et les eaux du fond du lac ont très peu varié depuis l'hiver : on retrouve des températures de l'ordre de 4 à 5°.

L'augmentation de la température de la couche superficielle ou épi-

limnion, a favorisé un autre phénomène, biologique celui-ci, la poussée du plancton qui n'a lieu que dans les 4 à 5 premiers mètres. Le réchauffement de l'eau et la croissance du plancton sont deux phénomènes qui absorbent la presque totalité de l'énergie solaire qui ne s'est pas réfléchi à la surface du lac. En conséquence, une faible quantité de chaleur seulement arrive à pénétrer en profondeur et peu à peu se crée un déséquilibre thermique profond entre la couche superficielle de l'eau et le fond du lac. Au mois de mai, après la première poussée planctonique, ce déséquilibre est de plus en plus accusé. Ainsi au maximum de la stratification thermique, au mois d'août 1964, on a eu, pour un point au milieu du lac de profondeur 42 m, une première couche vers 20° entre la surface et 5,50 m, une couche intermédiaire entre 6 et 10 m à une température de 8,8° et enfin à partir de 15 m, un hypolimnion, d'une température homogène située à cette époque autour de 5,4°.

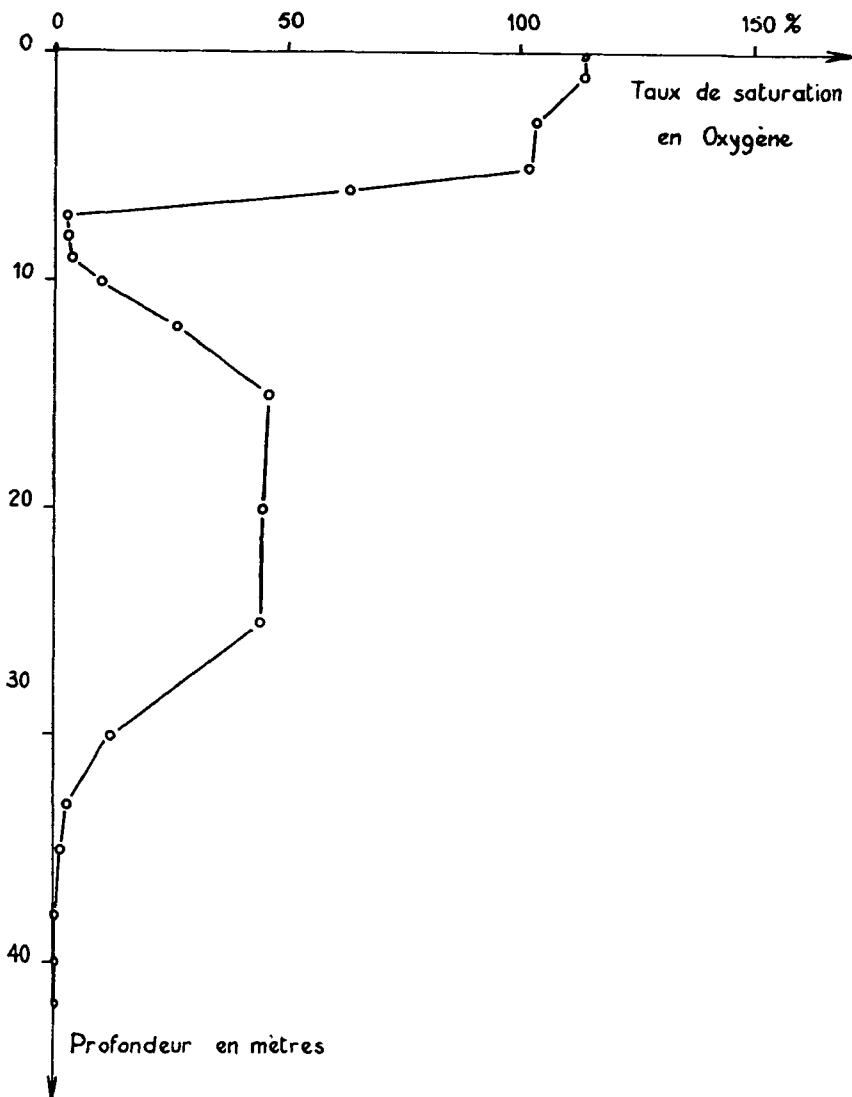
C'est aussi en été que la précipitation des carbonates passe par un maximum. En effet la synthèse carbonée du phytoplancton déplace l'équilibre des bicarbonates : il y a décomposition des bicarbonates solubles en CO² immédiatement utilisé par les algues et en carbonates insolubles qui précipitent. Les flocons de calcite arrivent donc au fond dans un milieu pauvre en matière organique et en sulfure ; on a formation d'une couche blanche.

À la fin de la période de stratification thermique, deux lacs se trouvent superposés presque sans communication. En effet la densité et la viscosité de la couche superficielle chaude est beaucoup plus faible que celle de l'hypolimnion. Cette zone intermédiaire ou métalimnion est, à cette époque, de juillet à septembre 1964, presque totalement dépourvue d'oxygène. Le graphique de la page 9 représente la variation de l'oxygène depuis la surface jusqu'au fond pour un point au milieu du lac pendant le mois de septembre 1964.

Nous interprétons cette courbe de la manière suivante : la matière organique qui arrive de la surface du lac, faite principalement d'algues mortes, est arrêtée dans la zone de passage par freinage mécanique (augmentation brusque de la densité et de la viscosité de l'hypolimnion froid). Cette concentration importante et le séjour prolongé de la matière organique à ce niveau provoquent le développement de bactéries aérobies qui amorcent la catabolisme des matières azotées et dans une moindre mesure le découpage des chaînes de cellulose. On a donc là un début de minéralisation très important dans la physiologie de ce lac. Nous ne savons pas encore quel est le degré d'attaque des constituants organiques ni le temps nécessaire à cette dégradation. Mais les mesures de 1965 ont été particulièrement orientées dans cette voie.

Au fond du lac, le déficit en oxygène de l'hypolimnion, dû au manque de brassage général que nous avons décrit plus haut, est accentué par la chute vers le fond de quantités importantes de la cyanophycée *Oscillatoria rubescens* qui n'ont pas eu le temps de se dégrader dans la couche intermédiaire ou métalimnion. Mais c'est en automne que ce déficit en oxygène est le plus grand. Si en juillet 1964 on n'a pas trouvé d'oxygène au point

le plus profond vers 40 m, en août c'est à partir de 35 m que l'oxygène disparaît et en septembre cette limite a remonté à 30 m pour arriver en décembre 1964 à 27 m. Ce déficit est tel que la matière organique ne peut



LAC DE NANTUA

*Variations de la teneur en oxygène.
(Septembre 1964)*

plus être oxydée : l'interface vase-eau a alors des valeurs de potentiel d'oxydo-réduction négatives (— 55 mv à fin septembre 1964) et la matière organique s'accumule à peine dégradée par des fermentations anaérobies. Il se forme alors des sulfures de fer et la micro-couche qui se dépose est noire.

En résumé, dans les conditions physiques et biochimiques actuelles, on a une alternance dans les dépôts due aux conditions successivement oxydantes et réductrices du milieu de sédimentation. De façon générale, à une période froide avec des eaux homogènes, correspond une couche claire oxydante; à un début de réchauffement, coïncidant au printemps avec une poussée planctonique, correspond une couche blanche suivie d'une couche noire après la tombée des « fleurs d'eau », couche noire réductrice qui s'épaissit de tous les apports de matière organique de la fin de l'été et de l'automne.

Cette propriété de constituer des dépôts alternés ou varves, traduisant les conditions physiques et biochimiques des eaux, nous sert à étudier dans le passé les caractères des eaux des périodes révolues, qui ne sont plus mesurables actuellement. De cette manière, en étudiant la vase et les sédiments, on arrivera à reconstituer l'histoire ancienne de ce lac pour essayer de connaître quelles sont les causes exactes des modifications qui ont eu lieu. C'est qu'alors qu'il sera possible d'envisager des remèdes efficaces.
