

THESE

présentée à

l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris

par

Michel LAFFORGUE

pour l'obtention du titre de

Docteur

en

Hydrologie et Hydrogéologie Quantitatives

**MODELISATION DU FONCTIONNEMENT
D'UN ECOSYSTEME LACUSTRE :
LE LAC D'AYDAT**

Soutenue le 16 juillet 1990 devant le Jury :

L. MASBERNAT

P. HUBERT

J. DEVAUX

A. DAUTA

C. LANCELOT

M. POULIN

Président

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Examineur

Examineur

(I M F T)

(Ecole des Mines de Paris)

(Univ. de Clermont Ferrand.)

(Univ. Paul Sabatier)

(Univ. Libre de Bruxelles)

(Ecole des Mines de Paris)

Résumé

MODELISATION DU FONCTIONNEMENT D'UN ECOSYSTEME LACUSTRE : LE LAC D'AYDAT

Dès 1984, le lac d'Aydat, situé dans le parc des volcans d'Auvergne (France), a fait l'objet d'une étude pluridisciplinaire dans le but d'appréhender le développement planctonique dans son contexte physique et géochimique. Une quantité importante de mesures a été recueillie dans les différents domaines scientifiques lors de campagnes de terrain au pas de temps hebdomadaire, voire journalier lors d'épisodes critiques. Les données météorologiques et thermiques ont été enregistrées au pas de temps horaire.

Un modèle numérique monodimensionnel vertical des comportements thermique et hydrodynamique a d'abord été élaboré. Il prend en compte les échanges avec l'atmosphère, le rayonnement direct du soleil et les apports de la rivière. La rivière entre à la profondeur à laquelle les eaux du lac et de la rivière sont à la même densité. L'établissement de bilans en tout point de la colonne d'eau permet d'estimer les échanges verticaux advectifs. Le modèle intègre les mélanges dus aux courants de surface ou en profondeur, aux cellules de Langmuir, aux ondes et seiches internes et à la turbulence, par le biais d'un coefficient de dispersion. Celui-ci dépend de la vitesse du vent ainsi que de la stratification thermique du lac. Le mélange par convection libre a également été pris en compte: il intervient lorsqu'une couche d'eau froide se situe au-dessus d'une couche plus chaude. La convection libre conduit alors à un retour à la stabilité de la colonne d'eau.

Une double calibration de ce modèle a été menée à bien pour l'année 1984. Elle a d'abord été effectuée sur le bilan d'énergie du lac, puis sur les profils verticaux de température qui étaient mesurés au centre du lac. Il a ainsi été possible de quantifier les échanges verticaux, advectifs, dispersifs et convectifs. La validation a été effectuée avec les données de l'année 1985.

Ce travail a servi de base à la réalisation d'un modèle de dynamique phytoplanctonique. Celui-ci permet, pour deux périodes de 30 semaines, de mai à Octobre en 1984 et 1985, de simuler la succession des espèces dominantes de phytoplancton du lac d'Aydat (diatomées, Chlorophycées et cyanophycées). Les taux de croissance ont été mesurés en laboratoire en fonction de la lumière et de la température pour trois des cinq espèces étudiées. Les taux de croissance des deux autres espèces ont été obtenus à partir des résultats de

la littérature. Leur dynamique est simulée en fonction des variables physiques (lumière, température, vitesse du vent, profondeur de la couche bien mélangée, flux verticaux ...), géochimiques (phosphore, nitrates, silice, oxygène, pH) et biologiques (prédation zooplanctonique, production allélopathique). Les nitrates, le pH et la profondeur de l'oxycline sont utilisés comme fonction de forçage. Outre le phosphore des cellules algales, le phosphore est simulé sous deux formes: phosphore réactif soluble et phosphore organique. Le phosphore réactif soluble s'adsorbe en partie sur les composés ferriques qui précipitent dans la zone oxygénée du lac. Inversement, il y a relargage des orthophosphates à partir des sédiments anoxiques. La silice dissoute est consommée par les diatomées. La silice particulaire des sédiments se solubilise et alimente le compartiment silice dissoute.

Un tel modèle restitue bien l'évolution de la biomasse totale et la succession planctonique ainsi que les variations des concentrations en phosphore total et silice tant en surface qu'au fond du lac.

Le modèle confirme le rôle-clef du phosphore sur le développement algal. Le phosphore s'accumule pendant l'été dans l'hypolimnion d'où il peut alimenter les couches de surface grâce aux échanges verticaux.

Il apparaît que les variables physiques, chimiques et biologiques ont une influence variable sur chacune des espèces phytoplanctoniques. Ainsi les diatomées sont-elles particulièrement sensibles à la disparition de la silice et des nitrates, le nanoplancton à la prédation zooplanctonique et les cyanophycées à la concentration en phosphore. Le modèle met en évidence que la stabilité de la colonne d'eau favorise le développement des cyanophycées, celles-ci pouvant alors se placer à la profondeur la plus favorable pour leur croissance. La stabilité de la colonne d'eau défavorise par contre le développement des diatomées.

Il a également été possible d'évaluer les flux de phosphore dans le lac. Nous avons ainsi montré l'influence de la rivière, des coups de vent et de la convection libre sur la répartition du phosphore au sein de la colonne d'eau, et donc sur la production primaire.

MOTS CLEFS :

Lac, Eutrophisation, Modélisation, Température, Hydrodynamique, Dynamique planctonique, Phosphore, Silice.