

Isabel Kiefer
Sciences et Ingénierie de l'environnement
isabel.kiefer@epfl.ch

Prix « François LANCOUD » de l'ARPEA

Résumé du Projet de Master intitulé :

Analysis of Chlorophyll variability in Lake Geneva using Remote Sensing Techniques

Étant un des plus grands lacs d'Europe, le Lac Léman joue un rôle majeur en tant que source d'eau potable et de nombreuses activités exigent une eau de bonne qualité. La croissance industrielle du 20^{ème} siècle a provoqué – entre autres – une augmentation abrupte de la concentration en phosphore dans le lac. La biomasse d'algues avait rapidement augmenté, diminuant dans un même temps la transparence de l'eau. Les proliférations d'algues étaient alors plus fréquentes en été et certaines populations de poissons diminuaient dramatiquement.

Une série de mesures prises par la Confédération à partir des années 1970 a permis de limiter les concentrations en nutriments à la source et d'interdire le phosphore dans les détergents, menant à une réduction drastique de ces éléments dans le Lac Léman. Malgré une amélioration conséquente de la qualité de l'eau, la masse de phytoplancton semble avoir augmentée depuis 1974.

La surveillance continue de la qualité de l'eau du lac est d'une immense importance pour des raisons économiques et écologiques. La Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman, CIPEL, dirige des mesures in-situ bimensuelles en deux points du lac. La variabilité spatiale n'est ainsi pas prise en compte et la variabilité temporelle ne peut être examinée que de manière limitée. Les techniques de télédétection offrent ici des nouvelles possibilités de contrôle global de la qualité de l'eau.

Ce projet a examiné la variabilité des concentrations en phytoplancton dans le Léman, considéré comme étant un indicateur de la qualité d'eau. C'est plus précisément la concentration en chlorophylle qui a été mesurée, puisqu'elle est le principal pigment photosynthétique du phytoplancton. Ce pigment ayant des propriétés optiques bien spécifique, il est facilement observable avec les méthodes de télédétection.

L'analyse fut réalisée sur la base de 625 images satellites du capteur MERIS de la mission ENVISAT de l'Agence Spatiale Européenne, ESA, de l'année 2002 à l'année 2012. Après l'extraction des concentrations en chlorophylle, les résultats ont été comparés aux mesures in-situ de la CIPEL. Trois périodes annuelles de croissance accentuée ainsi que deux zones du lac ayant une forte variabilité en chlorophylle ont pu être délimitées.

Lors de la dernière étape, un deuxième set d'images du capteur AVHRR des satellites NOAA et MetOp a été utilisé pour l'analyse des variations spatiales en température de l'eau de surface du lac. En comparant ces images avec les résultats de l'analyse des concentrations en chlorophylle, deux différentes relations ont pu être observées.

Au *début de la phase de croissance*, durant les mois de mars et avril, la colonne d'eau est encore homogène et bien mélangée. Le phytoplancton tend alors à se développer plus fortement dans des *zones ayant une température de surface plus grande que la moyenne du lac*. Lorsque la stratification thermique est plus marquée et que la première grande prolifération d'algues au printemps s'est déjà produite, les nutriments nécessaires à leur croissance sont fortement épuisés dans la couche de surface. Durant les *mois d'été*, une nouvelle prolifération exige donc préalablement un apport en nutriments depuis les couches plus profondes. Le phénomène d'« upwelling », engendré par des événements de fort vent, semble à ce moment de l'année être à l'origine d'une croissance accrue de phytoplancton. L'eau froide des couches plus profondes remonte vers la surface en amenant des nutriments. Ainsi – durant la période estivale – il semble que *les zones plus froides que la moyenne du lac* possèdent une plus grande concentration en chlorophylle.

Ce travail a permis de mieux comprendre certains aspects de la dynamique physique et écologique du Lac Léman et de clarifier la relation entre eux. Il a également montré la puissance des techniques de télédétection comme outils de surveillance de la qualité de l'eau du lac. Ces techniques sont de plus en plus utilisées en complément ou en alternative des mesures in-situ, permettant une analyse plus complète de la spatialité et de la temporalité des phénomènes, tout en montrant des avantages économiques. Alors que l'application de la télédétection dans l'observation des océans est déjà répandue, son utilisation pour les lacs reste pour l'instant assez novatrice. Ce travail montre que cette technique est bien utilisable dans le cas du Lac Léman.

Un des buts de L'ARPEA est de protéger la qualité de l'eau. La thèse présentée partage ce même objectif en étudiant la dynamique physique et écologique du Lac Léman et offre une approche originale et prometteuse à travers l'utilisation des méthodes de télédétection. Ses conclusions pourraient servir à repenser la surveillance de la qualité des eaux du Léman et d'autres grands lacs du monde, justifiant son inscription au prix « François LANCOUD » de l'ARPEA.