

## Le projet Léman-Baïkal : Analyser la qualité de l'eau par les airs

**Le but du projet Léman-Baïkal, coordonné par le Centre de Limnologie de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, est de comparer la qualité des eaux du Léman en Suisse et du lac Baïkal en Russie grâce à de nouvelles technologies. A cette fin, les chercheurs suisses et russes utilisent des engins motorisés ultra-légers (ULM).**

NATACHA TOFIELD PASCHE

En général, on considère que la qualité d'eau est bonne quand celle-ci ne dégage pas d'odeurs désagréables, n'est pas de couleur brune ou verte, et n'est pas envahie par des algues et des plantes aquatiques. Mais en fait, la qualité de l'eau d'un lac peut être évaluée par l'analyse de différents paramètres physico-chimiques comme : la transparence de l'eau ainsi que les concentrations en chlorophylle a, en matières en suspension et en phosphore. L'apport massif de matières en suspension et de nutriments dus aux activités anthropogéniques est le principal facteur de la dégradation des lacs, qui entraîne une prolifération excessive des algues. C'est le processus d'eutrophisation des lacs.

Pour estimer et comparer la qualité des eaux des lacs Léman et Baïkal, une équipe de chercheurs suisses et russes détermine les concentrations en matière en suspension, chlorophylle a et substances organiques provenant du bassin versant grâce à de nouvelles technologies. A l'EPFL, les laboratoires de topométrie, de systèmes d'information géographique, de physique des systèmes aquatiques et de technologie écologique utilisent la télédétection pour élaborer des cartes de la qualité de l'eau des deux lacs. En Russie, les chercheurs du « Bai-

kal Institute for Nature Management » et de la « Lomonosov Moscow State University » se servent d'images pour cartographier les plantes aquatiques et l'évolution temporelle du delta de la Selenga.

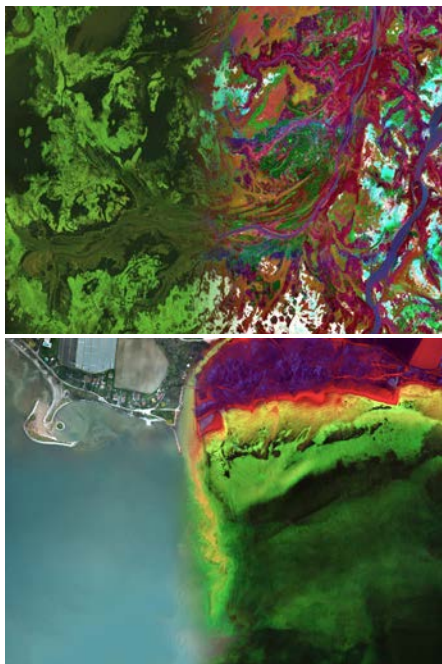
### Reconnaître les constituants d'un pixel

Afin d'obtenir des cartes de la qualité de l'eau à haute résolution, le laboratoire de topométrie de l'EPFL a développé une nouvelle plateforme de télédétection, avec une caméra hyperspectrale. L'avantage des images hyperspectrales est vite démontré : un appareil photo couleur classique comporte uniquement trois bandes (rouge, bleu et vert), certains satellites possèdent plusieurs bandes larges et discontinues, alors que l'imagerie hyperspectrale enregistre plus d'une centaine de bandes étroites et contiguës. Cette méthode innovante permet de reconnaître les constituants d'un pixel grâce à leurs signatures spectrales. Les caméras hyperspectrales voient donc mieux que nos propres yeux.

La télédétection des lacs permet de mesurer les propriétés optiques de l'eau de surface et ainsi de déterminer la quantité de chlorophylle-a présente dans les algues, des particules en suspension et de la matière organique dissoute, fréquemment appelée

A gauche: Vue sur le delta de la Selenga au lac Baïkal depuis l'ULM. (Image: Natacha Tofield Pasche)





Vues aériennes de l'embouchure du delta de la Selenga aux lac Baïkal (en haut) et de la Venoge au Léman, obtenues avec une image RGB à gauche et une image hyperspectrale à droite. (Images: Dragos Constantin)

substances jaunes. En effet, les rayons solaires sont absorbés différemment par l'eau, le phytoplancton (les algues) et les substances jaunes en fonction des différentes longueurs d'ondes. Le spectre d'eau varie aussi en fonction du taux de concentration de ces paramètres. Grâce à ce spectre, il est donc possible de mesurer les propriétés principales de l'eau.

L'avantage des images hyperspectrales est de pouvoir créer des cartes étendues de la qualité de l'eau, afin de connaître l'hétérogénéité spatiale de ses propriétés. Traditionnellement, les échantillonnages en ba-

teau ont lieu en plusieurs points et ne couvrent donc pas une région entière comme la télédétection. C'est donc une véritable innovation.

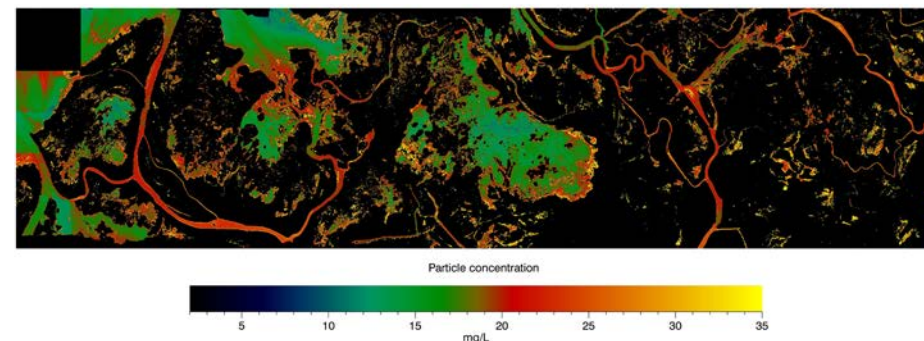
### Une équipe en ULM et l'autre en bateau

Mais comment prendre des images avec la nouvelle caméra hyperspectrale? L'EPFL a choisi d'utiliser des engins ultra-légers motorisés (ULM), car leur coque ouverte permet de placer facilement l'équipement, ce qui n'est pas le cas dans un avion. De plus, les ULM sont très maniables et peuvent voler de 500 mètres à 4000 mètres d'altitude. A 1000 mètres, la résolution des pixels au sol est de 1 mètre, une résolution spatiale encore jamais obtenue.

Lors des campagnes de mesures, deux équipes travaillent toujours simultanément et dans le même périmètre d'étude. Le pilote d'ULM suit les trajets prédéfinis, pendant qu'un chercheur enregistre les images. A bord du bateau, l'autre équipe prend des échantillons d'eau, des profils verticaux et des mesures de spectres à la surface du lac à différents points. Ces mesures in-situ permettent de calibrer les images hyperspectrales, afin de produire des cartes quantitatives de la surface du lac.

### Des vols en Suisse et en Russie

En Suisse, une quarantaine de vols ont été effectués au-dessus du Léman à partir de l'aérodrome de Prangins. Ces vols ont été répartis en avril et mai 2013, en février et mars 2014, en avril et mai 2014, en septembre 2014 et en avril et juin 2015. Ces différentes périodes permettent de comprendre l'évolution temporelle de la qualité de l'eau. La totalité du lac a été couverte



Un exemple d'une carte des concentrations en particules en 2014 dans le delta du Selenga. (Image: Vincent Nouchi)

lors de deux vols en haute altitude. Mais les zones spatiales d'intérêt étaient plutôt les embouchures du Rhône, de l'Aubonne et de la Venoge, des endroits où le mélange d'eaux de différentes qualités crée d'intéressantes structures.

En Sibérie à l'Est de la Russie, trois campagnes de mesures ont été organisées au lac Baïkal en juillet 2013, 2014 et 2015. Lors des deux premières années, les vols se sont concentrés sur le delta de la rivière Selenga – un enchevêtrement d'îles, de rivières et de plantes aquatiques sur 540 kilomètres carrés, soit presque la taille du Léman. En 2015, les chercheurs suisses et russes ont étudié six sites autour du lac Baïkal. Le but était de déterminer la variabilité spatiale des algues (phytoplancton) et de caractériser la répartition des plantes invasives nouvellement recensées (type *Spyrogira*). Pour cela, un navire scientifique avec à son bord une équipe de douze chercheurs a évolué pendant un mois autour du lac, alors que les deux ULM ont été acheminés par la route sur les trois sites des côtes bouriatives. Cette collaboration entre la Russie et la Suisse fut fructueuse, et quatre chercheurs russes ont

passé quatre mois à l'EPFL afin d'apprendre le traitement des images.

Après une longue chaîne de traitement des images et grâce à la calibration in-situ, des cartes des concentrations en particules, chlorophylle-a et substances jaunes pourront être produites. Etant donné les quantités importantes de données récoltées, le traitement est toujours en cours, mais les premiers résultats sont tout à fait prometteurs.

Les chercheurs espèrent évaluer bientôt l'hétérogénéité de la qualité des eaux des deux lacs à une résolution spatiale et temporelle encore rarement obtenues.

—  
Natacha Tofield-Pasche  
Centre de Limnologie de l'EPFL  
natacha.tofield-pasche@epfl.ch