



## **Proposition de stage sur l'intégration de la dimension verticale pour le suivi de la qualité de l'eau des grands lacs: approche couplée télédétection-modélisation à l'échelle du Léman**

Equipe d'accueil : Le pôle Ecosystèmes Lacustres (ECLA) au centre INRAE de Thonon unité de recherche « Centre Alpin de Recherche sur les réseaux trophiques et écosystèmes limniques » (UMR CARTEL).

Localisation : INRAE, centre de Thonon (74)

Type et durée : 5 à 6 mois

Profil recherché : Master II ou école d'ingénieur en télédétection ou modélisation

### Contexte et description du projet :

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet OBS2MOD du consortium « couleur des eaux continentales ». Ce projet cofinancé par le CNES et l'OFB (2021-2023) réunit les équipes de l'UMR GET (Géosciences Environnement Toulouse), EAWAG et le Pôle ECLA (OFB/ INRAE UMR CARTEL et RECOVER) afin d'améliorer (i) les connaissances de la physique du signal des cibles eaux continentales ; et (ii) le couplage des observations satellitaires (Sentinel-2 & 3, Landsat) avec les modèles d'hydrologie et de qualité des hydrosystèmes.

La qualité des eaux est un enjeu environnemental et socio-économique majeur car elle définit la nature et la qualité des services rendus par le lac (eau potable, pêche, etc.). Dans le contexte des changements globaux, il est nécessaire de prévoir l'évolution de la qualité de ces systèmes afin d'orienter au mieux les gestionnaires dans l'élaboration des stratégies de préservation/restaurations. Pour réaliser ces prédictions, la communauté scientifique fait appel notamment à la modélisation des différents mécanismes régissant l'écosystème lacustre.

Ces modèles nécessitent des données pour caler les différents paramètres et valider les sorties de simulations. Les données in-situ acquises au travers des réseaux de surveillance nationaux ou locaux offrent une importante information notamment pour l'évolution de la structure thermique et du phytoplancton. Les récents progrès technologiques sur les capteurs et un accès facilité aux données de télédétection (e.g., Sentinel2/3) permettent de compléter cette information en fournissant des informations sur la variabilité spatiale en particulier grâce aux mesures spectrales de la couleur de l'eau converties en transparence, matière en suspension et biomasse algale. Des efforts restent à faire notamment sur la prise en compte de la distribution verticale du phytoplancton par les algorithmes de télédétection afin de directement intégrer les informations de phytoplancton issue de la télédétection dans les modèles de qualité des eaux.

**Les objectifs du stage sont (i) de caler et valider un modèle hydrodynamique et de qualité des eaux 3D (delft3D) pour l'estimation des profils verticaux de phytoplancton sur le Léman ; (ii) de proposer une méthode permettant d'estimer ces profils à partir des mesures satellitaires ; (iii) de quantifier l'intérêt de cette information obtenue par télédétection dans la modélisation de la biomasse algale du Léman.**



Pour cela, le stagiaire s'intéressera à :

- (i) modéliser les profils verticaux de ce compartiment biologique à l'aide du modèle 3D développé par l'INRAE et l'EAWAG ;
- (ii) valider les sorties de simulation à partir des données *in-situ* (réseaux de surveillance nationaux et locaux, station LÉXPLORE, <https://lexplore.info/>);
- (iii) étudier les relations entre les profils verticaux modélisés et le signal mesuré par les capteurs couleur de l'eau (séries temporelles des satellites Sentinel-2 et 3) pour chaque pixel ;
- (iv) proposer un algorithme d'estimation de ces profils sur le Léman à partir de l'imagerie satellitaire ;
- (v) évaluer l'intérêt de cette nouvelle information dans la modélisation 3D de la biomasse algale.

Données :

- Données images satellitaires : Sentinel-2,3
- Données in-situ : Données de suivi de l'UMR CARTEL et de la station LÉXPLORE + campagne(s) terrain prévue(s) dans le stage

Zone d'étude

- Le Léman

Outils utilisés :

- Télédétection : SNAP, Sentinel toolbox, GDAL
- SIG : QGIS, ArcGis 10
- Programmation : Python
- Bases de données : PostgreSQL
- Statistiques : Python ou R
- Delft3D (<https://oss.deltares.nl/web/delft3d>)

Indemnité : Gratification de stage fixé à 15% du plafond horaire de la sécurité sociale (environ 560 €/mensuel)

Encadrement :

Orlane Anneville  
(co-encadrante principale)  
04 50 26 78 04  
orlane.anneville@inrae.fr

Tristan Harmel  
(co-encadrant principal)  
07 69 03 69 00  
tristan.harmel@get.omp.eu

Damien Bouffard  
+41 58 765 2273  
Damien.Bouffard@eawag.ch

Thierry Tormos  
04 42 66 69 76  
thierry.tormos@ofb.gouv.fr