

**DEMANDE D'ALLOCATION DE RECHERCHE DE L'ED SISEO**  
**Année universitaire 2014/2015**  
**SUJET DE THESE**

<p><b>1. LABORATOIRE</b></p> <p>Nom ou sigle : <i>CARTEL</i> Statut : <i>UMR INRA-Université de Savoie</i></p>	<p><b>2. DIRECTION DE THÈSE</b></p> <p>Directeur de thèse (HDR) : <i>Marie Elodie Perga</i> Codirecteur éventuel : <i>Andrea Lami (CNR ISE, Pallanza, Italie)</i></p>
<p><b>Domaine de compétences de l'ED SISEO :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Environnement <span style="float: right;">x</span></li> <li>- Organisations <span style="float: right;"><input type="checkbox"/></span></li> <li>- Systèmes <span style="float: right;"><input type="checkbox"/></span></li> </ul>	<p><b>Collaborations éventuelles :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>M. Manca, A. Marchetto (CNR ISE Pallanza, Italie)</i></li> <li>- <i>F. Arnaud (EDYTEM, Université de Savoie)</i></li> <li>- <i>S. Girardclos, Institut Forel Université de Genève</i></li> </ul>

**La vulnérabilité des lacs au changement climatique dépend des forçages humains locaux:  
un test à l'échelle pan-européenne**

**4. RESUME**

Les lacs ne répondent ni de la même façon, ni avec la même intensité, aux changements climatiques (CC). Même deux lacs voisins sous même influence climatique ne partageraient pas plus de la moitié de leurs réponses écologiques face au CC. Au cours d'un programme de recherche précédent (ANR IPER-RETRO 2009-2013), nous avons pu montrer que les conséquences du CC sur l'écologie de trois lacs péri-alpins (Annecy, Léman, Bourget) dépendaient moins de la vitesse à laquelle les eaux lacustres se réchauffent que de l'intensité des pressions humaines locales. Les réponses écologiques de ces lacs au CC sont à la fois plus fortes et plus délétères pour les deux lacs enrichis en nutriments d'origine anthropique. Ces travaux suggèrent que la vulnérabilité et les réponses écologiques des lacs au changement climatique pourraient être modulées par la gestion locale des activités humaines qui se déroulent sur leur bassin versant. Si cette observation pouvait être renouvelée et confirmée à une plus large échelle spatiale, elle créerait des opportunités d'adaptations au CC pour les lacs péri-alpins. Ainsi, si les collectivités locales ne peuvent agir directement sur le climat, elles pourraient en diminuer les effets délétères et optimiser les bénéfices par des mesures de gestion adaptée. L'objectif de cette thèse est par conséquent d'évaluer dans quelle mesure les pressions humaines locales augmentent la vulnérabilité des lacs aux changements climatiques à une échelle pan-européenne.

Ce travail repose sur la méta-analyse de séries paléo-écologiques récoltées selon des protocoles similaires à celle d'IPER-RETRO, issues de 15 lacs situés autour de l'arc alpin (5 pays). Ces lacs sont de typologie comparable et soumis à une variabilité climatique similaire. Ces séries ont été générées essentiellement par le CARTEL (ME Perga) et le laboratoire italien ISE-CNR, créant ainsi l'opportunité d'une thèse en cotutelle.

Le doctorant se focalisera sur les communautés biologiques pélagiques (phytoplancton et zooplancton) puisque (i) ce sont celles pour lesquelles les données sédimentaires sont les plus abondantes et comparables entre lacs (comptages des frustules de diatomées et macro-restes de cladocères, analyses des pigments photosynthétiques), (ii) c'est sur ce compartiment que les interactions entre forçages locaux et climatiques sont les plus fortes. Son objectif se déclinera en deux étapes :

1. comparer les réponses des communautés biologiques pélagiques au changement climatique entre les 15 lacs. Il s'agira aussi de quantifier quelle fraction des réponses observées est commune ou au contraire variable pour des lacs de même typologie soumis au même changement climatique.
2. Evaluer si et dans quelle mesure la variabilité des réponses dépendent des caractéristiques géomorphologiques et de l'intensité des pressions humaines locales.

## 5. PROJET DE RECHERCHE DETAILLE

Face au changement du climat enregistré depuis quelques décennies à la surface du globe, les enjeux scientifiques ne sont plus uniquement de lutter contre l'effet de serre ou de générer de futurs scénarios climatiques mais aussi d'en comprendre les conséquences sur les écosystèmes. L'effet du climat sur les écosystèmes aquatiques est cependant par nature indirecte, puisque les différents composants du climat (température, précipitations, rayonnement) peuvent agir simultanément à différents niveaux du système lac-bassin versant, et est par conséquent difficilement prédictible (Leavitt et al, 2009). A titre d'exemple, si on observe globalement un réchauffement des eaux des lacs, il s'opère à des vitesses très différentes même pour des lacs sous même climat, de moitié moindres à deux fois plus rapides que la vitesse de réchauffement de l'air (Schneider and Hook, 2010). Ainsi, même pour un paramètre physique basique tel que la température des eaux de surface, les réponses des lacs aux changements climatiques (CC) récents restent difficilement généralisables. L'incertitude est encore plus grande lorsqu'on s'attelle aux changements écologiques pour lesquels les réponses des systèmes semblent particulièrement idiosyncratiques. Deux lacs similaires et proches soumis au même CC auront moins de la moitié de leurs réponses en commun (Dokulil, 2013). Autrement dit, plus de 50% des réponses écologiques des lacs au CC ne peuvent pour l'instant être prédites.

Au cours du programme de recherche ANR IPER-RETRO (2009-2013), nous avons formulé l'hypothèse que la variabilité des réponses écologiques des lacs au changement climatique dépendait du contexte des pressions humaines locales. Le changement climatique n'est qu'un des composants du changement global et les lacs, en particulier ceux autour duquel nous vivons, sont en fait sous le joug de multiples pressions, notamment locales. Parmi les plus remarquables, les apports en nutriments tels que le phosphore, ou les mesures de gestion de la pêche, qui sont depuis longtemps reconnues comme des facteurs humains conduisant à des modifications profondes de l'écologie des lacs (Carpenter et al, 1985). Lors de ce programme, les modifications dans les forçages humains et les communautés biologiques pélagiques (cyanobactéries, diatomées, zooplancton) et benthiques (chironomes) au cours des 200 dernières années ont été reconstruites par une démarche de paléo-écologie à haute résolution temporelle pour les lacs Léman, Annecy et Bourget. L'influence respective de chacun des forçage humains (réchauffement climatique, nutriments et gestion de la pêche) sur les réponses écologiques des lacs au cours du temps a été quantifiée par modélisation statistique. Le choix de ces trois lacs a été motivé par leur origine, nature et climat similaires, et une histoire de perturbations humaines légèrement différente. En définitive nous avons pu montrer que, quel que soit le compartiment biologique considéré, l'effet du CC dépendait moins de la vitesse à laquelle les eaux lacustres se réchauffent que de l'intensité des pressions humaines locales. Les réponses au climat sont à la fois plus fortes et plus délétères pour les deux lacs enrichis en nutriments sous l'influence des activités humaines et dépendent aussi des mesures de gestion de la pêche (Alric et al, 2013, Berthon et al, 2013, accepted, Frossard et al, 2014)

### Objectifs de la thèse

Ces travaux suggèrent à terme que la vulnérabilité et les réponses écologiques des lacs au changement climatique seraient régulées par la gestion locale des activités humaines qui se déroulent sur leur bassin versant. Il faut toutefois admettre que si l'approche de ce programme IPER-RETRO était novatrice, elle n'a pu être appliquée qu'à un nombre restreint de lacs. Si cette observation pouvait être renouvelée et confirmée à une plus large échelle spatiale, elle créerait des opportunités d'adaptations au CC pour les lacs péri-alpins. Ainsi, si les collectivités locales ne peuvent agir directement sur le climat, elles pourraient en diminuer les effets délétères et optimiser les bénéfices par des mesures de gestion adaptée. L'objectif de cette thèse est par conséquent d'évaluer dans quelle mesure les forçages humains locaux vulnérabilisent les lacs aux CC.



Carte 1 : localisation des lacs péri-alpins inclus dans le programme

Pour ce faire, l'étudiant(e) bénéficiera de travaux paléo-écologiques menées précédemment par les équipes d'accueil et de collaboration. Ces équipes détiennent des sédiments et ou des mesures opérées selon un protocole similaire à celui mis en place pour IPER-RETRO (échantillonnage et datations des archives sédimentaires à haute résolution au cours des deux derniers siècles) pour une quinzaine de lacs péri-alpins ou alpins (carte 1). Ces paléo-séries sont issues de collaborations précédentes de ME Perga avec l'équipe EDYTEM (Annecy, Léman, Bourget, Aiguebelette, Muzelle, Allos) ou d'études menées par les équipes

du CNR ISE (Lacs Italiens, slovène, Gossenkollesee et Geschinensee)  
ou de l'Université de Genève (Brienz, Constance).

L'étudiant se focalisera sur les communautés biologiques pélagiques (phytoplancton et zooplancton) puisque (i) ce sont celles pour lesquelles les données sédimentaires sont les plus abondantes et comparables entre lacs (comptages des frustules de diatomées et macro-restes de cladocères, analyses des pigments photosynthétiques), (ii) c'est sur ce compartiment que les interactions entre forçages locaux et climatiques sont les plus fortes (Perga et al, 2013). Son objectif se déclinera en deux étapes :

1. comparer les réponses des communautés biologiques pélagiques au CC sur les 15 lacs. Il s'agira aussi de quantifier quelle est la fraction des réponses communes pour des lacs de même typologie soumis au même changement climatique.
2. Evaluer si et dans quelle mesure la variabilité des réponses dépendent des caractéristiques géomorphologiques et des forçages locaux humains.

#### **Retombées potentielles pour la discipline.**

Le changement climatique, s'il en est le plus manifeste, n'est qu'un des composants du changement global. Les écosystèmes sont en fait soumis, depuis des décennies, à une combinaison complexe de stress environnementaux d'origine humaine qui agissent simultanément. Le climat est une construction statistique du temps (en terme de météorologie) qui couvre au moins 30 ans. Quantifier l'impact du CC sur les écosystèmes nécessite des séries de données instrumentales au moins aussi longues, ce qui est déjà rare. Comprendre les interactions entre forçages locaux et climatiques impose de composer avec encore plus de degrés de liberté et réclame des séries toujours plus longues. La paléo-écologie (lecture des archives sédimentaires) a été un recours important pour palier l'absence de données mais elle s'est à ce jour essentiellement concentrée sur des systèmes isolés de l'impact humain plus local qui pourraient brouiller la réponse à la variabilité climatique pure (Catalan et al, 2013). Ainsi la réponse des lacs anthropisés au CC, bien qu'ils soient ceux qui fournissent le plus de services aux sociétés humaines, est celle qui est la moins comprise. Cette thèse en améliorerait non seulement notre compréhension, mais aussi notre capacité à en gérer les conséquences.

#### **Originalité du projet**

L'utilisation des archives sédimentaires pour des questions d'ordre écologique, comme développé au CARRTEL nécessite de travailler à ces échelles de temps ayant un sens pour les écologistes (annuelle et bisannuelle). Il s'agit d'un luxe rare offert les propriétés sédimentologiques des lacs péri-alpins qui permettent un échantillonnage et une datation des carottes sédimentaires à haute résolution et précision. A l'échelle européenne, sinon internationale, le laboratoire ISE-CNR est probablement un des seuls qui détiennent des données comparables sur un large ensemble de lacs. Il s'agit donc d'une opportunité unique d'opérer une comparaison et de tester une hypothèse à si large échelle.

#### **Etape et faisabilité du projet, partenariat :**

La thèse se déroulera donc en co-tutelle internationale entre les deux laboratoires qui ont généré la majorité des données (CARRTEL et CNR-ISE) tout en gardant une étroite collaboration avec les deux autres équipes partenaires (EDYTEM et Université de Genève). Dans un premier temps, l'étudiant recensera l'ensemble des données instrumentales et paléo-écologiques disponibles pour chacun des sites, et complètera au besoin les séries paléo-écologiques par des analyses supplémentaires. Son encadrement à l'analyse des sédiments sera opéré par A. Lami (CNR-ISE pigments) ; A. Marchetto (Diatomées) et ME Perga (Cladocères). Il reconstruira ensuite la dynamique temporelle des perturbations humaines locales dominantes à partir des indicateurs précédemment développés dans IPER\_RETRO (*Diatom-* et *Daphnia-inferred* total phosphorous –Berthon et al 2013, revised; pression de prédation par les poissons –Alric et al, 2013) tandis que les séries climatiques seront extraites du modèle HISTALP (Auer et al, 2007). Pour chacun des indicateurs biologiques et pour chacun des lacs, l'étudiant appliquera la modélisation statistique afin de (i) hiérarchiser les facteurs environnementaux responsables des modifications écologiques observées et (ii) quantifier et caractériser la réponse des lacs au CC. L'application précédente de l'ensemble de ces démarches dans IPER-RETRO garantit leur faisabilité à plus grande échelle. La dernière étape consistera à comprendre quels sont les processus (caractéristiques géomorphologiques du lac et/ou pressions humaines locales) locaux qui expliquent les différences de vulnérabilité et de réponses aux CC entre ces lacs.

#### **Références**

- \*Alric, B. and others 2013. Local forcings affect zooplankton responses to climate warming. *Ecology* 94: 2767-2780.
- \*Berthon, V. and others 2013. Trophic history of French sub-alpine lakes over the last ~150 years: phosphorus reconstruction and assessment of taphonomic biases. *Journal of Limnology* 72: 417-429.

\*Berthon, V., B. Alric, F. Rimet, and M.-E. Perga. accepted. Magnitude and specific responses of diatoms to climate warming in anthropogenized lakes. *Freshwater Biology*.

Carpenter S R, Kitchell, J FHodgson, J R (1985) Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35(10): 634

Catalan, J. and others 2013. Global change revealed by paleolimnological records from remote lakes : a review. *Journal of Paleolimnology* 49 :513-535.

Dokulil, M. T. 2013. Impact of climate warming on European inland waters. *Inland waters* 4: 27-40.

\*Frossard, V. and others 2014. Depth-specific responses of the chironomid community to contrasting anthropogenic pressures: a paleolimnological perspective of 150 years. *Freshwater Biology* 59: 26-40.

Leavitt, P. R. and others 2009. Paleolimnological evidence of the effects on lakes of energy and mass transfer from climate and humans. *Limnology and Oceanography* 54: 2330-2348.

Schneider, P., and S. J. Hook. 2010. Space observations of inland water bodies show rapid surface warming since 1985. *Geophysical Research Letters* 37: DOI: 10.1029/2010GL045059.

\*publications d'iper-retro

## 6. CANDIDAT RECHERCHE :

*Le candidat devra détenir une formation en limnologie, océanographie ou paleo-limnologie avec un bagage solide en statistiques et modélisation. La thèse étant internationale, le candidat(e) devra être mobile et parler un anglais de bon niveau.*

**7. FINANCEMENT DE LA THESE :** *Le contrat doctoral fixe une rémunération minimale, indexée sur l'évolution des rémunérations de la fonction publique : depuis le 1er juillet 2010, elle s'élève à **1684,73 euros bruts mensuels** pour une activité de recherche seule et **2024,70 euros bruts** en cas d'activités complémentaires. Elle peut être augmentée au-delà du montant plancher (<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid20185/doctorat.html>).*

Le CNR-ISE de Pallanza appartient à une Région partenaire de la Région Rhône-Alpes. Un financement collaboratif C'MIRA sera donc demandé pour soutenir les déplacements de l'étudiant(e) vers le laboratoire de cotutelle.

## 8. CONTACT :

Nom prénom : Perga Marie-Elodie

Tél :04 50 26 78 18

Email :marie-elodie.perga@thonon.inra.fr