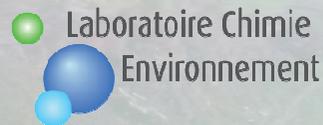


## Etudes des lacs de haute altitude comme milieux sentinelles pour le suivi des retombées atmosphériques et de leurs effets

LCE

Equipe Développements  
Météorologiques et Chimie des Milieux



Boudenne J.L.  
Coulomb B.  
Theraulaz F.  
Vassalo L.  
Robert-Peillard F.

CEREGE :

Equipe InterfaST : InterfaceS et  
Transferts



Rose J.  
Auffan M.  
Ambrosi JP.  
Chaurran P.  
Angeletti B.  
Garnier JM.

IMBE

Equipe Ecologie des Eaux  
Continetales



Franquet E.  
Bertrand C.  
Farnet A-M  
Brousset L.  
**Cavalli L.**

## Contexte

# Lacs de haute altitude

Ecosystèmes simplifiés (fortes contraintes)  
Ecosystèmes **sensibles** (Beniston *et al.*, 1997)



### Bons indicateurs

- des changements environnementaux
- des effets des activités humaines régionales et globales (Tolotti *et al.*, 2006; Kernan *et al.*, 2009)

Milieus isolés



Suivi des retombées atmosphériques

Milieus difficiles d'accès dont le fonctionnement est peu étudié

Très nombreux avec des caractéristiques différentes

196 lacs ou mares recensés dans le PN des Ecrins, 79 lacs de profondeur > 5 m dans le PN du Mercantour



Variabilité inter-lacs pas assez prise en compte

## Objectifs

Mieux comprendre :

le **fonctionnement** de ces écosystèmes

les processus de **transfert** des éléments depuis le bassin versant vers le lac

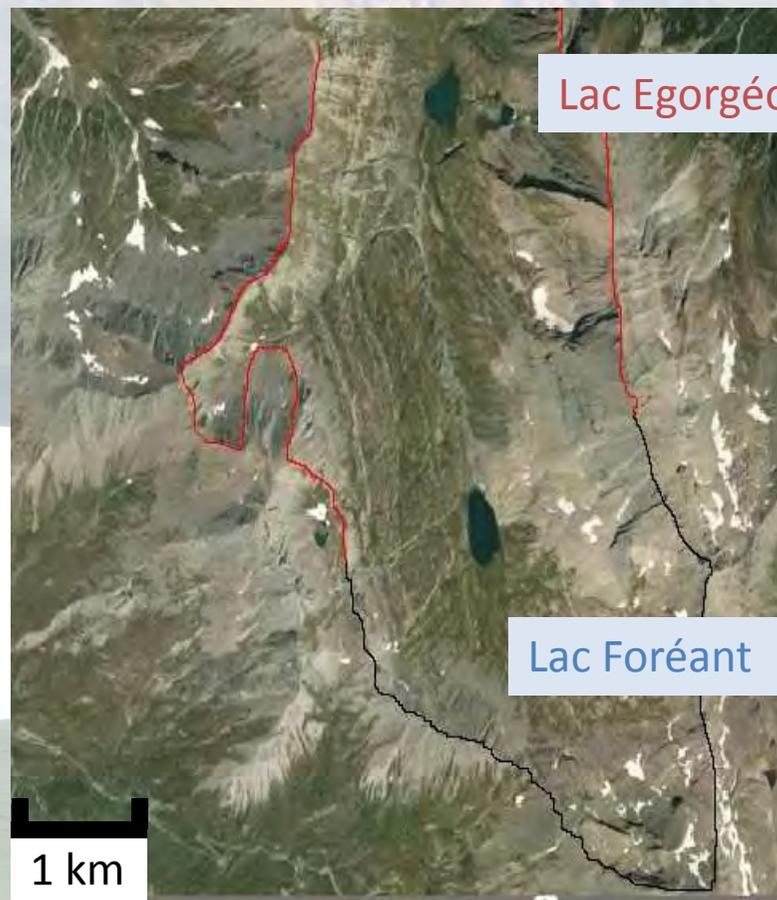
## Méthodes

## Etudes des lacs de haute altitude comme milieux sentinelles pour le suivi des retombées atmosphériques et de leurs effets *Lacs Egorgéou / Foréant (PNR Queyras)*

Hypothèse : 2 lacs très proches géographiquement ont des fonctionnements différents en lien avec des caractéristiques différentes (morphométrie, bassin versant, ...)



*Parc naturel régional du Queyras*



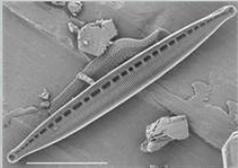
	Egorgéou	Foréant
<b>Altitude (m)</b>	<b>2394</b>	<b>2620</b>
<b>superficie du lac (ha)</b>	<b>3,90</b>	<b>5,5</b>
<b>profondeur maximale (m)</b>	<b>6</b>	<b>22</b>
<b>durée de dégel (mois)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>superficie du bassin versant (ha)</b>	<b>686</b>	<b>362</b>
<b>Volume (10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>)</b>	<b>143</b>	<b>560</b>
<b>Temps renouvellement (jours) - juillet</b>	<b>2</b>	<b>24</b>
<b>Pastoralisme</b>	<b>-</b>	<b>+</b>

Egorgéou plus productif que Foréant ?

# Méthodes

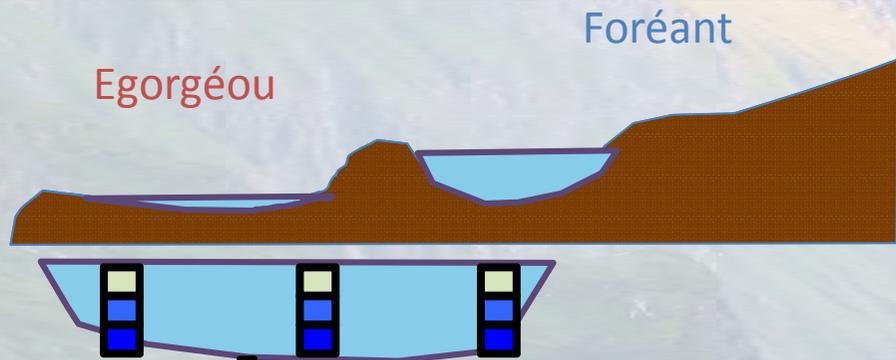


Analyse des compartiments biologiques

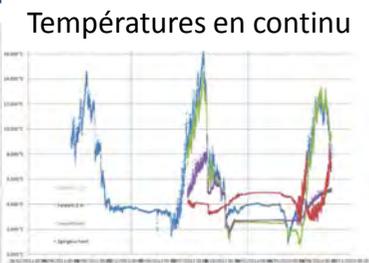
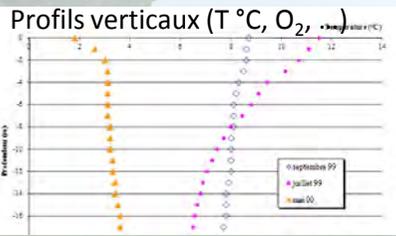


Microbiologie

Deux lacs  
Deux campagnes en période d'eau libre  
3 profondeurs de la colonne d'eau prélevées  
2 à 3 profils de la zone amont à l'exutoire  
Tributaire / émissaire



Carottes sédimentaires (0-15cm). Dissolution et analyse tous les 2 cm



Analyse physico-chimiques  
Eau / sédiment

Anions majeurs  
Cations majeurs  
Si  
Nutriments  
...

Analyse d'éléments traces

Eau /sédiment  
Compartiments biologiques



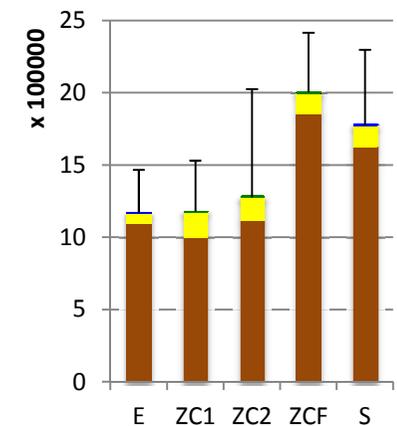
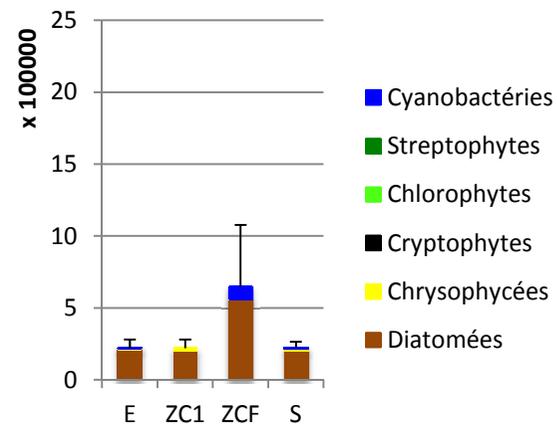
# Résultats

## Densité phytoplanctonique (cell.L<sup>-1</sup>)

Juillet 2012

### EGORGEOU

### FOREANT

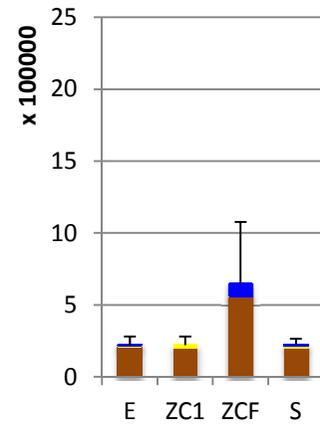


# Résultats

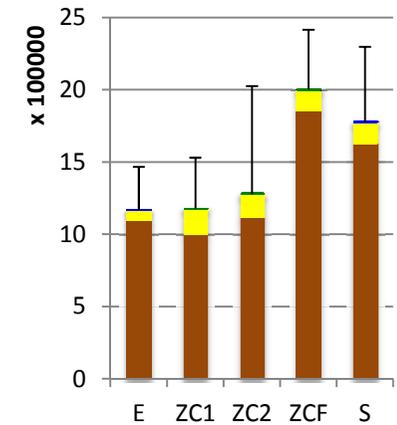
## Densité phytoplanctonique (cell.L<sup>-1</sup>)

Juillet 2012

### EGORGEOU



### FOREANT



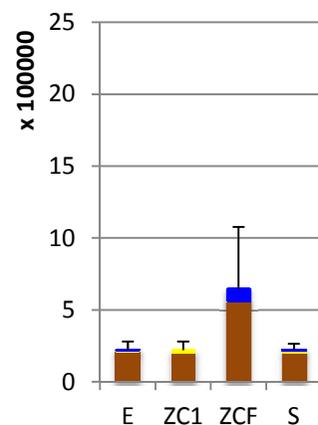
Top - Down



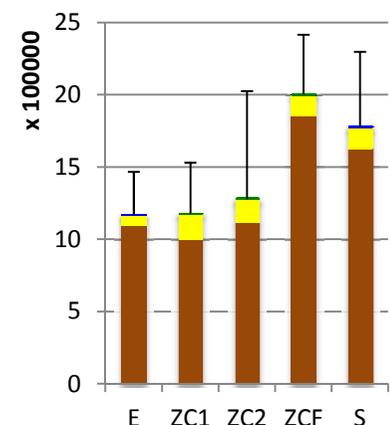
# Résultats

## Densité phytoplanctonique (cell.L<sup>-1</sup>) Juillet 2012

### EGORGEOU



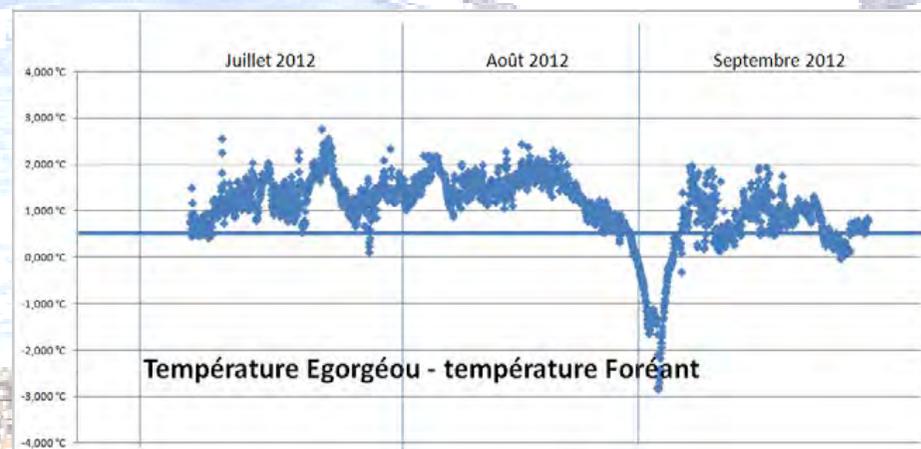
### FOREANT



Top - Down

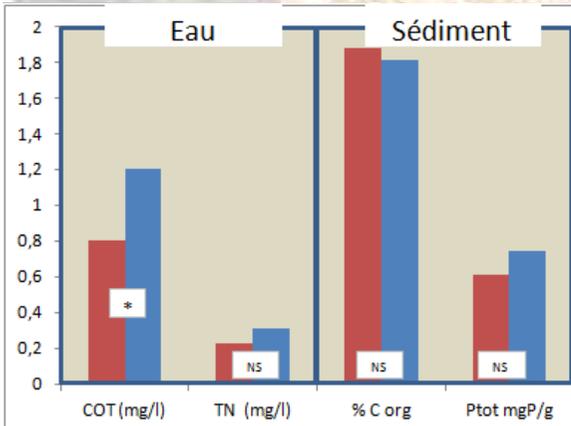


Influence de la température



# Résultats

## Physico-chimie

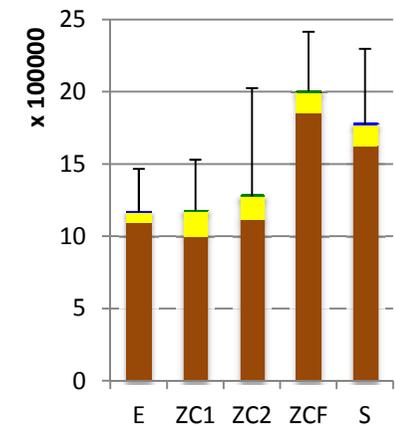
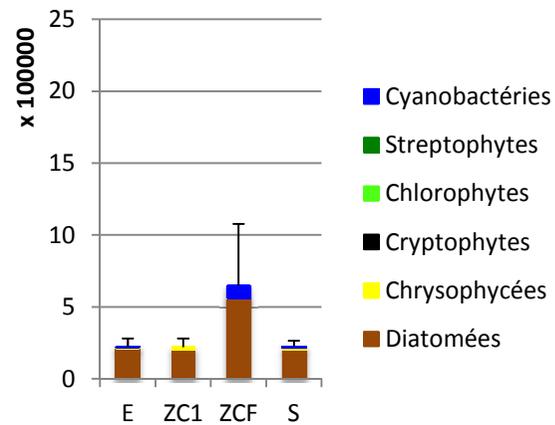


## Densité phytoplanctonique (cell.L<sup>-1</sup>)

Juillet 2012

### EGORGEOU

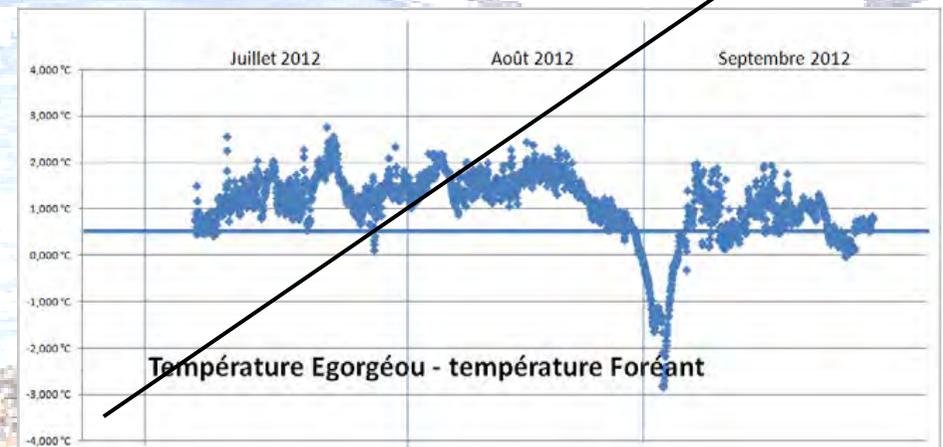
### FOREANT



Top - Down

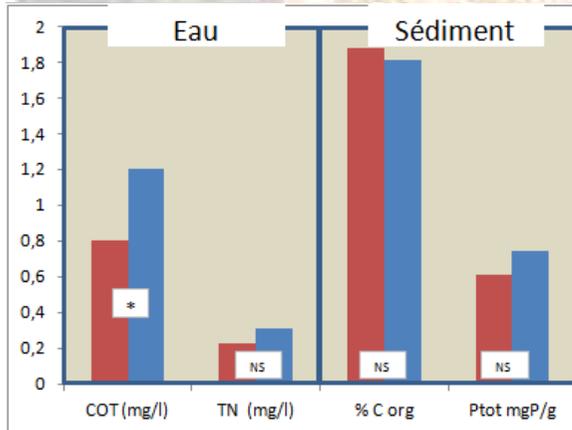


Influence de la température



# Résultats

## Physico-chimie

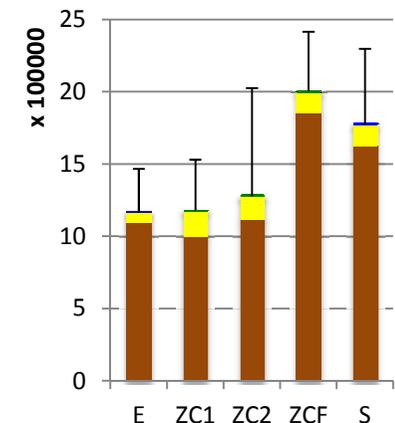
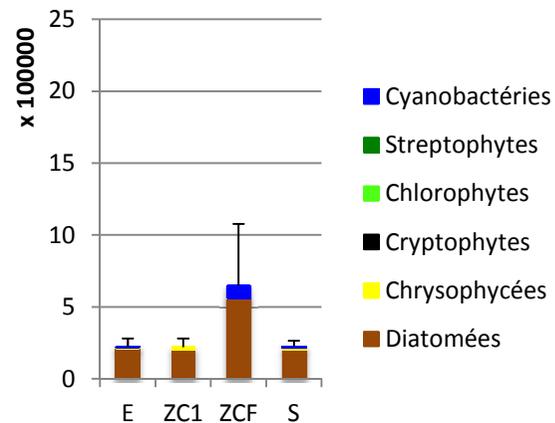


## Densité phytoplanctonique (cell.L<sup>-1</sup>)

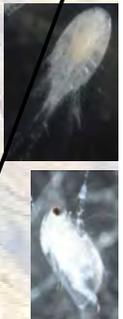
Juillet 2012

### EGORGEOU

### FOREANT



Top - Down



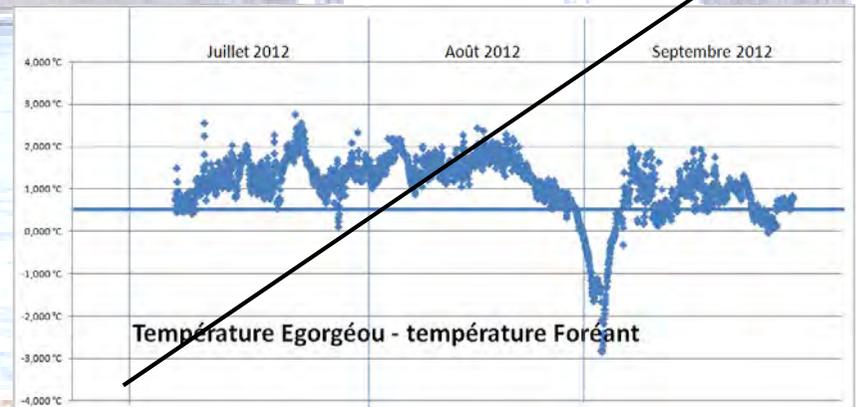
### Egorgeou

### Foréant

- ◆ Présence de characées
- ◆ Minéralisation rapide de la matière organique (activité cellulaire)

- ◆ Production phytoplanctonique plus forte

Influence de la température



2 lacs avec des fonctionnements différents

Concentration de Mn dans différentes fractions

µg/l	Egorgéou (fond)	Foréant (fond)
Brut	4,42	<b>163,11</b>
Filtré 0,2 µm	0,13	<b>93,53</b>
Filtré 0,02µm (dissous)	3,39	0,084

Teneur en Mn 10 à 50 fois supérieure dans Foréant

Egorgéou

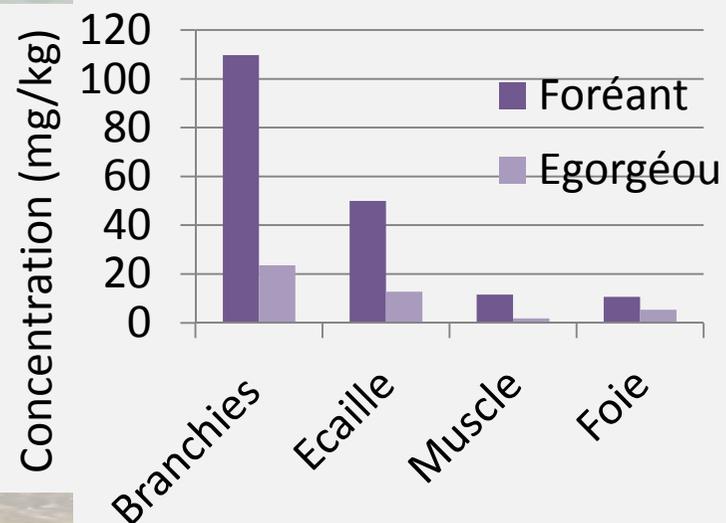


Foréant

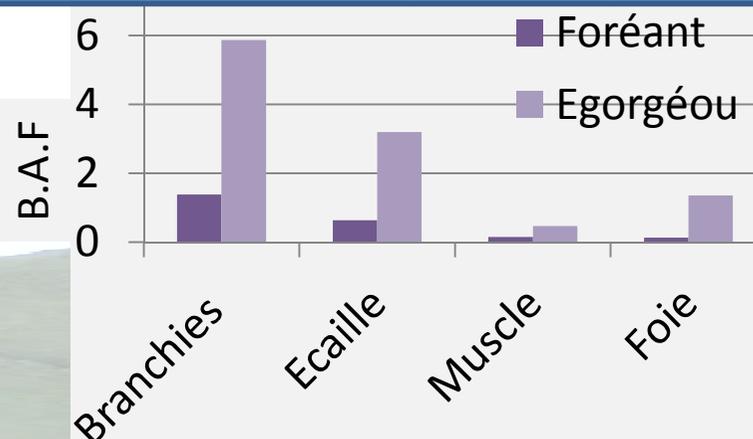


- Particules
- colloïdes
- dissous

Valeurs moyennes des tissus de 11 individus pour Egorgéou et 9 pour Foréant



BAF (facteur de bioaccumulation)(poids sec) =  $C_{\text{poisson}} / C_{\text{eau}}$



Liens « ambiance géochimique » ↔ Niveau d'imprégnation des poissons

## Les lacs de haute altitude

### **Diversité de caractéristiques – diversité de fonctionnement**

2 lacs très proches géographiquement « fonctionnent » de façon très différente

*Par ex : un enrichissement en azote n'aura pas le même effet sur les deux lacs*

### **Variabilité dans les processus de transfert entre les lacs**

La concentration et la forme d'un élément peuvent varier d'un lac à l'autre

### **Nécessité de prendre en compte les caractéristiques des lacs :**

- lors de l'interprétation des données physico-chimiques et biologiques
- pour l'utilisation des lacs de haute altitude comme milieux sentinelles
- pour quantifier les effets des perturbations locales et globales

## Evolution prévue

### Mieux caractériser

- la variabilité temporelle des flux d'éléments (depuis le bassin versant vers le lac)
- les processus de dégradation de la matière organique
- les sources d'azote utilisées par les différents compartiments
- le compartiment pico-planctonique

### Outils

- Augmenter le nombre de campagnes / utilisation de sondes passives
- Physico-chimie (sédiments) + Approche microbiologique
- Utilisation des Isotopes Stables de l'azote
- Collaboration S Jacquet (Carrtel, INRA-Thonon)

Dépôt d'un projet EC2CO (2014) : Lacs de haute altitude : Caractérisation des apports d'azote et de leurs Effets sur les Communautés (LHAC-ECO)

# Autoévaluation du projet



## Points forts

- Collaboration entre équipes
- synergie des compétences
- croisement des approches
- partenariat avec les acteurs locaux

## Points faibles

- Contraintes d'accès
- difficultés d'échantillonnage



# Production scientifique issue du projet

Laboratoire Chimie et  
Environnement



CEREGE :  
Equipe InterfaST : InterfaceS  
et Transferts



IMBE Equipe Ecologie des  
Eaux Continentales



Participation à un **film documentaire** sur les lacs d'altitude – lacs sentinelles (Nomade production, réalisateur Claude Andrieux).

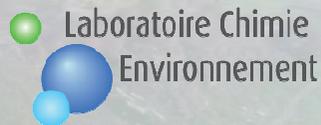
Intégration d'AMU et des équipes de recherche au **GIS « lacs sentinelles »**

C. Birck - I. Epailard - M.-F. Leccia - A. Morand - C. Miaud - C. Bertrand - L. Cavalli - S. Jacquet - P. Moullec - R. Bonnet - C. Sagot - E. Franquet - Y.M. Nellier - M.E. Perga - N. Cottin - C. Pignol - E. Malet - E. Naffrechoux - C. Giguet-Covex - I. Jouffroy-Bapicot - D. Etienne - L. Millet - P. Sabatier - B. Wilhelm - B. Perren - F. Arnaud, 2013. Sentinel lakes: a network for the study and management of mountain lakes in the French Alps and in Corsica. Ecomount 5, 63-69.

## Etudes des lacs de haute altitude comme milieux sentinelles pour le suivi des retombées atmosphériques et de leurs effets

LCE

Equipe Développements  
Météorologiques et Chimie des Milieux



Boudenne J.L.  
Coulomb B.  
Theraulaz F.  
Vassalo L.  
Robert-Peillard F.

CEREGE :

Equipe InterfaST : InterfaceS et  
Transferts



Rose J.  
Auffan M.  
Ambrosi JP.  
Chaurran P.  
Angeletti B.  
Garnier JM.

IMBE

Equipe Ecologie des Eaux  
Continetales

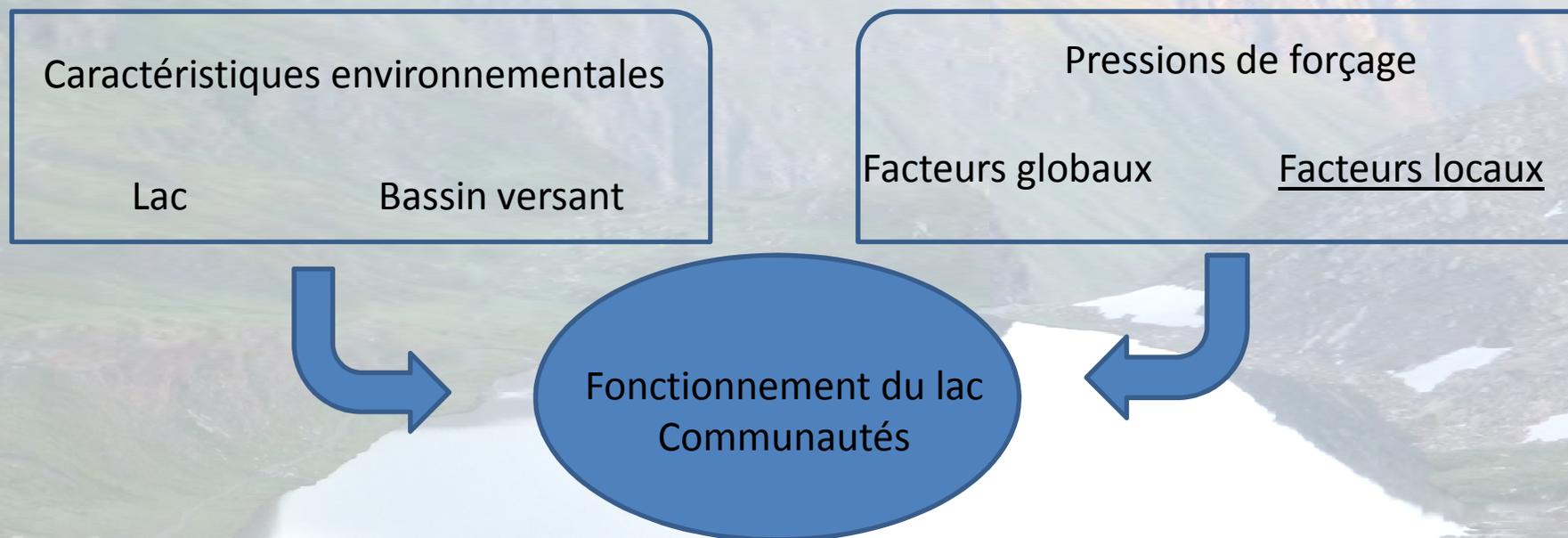


Franquet E.  
Bertrand C.  
Farnet A-M  
Brousset L.  
**Cavalli L.**



# Perspectives

Mieux comprendre le fonctionnement des lacs et l'influence des phénomènes de forçage



**Prendre en considération des lacs avec**

des caractéristiques différentes

des usages différents

**Mieux comprendre**

les réponses des communautés

les leviers de gestion