

Rencontres scientifiques « Lacs sentinelles » - 22 & 23 novembre 2011 - Le Bourget du Lac.

**Peuplements piscicoles des lacs d'altitude :
Conditions d'une naturalisation et implications pour les écosystèmes lacustres.
Quels effets sur les indicateurs utilisés aujourd'hui ?**

Bertrand LOHEAC¹; Arnaud CAUDRON^{2,3}; Jean GUILLARD³.

1 – Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de la Savoie – FDPPMA 73.

2 - Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de la Haute-Savoie – FDPPMA 74.

3 - INRA - UMR CARTEL équipe RITOXE (Ressources Ichtyologiques et écoTOXicologie des Ecosystèmes limniques).



Plan de l'intervention :

- **Bref rappel concernant l'historique de notre démarche ;**
- **Le programme initial d'étude porté par la FDPPMA 73 ;**
- **Synthèse bibliographique des typologies d'approche ;**
- **Problématique concernant la place du poisson dans l'étude des lacs d'altitudes ;**
- **Programme de recherche en projet.**

Historique de notre démarche :

- **2007 : Interrogations de l'AAPPMA de Bourg Saint Maurice concernant sa politique de gestion – population de cristivomer du lac Noir de l'Archeboc.**
- **Réflexions concernant une politique départementale de gestion piscicole cohérente des lacs d'altitude.**
- **Etat des connaissances impliquant la mise en place d'un programme pluriannuel d'étude en vue d'une évaluation objective et robuste des pratiques.**
- **2010 : Lancement du programme départemental d'étude des lacs de haute altitude (deux échelles d'approche).**
- **2010/2012 : application sur 15 lacs de Savoie.**
- **2011 : Après deux saisons de mise en œuvre, révision de l'angle d'approche et point de départ à l'élaboration d'un programme de recherche (FDPPMA 73/INRA).**



Lac Blanc (2850 m)

Le programme initial de la FDPPMA 73 :

Constat :

Large méconnaissance des lacs d'altitude de Savoie malgré la particularité départementale qu'ils représentent.

Gestion piscicole très empirique nécessitant une évaluation objective, tant en terme de pertinence que d'effets.

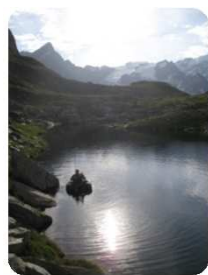
Objectif :

« **Mieux connaître** le chapelet de lacs de haute altitude du département en vue d'en **assurer une gestion piscicole adaptée** dans un **soucis constant de conservation** des enjeux biologiques et écologiques associés ».

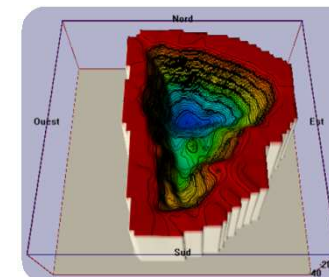
Démarche s'articulant autour de 2 niveaux d'échelles :

- *Approche prospective et qualitative à petite échelle (57 lacs gérés par les AAPPMA de Savoie) ⇔ « **Diagnoses allégées** ».*
- *Approche plus approfondie, quantitative et fonctionnelle visant à répondre à des questions spécifiques ⇔ « **Diagnoses approfondies** ».*

Le programme initial de la FDPPMA 73 : Paramètres analysés.



			"Diagnose allégée"	"Diagnose approfondie"
Aire contributive	habitats terrestres	Cartographie CORINE aire contributive		
	échantillons de neige	Phosphore total Azote total Hg, Zn, Pb		
habitat lacustre		Morphométrie Description de l'habitat mosaïque aquatique		
Physico-chimie	colonne d'eau	Transparence Température Conductivité Oxygénation Potentiel rédox MEST & MESO DBO5 COT Oxydabilité Ca Mg Chlorures Fe Mn Nk NO3 NO2 NH4 Chlorophylle a, b, c et phéopigments Phosphore total Phosphate		
	sédiments	Minéralisation Phosphore total MS/MO COT Nk As, Cr, Cd, Cu, Hg, Ni, Zn, Pb		
	métabolisme thermique	Suivi en continue épilimnion et hypolimnion		
Macrobenthos		Prélèvements qualitatifs littoraux Prélèvements IBL		
Compartment piscicole		Approche qualitative Approche fonctionnelle (pêche filets) Contenus stomacaux Scalimétrie Synthèse des données de gestion piscicole		



Le programme initial de la FDPPMA 73 : Etat d'avancement.

		Peuplement piscicole	Approche "allégée"	Approche "approfondie"
Vallon de la Sassièrè	Lac du Petit (2400 m)	TRF, SDF*		
	Lac Longet (2371 m)	SDF*		
	Lac verdet (2445 m)	SDF*		
	Lac du Retour (2387 m)	TRF, VAI*		
Vallon de Mercuel	Lac noir (2483 m)	SDF*		
Vallon du Clou	Lac Blanc (2850 m)	CRI*		
	Lac Verdet (2727 m)	CRI*		
	Lac noir (2618 m)	CRI*		
	Lac Brulet (2697 m)	CRI*, TAC		
	Lac du Clou (2373 m)	TAC		
Lacs de Forclaz	Lac Noir (2532 m)	CRI*, OBL*, SDF*		
	Lac Verdet (2465 m)	TAC		
	Lac Cornu (2457 m)	SDF*, TAC		
	Lac Riondet (2457 m)	--		
	Lac Esolaz (2423 m)	SDF*, TAC		
		* espèce naturalisées		



Lac Noir
(2483 m)



Lac Riondet
(2457 m)



Lac du Petit
(2400 m)



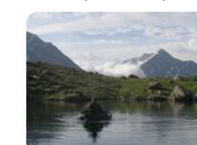
Lac Verdet
(2465 m)



Lac Longet
(2371 m)



Lac Noir
(2532 m)



Lac Verdet
(2445 m)



Lac Noir
(2618 m)



Lac Esolaz
(2423 m)



Lac du Retour
(2387 m)



Lac Brulet
(2697 m)



Lac Blanc
(2850 m)



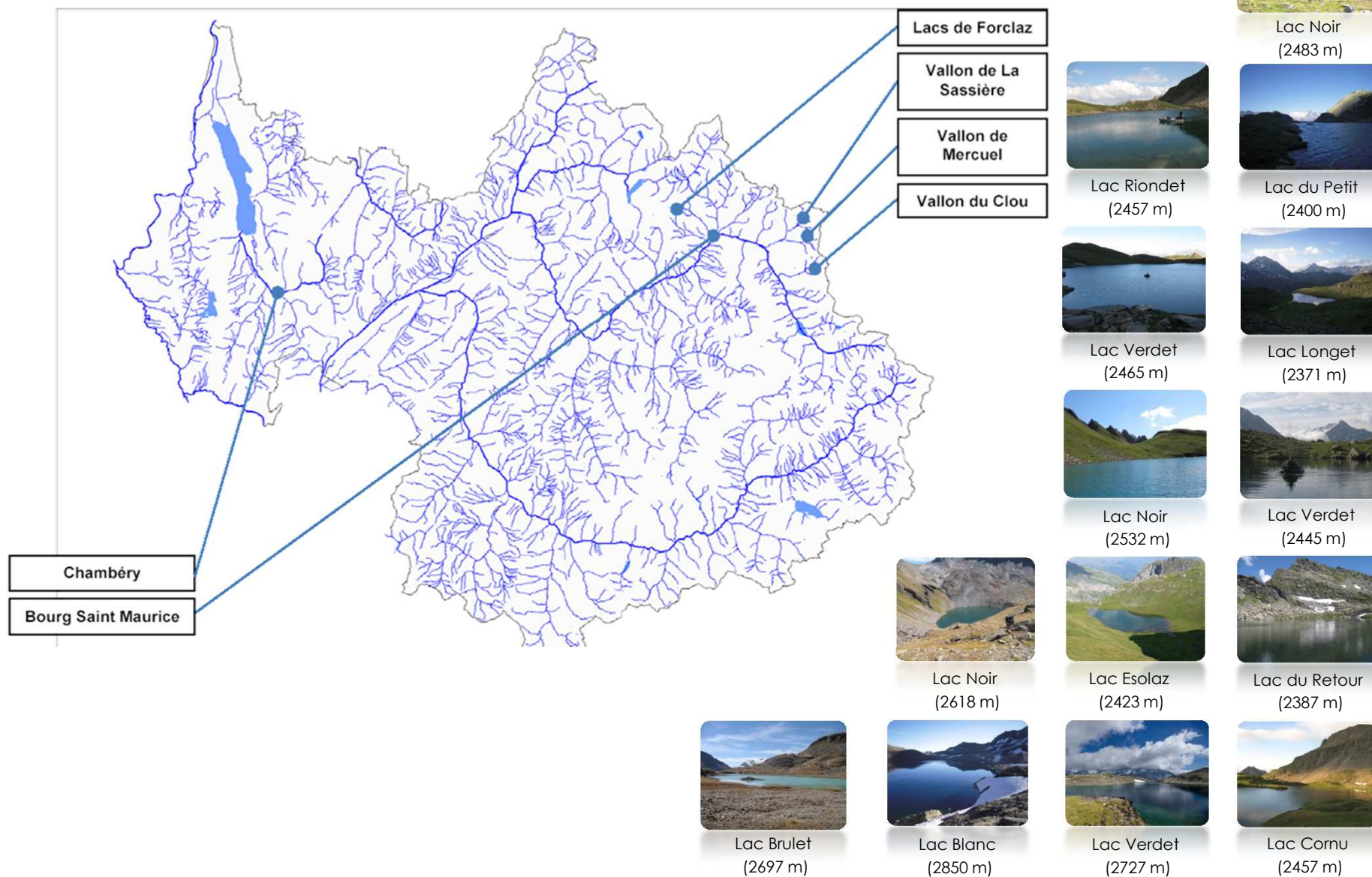
Lac Verdet
(2727 m)



Lac Cornu
(2457 m)

- **15 lacs investigués.**
- **Localisés en Haute Tarentaise.**
- **Altitude systématiquement > 2300 m.**
- **12 lacs comptant des populations naturalisées.**

Le programme initial de la FDPPMA 73 : Etat d'avancement.



Le programme initial de la FDPPMA 73 : Nécessité d'une réorientation.

A l'issue des deux premières saisons de mise en œuvre, certaines limites à notre approche apparaissent :

- *D'un point de vue logistique :*

Une approche « allégée » moyennement satisfaisante en terme de bilan « effort à mettre en œuvre / qualité des données récoltées ».

- *D'un point de vue méthodologique :*

Un référentiel et des paramètres retenus comme synthétiques devant encore être abondés et éprouvés.

- **D'un point de vue fondamental :**

Un référentiel établie uniquement sur des lacs piscicoles et donc « influencés ».

Une analyse du compartiment piscicole faisant abstraction des effets induits sur le milieu.

Milieu considéré au travers de son aptitude à accueillir une composante piscicole introduite.

➡ **Une volonté d'appréhender le compartiment piscicole de façon systémique en le replaçant au sein des interactions avec les autres compartiments trophiques des systèmes lacustres d'altitude.**

➡ **Une base de travail et un jeu de données d'ores et déjà exploitables et intéressants mais devant être complétés au regard des point précédents.**

➡ **Réorientation nécessaire de notre programme initial.**

Synthèse bibliographique et typologie d'approches des lacs d'altitude.

Historiquement, une orientation halieutique marquée :

- **Emergence de l'approche limnologique des lacs d'altitude dès la fin du XIXème siècle** (M. Belloc, 1893, 1894 ; M. Em. Chaix, 1894 ; M. Josef Damian, 1892, 1894 ; Delebecque, 1898).
- **Initialement, une approche descriptive sommaire des caractéristiques géographiques, géologiques et morphométriques** (J. Szaflartski, 1934 ; Gaurier, 1930 ; A. Bourgin, 1947, 1948).
- **Volonté de « mise en valeur piscicole » rapidement très marquée** (J. Coste, 1926 ; L. Léger, 1913, 1925, 1935) **pour devenir ensuite moteur dans l'étude des lacs d'altitude** (B. Dussart, 1949, 1952, 1954 ; P. Chimits, 1952, 1953, 1955, 1960).

➡ **Premières bases d'une politique de gestion qui marquera profondément l'histoire biologique des écosystèmes lacustres d'altitude.**

L'analyse fonctionnelle des peuplements piscicoles introduits :

- **Une bibliographie très riche ciblée sur l'expression des traits d'histoire de vie des espèces piscicoles (croissance, reproduction, alimentation, exploitation de l'habitat) dans les conditions de milieux des lacs d'altitude :**
 - ✓ des Pyrénées (H. Fabre & B. Senocq, 1981, B. Rivier & E. Terzian, 1987 ; B. Rivier, 1992) ;
 - ✓ de Corse (B. Rivier, 1989 ; B. Rivier & B. Dumont, 1987, 1988) ;
 - ✓ des Alpes Françaises (N. Reimers, 1979 ; B. Rivier, 1985, 1987 ; L. Cavalli & al., 1996, 1997, 1998 ; Y. Machino & B. Rivier, 2002) ;
 - ✓ des Alpes Autrichiennes (R. Pechlaner, 1984, 1985, 1987 ; R. Hofer & N. Medgyesy, 1997) ;
 - ✓ des Tatras (P. Dawidiowicz & Z.M. Gliwicz, 1983) ;
 - ✓ des Scandes (A.G. Finstad & al., 2003) ;
 - ✓ de Sierra Nevada (N. Reimers, 1958) et des Rocheuses (D. Toetz & al., 1991 ; D.B. Donald & al., 1980, 1982, 1986, 1993 ; F.M. Wilhelm & al., 1999).
 - ✓ ...

➡ **Des travaux souvent isolés et ponctuels, surtout centrés sur la composante piscicole et la capacité du milieu à l'accueillir...**

Approche fonctionnelle et classification typologique des systèmes lacustres d'altitude :

- **En parallèle au point précédent, approche fonctionnelle des systèmes lacustres d'altitude** (G. Balvay, 1978 ; G. Balvay & B. Blavoux, 1981 ; J.M. Chacornac, 1985 ; B. Dumont & al., 1985 ; N. Mathys & B. Dumont, 1985 ; M. J.C. Druart & al., 1999 ; C.D. Jersabek & al., 2001) **mais démarches généralement isolées.**
- **Besoin d'une vision synthétique à plus large échelle géographique** ⇔ **phase d'inventaire des lacs d'altitude** (J.L. Edouard, 1983 ; Cemagref, 1985) ;
- **Emergence et développement des outils de classification** (J.P. Martinot, 1979 ; J.P. Martinot & A. Rivet, 1985 ; J.M. Chacornac, 1984, 1986 ; D. Radenen Girard & A. Chapeau, 1986 ; S.E. Wilson & K. Gajewski, 2004 ; P. Bitusik & al., 2006 ; A. Boggero & al., 2006) ⇔ **combinaison des variables mésologiques et données biologiques afin de qualifier la valeur prédictive des données environnementales.**
- **Essais récents de typologie « ichtyologique »** (C. Argillier & al., 2002 ; F. Degiorgi & al., en cours) ⇔ **Vise à établir le lien entre facteurs environnementaux et organisation des assemblages d'espèces piscicoles afin d'en dégager une valeur prédictive.**

- ➡ **Des approches de typologie fonctionnelle faisant globalement abstraction du caractère piscicole ou non des lacs d'altitude.**
- ➡ **Des outils de typologie « ichtyologique » uniquement applicables aux lacs piscicoles et donc d'ores et déjà influencés par l'introductions d'espèces.**
- ➡ **Globalement, des approches qui ne considèrent pas le poisson au sein même des interactions induites par sa présence avec les autres compartiments trophiques. Risque de biais de lecture.**

L'introduction d'espèces piscicoles et effets induits :

- **Un potentiel clairement établie d'acclimatation** (D. Toetz & al., 1991 ; L. Cavalli & al., 1996, 1997, 1998) **voire de naturalisation** (M. Delacoste & al., 1997 ; A. Brancelj, 1999 ; Y. Machino & B. Rivier, 2002) **des espèces piscicoles introduites.**
 - **Les introductions piscicoles ont montrées des effets significatifs à divers niveaux de l'édifice trophique des lacs d'altitudes :**
 - ✓ **Production primaire** (D.E. Schindler & al., 2001) ;
 - ✓ **Communautés zooplanctoniques** (Anderson, 1980 ; Stoddard, 1987 ; Bradford & al., 1998 ; Carlisle & Hawkins, 1998 ; D. Wicklum, 1999 ; B.R. Parker & al., 2000 ; L. Cavalli & al., 2001 ; D.B. Donald & al., 2001 ; R.A. Knapp & al., 2001 ; A. Brancelj, 1999) ;
 - ✓ **Communautés macrobenthiques** (R.A. Knapp & al., 2001 ; C.J. Walters & R.E. Vincent, 1973 ; Bahls, 1980 ; Carlisle & Hawkins, 1998 ; Zaret, 1980) ;
 - ✓ **Peuplements amphibiens** (R.A. Knapp & al., 2001 ; Bradford, 1989 ; Bradford & al., 1998 ; Knapp & Matthews, 2000).
 - **Mécanismes impliquant les aspects de prédation** (Y. Bouvet & J.M. Chacomac, 1986), **d'influence sur la transformation des flux de matière et d'énergie** (Leavitt & al., 1994 ; McNaught & al., 1999) **voire de transferts de pathogènes** (R.A. Knapp & al., 2007).
 - **Un degré de résilience apparemment important malgré une faible résistance des compartiments précités** (R.A. Knapp & al., 2001, 2005, 2007 ; V.T. Vredenburg, 2004).
 - **Mais une empreinte qui dure dans le temps** (D.B. Donald & al., 2001 ; D.W. Schindler & B.R. Parker, 2002).
-
- ➡ **Des espèces introduites qui interagissent avec l'ensemble des niveaux d'échelles trophiques du milieu receveur.**
 - ➡ **Des effets avérés sur les communautés natives en terme de biodiversité.**
 - ➡ **Importance du statut des espèces introduites (acclimatées, naturalisées) et de la donnée de gestion piscicole.**
 - ➡ **S'orienter vers une intégration des effets induits dans le cadre d'une approche fonctionnelle plutôt que vers une « recherche de preuves d'impacts »...**
 - ➡ **Une implication à des niveaux d'échelles emboîtées dont il est indispensable de tenir compte dans toute approche fonctionnelle et systémique.**

Les lacs d'altitude : « hots spots » pour le suivi des changements globaux :

- **Positions géographiques et altitudinales, aires contributives restreintes, faibles diversités spécifiques, flux de matières et réseaux trophiques simplifiés, pression anthropique limité ⇔ Lisibilité plus aisée.**
 - **Caractère de milieu intégrateur rapidement ciblé** (Skjelkvale & Wright, 1998 ; Sommaruga, 2001 ; Battarbee & al., 2002 ; Psenner & al., 2002 ; R.D. Vinebrooke & P. Leavitt, 2005) **et développement de la notion de milieu « sentinelle »** (C.M. Flanagan & al., 2009 ; D.W. Schindler, 2009).
 - **Intégration des grands changements globaux (climatiques, paysagés, transferts atmosphériques) influençant l'ensemble des échelles de fonctionnalité du système lacustre :**
 - ✓ **Physico-chimie et métabolisme thermique** (Psenner, 1989 ; Drever & Zobrist, 1992 ; A. Marchetto & al., 1995 ; Mosello & al., 1995 ; A. Boggero & al., 1998 ; R. Mosello & al., 1999 ; R. Sommaruga & al., 1999 ; Koinig & al., 1997 ; Battarbee & al., 2001 ; M. Rogora & al., 2003 ; R.W. Battarbee, 2005 ; D. Strang & al., 2010) ;
 - ✓ **Production primaire, cycle des nutriments et chaîne trophique** (R.D. Vinebrooke & al., 1998 ; Catalan & al., 2002 ; Battarbee & al., 2002 ; M. Rogora & al., 2003 ; R.W. Battarbee, 2005 ; R.D. Vinebrooke & P. Leavitt, 2005 ; B.R. Parker & al., 2008) ;
 - ✓ **Changements dans les communautés planctoniques** (T.I. Moiseenko & al., 1997 ; J. Fott & al., 1999) ; R.D. Vinebrooke & P. Leavitt, 1999 ; Pla, 1999 ; Catalan & al., 2002 ; C.M. Flanagan & al., 2009 ; Sorvari & Korhola, 1998 ; Koinig & al., 2002 ; Yang & al., 2002 ; Jones & al., 2003 ; J.E. Saros & al., 2003, 2005 ; A.P. Wolfe & al., 2003) ;
 - ✓ **Changements dans les communautés chironomidiennes** (Battarbee & al., 2002 ; A. Boggero & al., 2006 ; D.F. Porinchi & al., 2007) ;
 - ✓ **Contamination par les éléments traces métalliques** (G. Köck & al., 1996 ; Yang & al., 2002 ; Rognerud & al., 2002 ; R.W. Battarbee, 2005), **les composés organiques tels que les PCB et HAP** (C. Steinberg & al., 1989 ; E. Escartin & C. Porte, 1999 ; P. Fernández & al., 2000 ; Rose & al., 2001 ; Rognerud & al., 2002 ; J.O. Grimalt & al., 2003 ; I. Vives & al., 2003 ; R.W. Battarbee & al., 2005 ; P. Schmid & al., 2006).
- ➡ **Abstraction de l'influence de la composante piscicole sur les compartiments trophiques ici utilisés.**
- ➡ **Le peuplement piscicole : Un intérêt clairement identifié dans le cadre de l'évaluation de la contamination des milieux par les micropolluants.**
- ➡ **Importance du statut des espèces introduites (acclimatées, naturalisées) et de la donnée de gestion piscicole.**

La place du poisson dans l'étude des lacs d'altitude.

De façon très schématique :

Approche « piscicole »

- Centrée sur l'expression des traits écologiques des espèces introduites.
- Abordant le milieu au travers de son potentiel piscicole.
- Approche typologique utilisant la composante ichtyique comme indicatrice d'un état de fonctionnalité de milieux initialement apiscicoles.

- Un couplage conditions de milieux / statut des peuplements piscicoles intégrant de fait les effets des introductions.
- Une typologie « ichtyologique » applicable uniquement aux lacs piscicoles et caractérisant une gamme de milieux « influencés ».

Approche « impacts »

- Le poisson uniquement en tant qu'empreinte anthropique.
- Objectif principal de recherche d'impacts.



- Cible la notion d'impacts plus que l'évaluation et la qualification des interactions avec l'édifice trophique receveur.
- Ne considère pas l'intégration de cette composante allochtone au système lacustre et à son histoire biologique.

Approche « systémique »

- Approche typologique faisant abstraction du caractère piscicole ou non des lacs d'altitudes.
- Monitoring des changements globaux enregistrés n'intégrant pas les interactions et effets induits.

- Une typologie « fonctionnelle » intégrant sans discernement milieux références et milieux « influencés » au sein d'un même continuum.
- Des effets induits sur les compartiments utilisés en tant qu'outil de monitoring demandant à être évalués et intégrés.

La place du poisson dans l'étude des lacs d'altitude.

De façon très schématique :

Approche « piscicole »

- *Centrée sur l'expression des traits écologiques des espèces introduites.*
- *Abordant le milieu au travers de son potentiel piscicole.*
- *Approche typologique utilisant la composante ichtyique comme indicatrice d'un état de fonctionnalité de milieux initialement apiscicoles.*

- *Composante biologique allochtone et introduite interagissant et modifiant nécessairement l'écosystème receveur l'ayant intégré.*
- *Malgré un degré de résilience des systèmes, empreinte passée et actuelle à prendre en compte dans toute démarche holistique d'étude.*

Approche « impacts »

- *Le poisson uniquement en tant qu'empreinte anthropique.*
- *Objectif principal de recherche d'impacts.*



Des approches d'études aujourd'hui très poussées et élaborées mais :

Un recadrage de la place de la composante piscicole qui semble indispensable dans un soucis d'approche objective et systémique des lacs d'altitude.

Approche « systémique »

- *Approche typologique faisant abstraction du caractère piscicole ou non des lacs d'altitudes.*
- *Monitoring des changements globaux enregistrés n'intégrant pas les interactions et effets induits.*

Un besoin s'intégrant dans un intérêt évident à l'établissement d'échanges et de travaux concertés entre scientifiques et gestionnaires dans le cadre d'une démarche pluridisciplinaire.

Programme de recherche en projet.

Entre autres questions :

- *Quels biais induit à la valeur prédictive des compartiments utilisés dans le cadre d'une approche fonctionnelle ?*
- *Intégrer une gamme de milieux influencés ou modifiés par la présence piscicole dans les classifications ?*
- *Quels biais induit à la lecture des compartiments utilisés en tant qu'indicateurs des changements globaux ?*

Projet visant à une meilleure compréhension... :

- **des processus et gammes de conditions permettant une naturalisation ou non ;**
- **des implications et empreintes écologiques de ces implantations sur des systèmes originellement apiscicoles ;**

... en vue de l'évaluation et de la qualification des influences induites sur les compartiments trophiques utilisés en tant qu'indicateurs tant dans une approche fonctionnelle que de suivi des changements globaux.

Intérêts multiples :

- *Données permettant aux gestionnaires d'envisager sa politique en connaissance de cause quant aux effets induits sur les enjeux biologiques et de biodiversité comme sur la valeur de milieu de référence.*
- *Travail permettant d'abonder les approches fonctionnelles comme de monitoring en intégrant les effets et empreintes liés aux introductions piscicoles sur les outils et indicateurs utilisés.*
- *Démarche qui participera à une meilleure qualification du caractère de « milieu de référence » des lacs d'altitudes.*
- *Approche globale qui participera aux débats d'actualité concernant le regard porté sur les introductions d'espèces.*

Programme de recherche en projet.

Réflexion encore en cours concernant les moyens à mettre en œuvre :

Sur la base du programme initialement développé :

- **Compléter le protocole et les paramètres analysés** - appréhender pleinement les interactions entre compartiment piscicole introduit et édifice trophique d'origine (communautés planctoniques notamment).
- De fait, intégrer à la fois des **lacs piscicoles comme apiscicoles**.
- Secteur géographique **centré sur les Alpes du Nord** dans un premier temps (73, 74, 38, 05) et ne se limitant pas aux aires protégées.
- Intégrer les **données piscicoles et historiques de gestion** (paramètre d'analyse ; éléments de choix des lacs).
- **Intégrer des éléments d'approche diachronique** (notamment paléolimnologique ; lacs étudiés communs).
- Compléter les investigations de terrains par les **données de gestion piscicole, statuts des espèces introduites et données d'études** disponibles sur d'autres lacs (base de données).

Evolution du programme initial d'étude vers le projet de programme de recherche dès l'été 2012...



Lac Verdet (2727 m)