

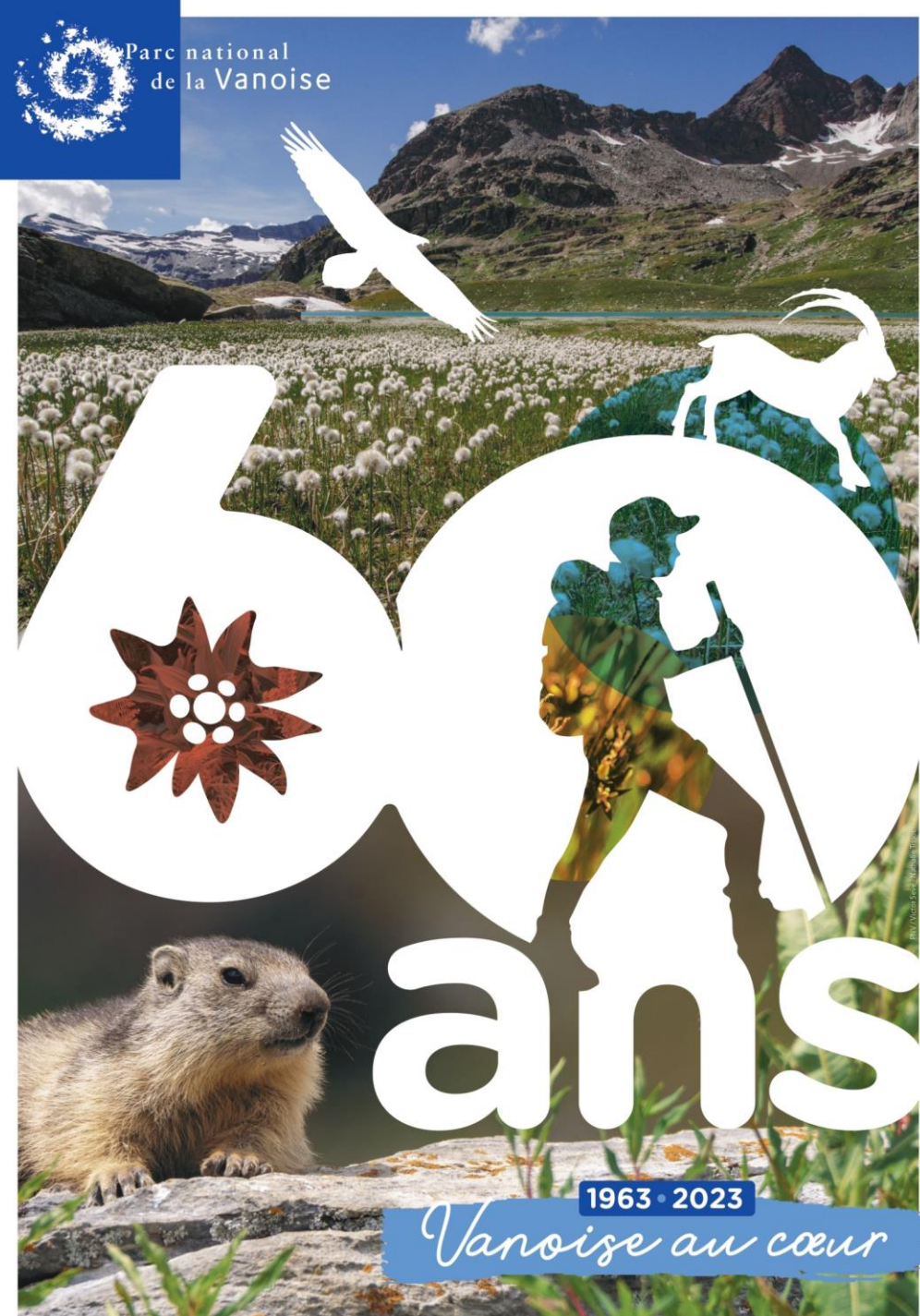
**En 2023, fêtons ensemble
les 60 ans du Parc national**



**Les lacs d'altitude, des sentinelles pour le suivi des changements
globaux des Alpes Françaises**

Méribel – 19 avril 2023





Les lacs d'altitude, des sentinelles pour le suivi des changements globaux des Alpes Françaises

Méribel – 19 avril 2023

Vincent AUGÉ (PNV)

Avec la contribution de Florent ARTHAUD
(Carrtel) et J.B. BOSSON (Asters)



réseau lacs
sentinelles





Les lacs d'altitude, des sentinelles pour le suivi des changements globaux des Alpes Françaises

- Les lacs d'altitude...**
1. des écosystèmes particuliers
 2. ... et sensibles
 3. Le réseau Lacs Sentinelles et ses premiers résultats



1. Les lacs d'altitude



réseau lacs
sentinelles



Lac: étendue d'eau permanente supérieure à 0.5ha et 3m de profondeur et pas entièrement colonisée par la végétation aquatique (Cemagref, 1985)

→ >600 au dessus de 1800m dans les Alpes françaises

1. Les lacs d'altitude, des écosystèmes particuliers



réseau lacs
sentinelles

Comparé aux autres lacs ?

- Surface et profondeur limitées (Blanc du Carro 6m, Merlet supérieur 27m)
- Conditions climatiques extrêmes (gel, neige) → englacement du lac
- Petits bassins versants mais grande influence (pente, absence de végétation, glacier)





Ancien cirque glaciaire

Surcreusement

prof: 22m

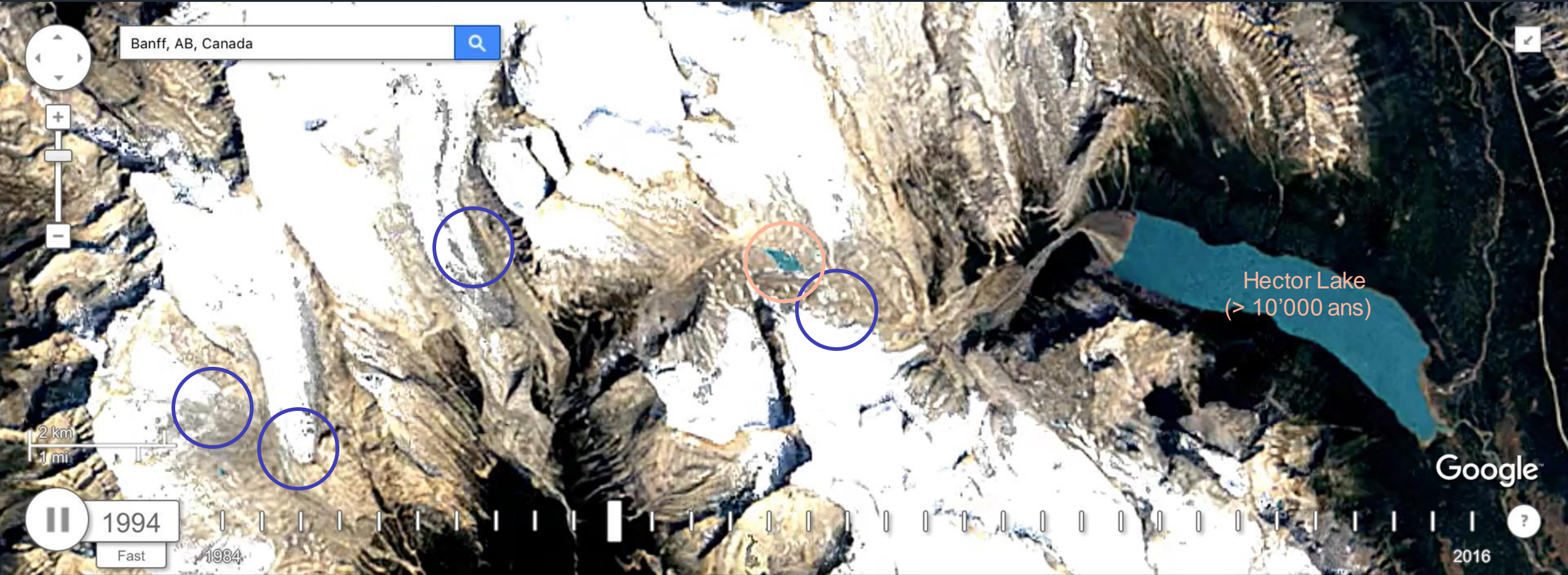
Verrou

Naissance des lacs d'altitude ?

- Erosion : surtout
surcreusement glaciaire

Naissance des lacs d'altitude ?

- Erosion: surcreusement glaciaire



Retrait glaciaire en Savoie : plus de 30 nouveaux lacs >1ha sont apparus ces dernières années

Rocheuses, Canada (© Google engine)



Naissance des lacs d'altitude ?

- Erosion: surcreusement glaciaire
- Barrage: moraine, glissement de terrain, retenue anthropique, etc



Lacs Jovet (© J. Heuret)



Disparition des lacs d'altitude ?

- Comblement sédimentaire (atterrissement)



réseau lacs
sentinelles

Erosion

Transfert sédiments
(et/ou matière organique)

Dépôt

Lacs du Carro (Maurienne)



Particularité des lacs d'altitude

Climat

- Froid (gel journalier, saisonnier, annuel)
- Neige
- Orages



réseau lacs
sentinelles

3465m

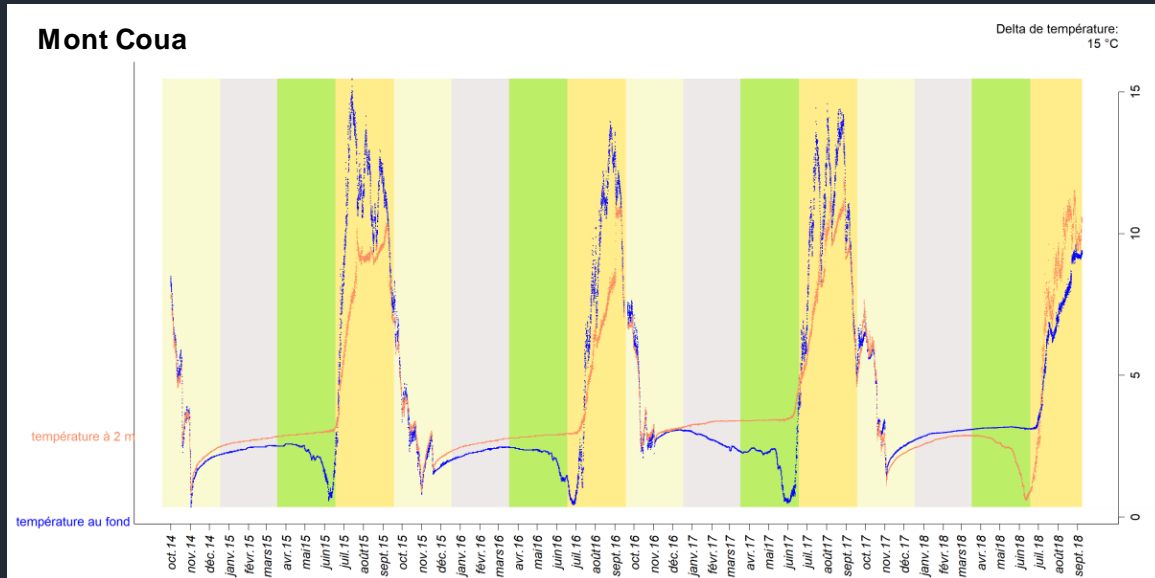
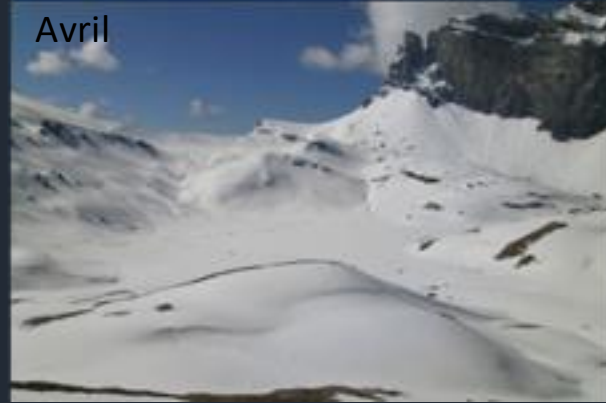
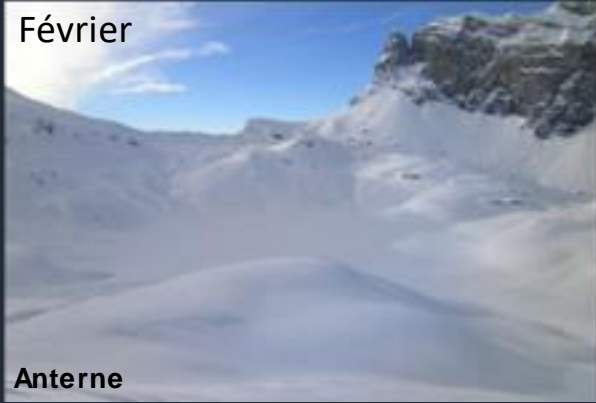
3169m

2102m

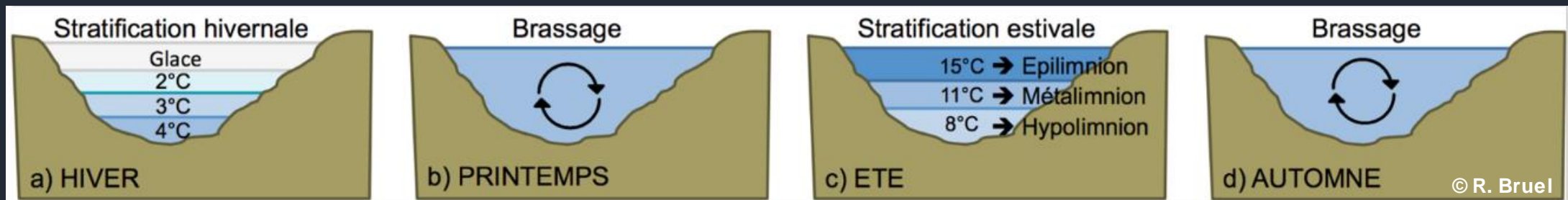
Bassin versants

- Pente
 - Surfaces minérales
 - Torrents
 - Glaciers / permafrost
- Forte dynamique géomorphologique (érosion, transfert, dépôts)
- Activités humaines...

Particularité des lacs d'altitude : fonctionnement physique



- Englacement >6mois par an
 - Lacs mono/di/poly-mictiques (nb de brassage)
 - Oxygénation variable du lac dans le temps
 - Variation de la luminosité (zone euphotique où photosynthèse est possible) dans le temps (glace, turbidité avec sédiments) + fort rayonnement solaire
- Condition de vie *extrême* (pour organismes adaptés)



- Condition de vie *extrême* (pour organismes adaptés)
- Milieux pauvres en nutriments ((ultra)oligotrophes)

Principales communautés

Producteurs: macrophytes, phytoplancton

Consommateurs: zooplancton, macro-invertébrés (insectes, crustacés, etc.), amphibiens

Décomposeurs: bactéries

(naturellement sans poissons)

Zone littorale (riche) vs. centrale (variable suivant T°, lumière, O₂)

→ Réseau trophique (chaîne alimentaire) *simple* mais fragile

2. Les lacs d'altitude, des écosystèmes particuliers **et sensibles**

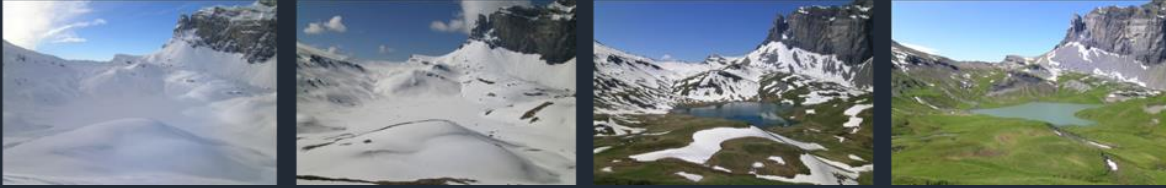
13

Forte valeur environnementale (eau, biodiversité, ...), d'archive (matière accumulée), socio-économique et culturelle (pastoralisme, tourisme, pêche, hydroélectricité...)

Changements globaux :
Climat, environnement, activités humaines
→ Conséquences pour les lacs ?

→ écosystèmes alpins emblématiques, sentinelles des changements globaux

2. Les lacs d'altitude, des écosystèmes particuliers et sensibles

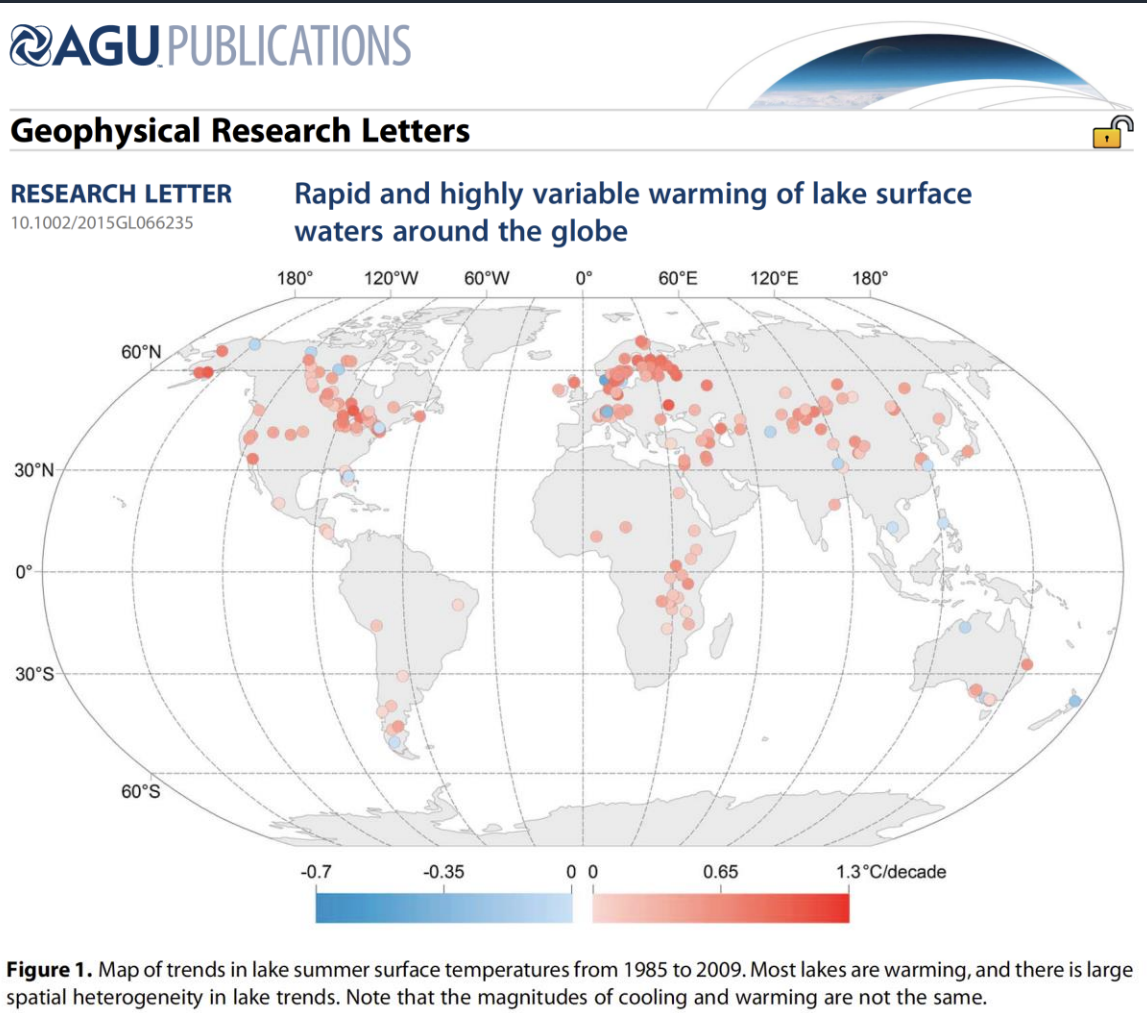


Réchauffement global

Température moyenne 1985-2009

- Air: **+0.25°C / décennie**
- Océan: **+0.12°C / décennie**
- Lacs (env. 130): **+0.34°C / décennie**
- Lacs avec englacmt saisonnier : **+0.48°C / décennie**

Période sans glace plus longue et t° plus chaude, moins de neige dans le BV, etc.
→ **forte sensibilité des lacs d'altitude aux évolutions climatiques**





réseau lacs
sentinelles

Alevinage?

(pas de population piscicole naturelle)

→ Impacts directs et indirects

Principales communautés

Producteurs: macrophytes, phytoplancton

Consommateurs: zooplancton, macro-invertébrés (insectes, crustacés, etc.), amphibiens

Décomposeurs: bactéries



Forte valeur environnementale (eau, biodiversité, etc.), d'archive (matière accumulée), socio-économique et culturelle (pastoralisme, tourisme, pêche, hydroélectricité, etc.)

Les lacs d'altitude, des écosystèmes particuliers **et sensibles**

→ volonté des espaces protégés de mieux connaître et protéger ces écosystèmes alpins emblématiques et importants, sentinelles des changements globaux

3. Le Réseau Lacs Sentinelles

Intérêt croissant des **gestionnaires d'espaces naturels**, des **scientifiques** et **usagers** pour les lacs d'altitude dans les dernières décennies

- 1976-1990 : 1ères études en Vanoise
- 1990s-2000s: suivis, études hétérogènes
- 2009: programme alpin *Ressources en eau dans les aires protégées*
- 2010: début des rencontres annuelles autour des lacs d'altitude
- 2012 : Création du réseau **Lacs Sentinelles** (Groupement d'intérêt scientifique en 2013)
- 2015-2017 : Programme européen POIA → structuration protocole commun sur 20 lacs
- Depuis 2018 : *Sentinelles des Alpes* et soutien renforcé de l'Agence Française pour la Biodiversité
- PITEM Biodiv'Alp et stratégie OFB → élargissement en cours vers Pyrénées, Corse, Alpes italiennes

Les partenaires

Gestionnaires d'aires protégées



Chercheurs



Usagers



Partenaires financiers



Les objectifs

Développer la connaissance avec des recherches inter-disciplinaires et la traduire si besoin en outil de gestion

Coordonner, promouvoir les échanges, donner de la cohérence et de la visibilité aux études menées

Communiquer, sensibiliser sur ces éco-systèmes fragiles

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Les lacs suivis chaque année avec un **protocole standardisé**

Suivi des lacs réalisé par les gestionnaires en lien avec les scientifiques

En Vanoise...



Lac de l'Arpont



Lac blanc du Carro



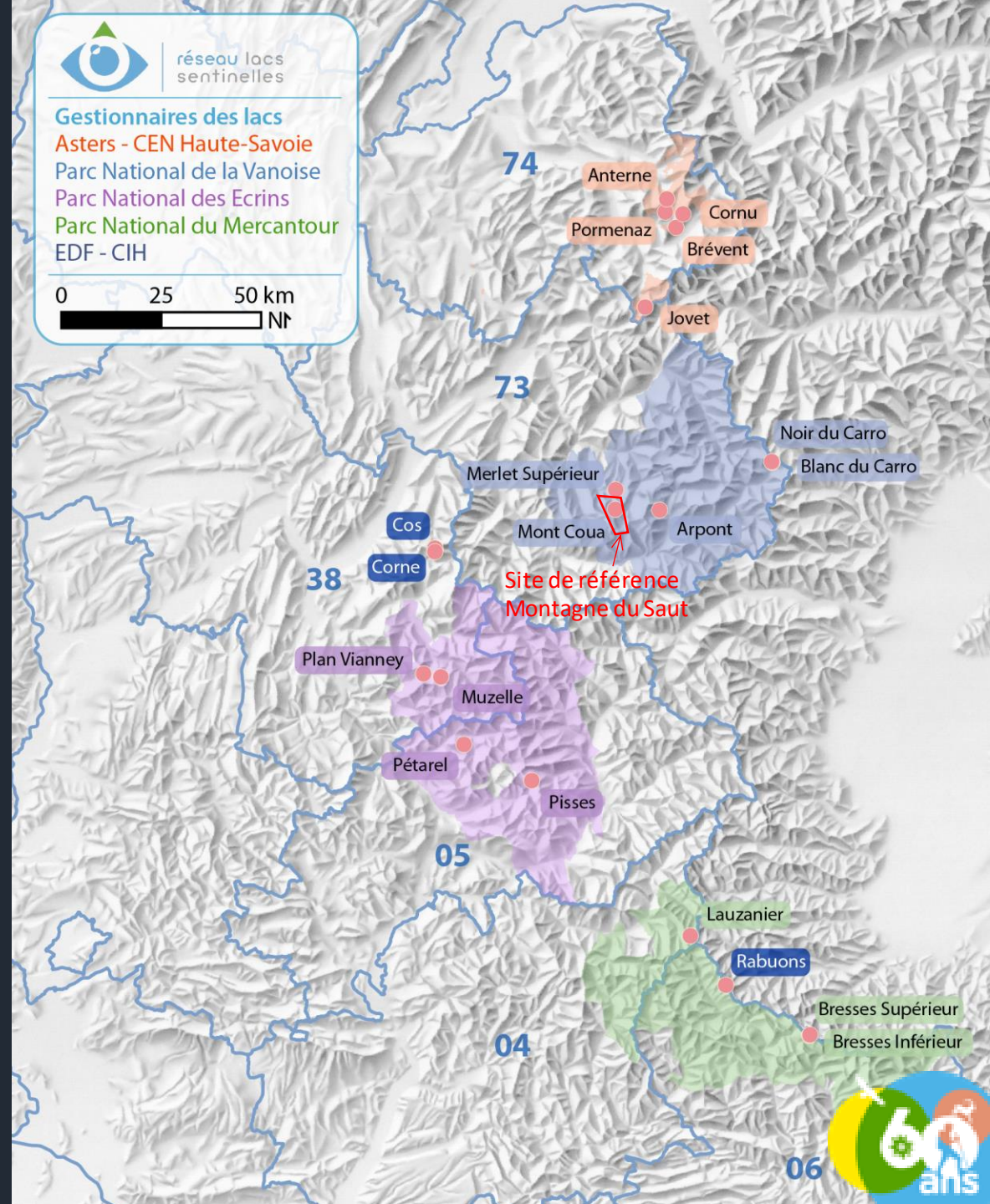
Lac noir du Carro



Lac Merlet supérieur



Lac Mont Coua



Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

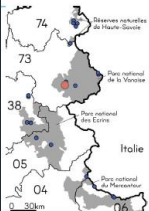
Résultats 2017
Mont Coua

altitude: 2672m
surface: 2.43ha
prof. max: 10m
gel hiver:

Gestion:
PN Vanoise -
FDPPMA 73

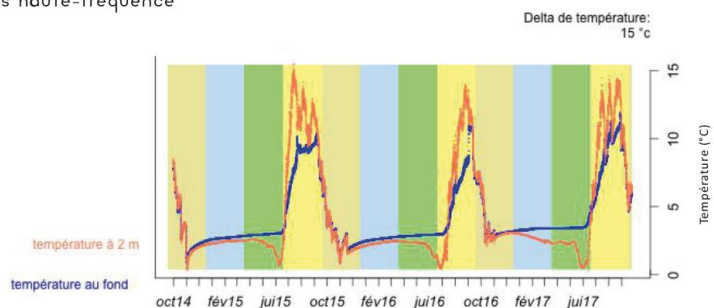
Mission:
28/09/2017

Météo:
clair et ensoleillé



Commentaires sur la mission de terrain

1. Mesures haute-fréquence

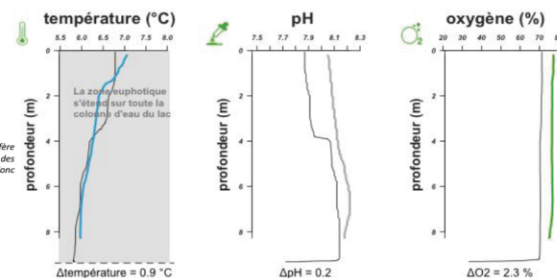


En 2016 à l'automne la date de prise en glace est le 06 nov
chaude qu'à la surface. La période de stratification inversée
est à nouveau supérieure à la température au fond du lac, l'
estivale se met en place. En 2017 la température en surface
maximale en surface a été de 14.58°C.

Résultats 2017
Mont Coua

2. Sonde multiparamètres

L'échelle des axes en abscisses diffère
d'un lac à l'autre. L'amplitude des
courbes selon la profondeur est donc
à relativiser suivant cette échelle.



Le commentaire se base sur
une mesure ponctuelle de
la saturation en oxygène,
il est possible que des
brassages aient lieu lors de
la mesure et qu'une zone
hypoxique ou anoxique
n'ait pas été détectée.

En septembre, la température de profondeur
du lac du Mont Coua était proche de la
médiane calculée sur tous les lacs du réseau.
En surface la température du lac était de 6.9 °C
(la médiane sur tous les lacs du réseau était de
8.7 °C). Au fond du lac, la température mesurée
était de 6 °C (la médiane sur tous les lacs : 6.1 °C).
Il n'y a pas de thermocline observée
dans le lac. La variation de température
entre le fond et la surface est de 0.9 °C.

Au Mont Coua le pH est supérieur
à 8, ce qui traduit une eau alcaline.
Entre la profondeur et la surface,
la variation de pH est minime
(inférieure à 0.4). Le pH reste
stable sur toute la colonne d'eau;
la valeur médiane est de 8.1.

Le lac n'atteint pas le stade
d'hypoxie et conserve dans sa
colonne d'eau une concentration
suffisante d'oxygène dissous.
La variation d'oxygène dissous
entre la surface et le fond du lac
est de 2.3 %.

Profil chlorophylle-a : Paramètre non mesuré pour ce lac

Le lac a une conductivité spécifique moyenne de 61.4 µS/cm, ce qui est
faiblement minéralisé et normal pour un lac à cette altitude. Par contre,
si on le compare aux autres lacs du réseau, le Mont Coua est un des lacs
les plus minéralisés : c'est le 7ème lac avec la plus forte conductivité
sur les 20 lacs mesurés (médiane sur les lacs du réseau : 36.21 µS/cm).



années commune



Lakes

Rapport annuel de suivi



réseau lacs
sentinelles

Rapport annuel 2017 du monitoring Observatoire des lacs d'altitude

Les lacs d'altitude, sentinelles pour le suivi des changements globaux des Alpes françaises

Contribution : Juliette Becquet, Jean-Baptiste Bosson et Carole Birk (Asters), Florent Arthaud (UMR CARTEL)

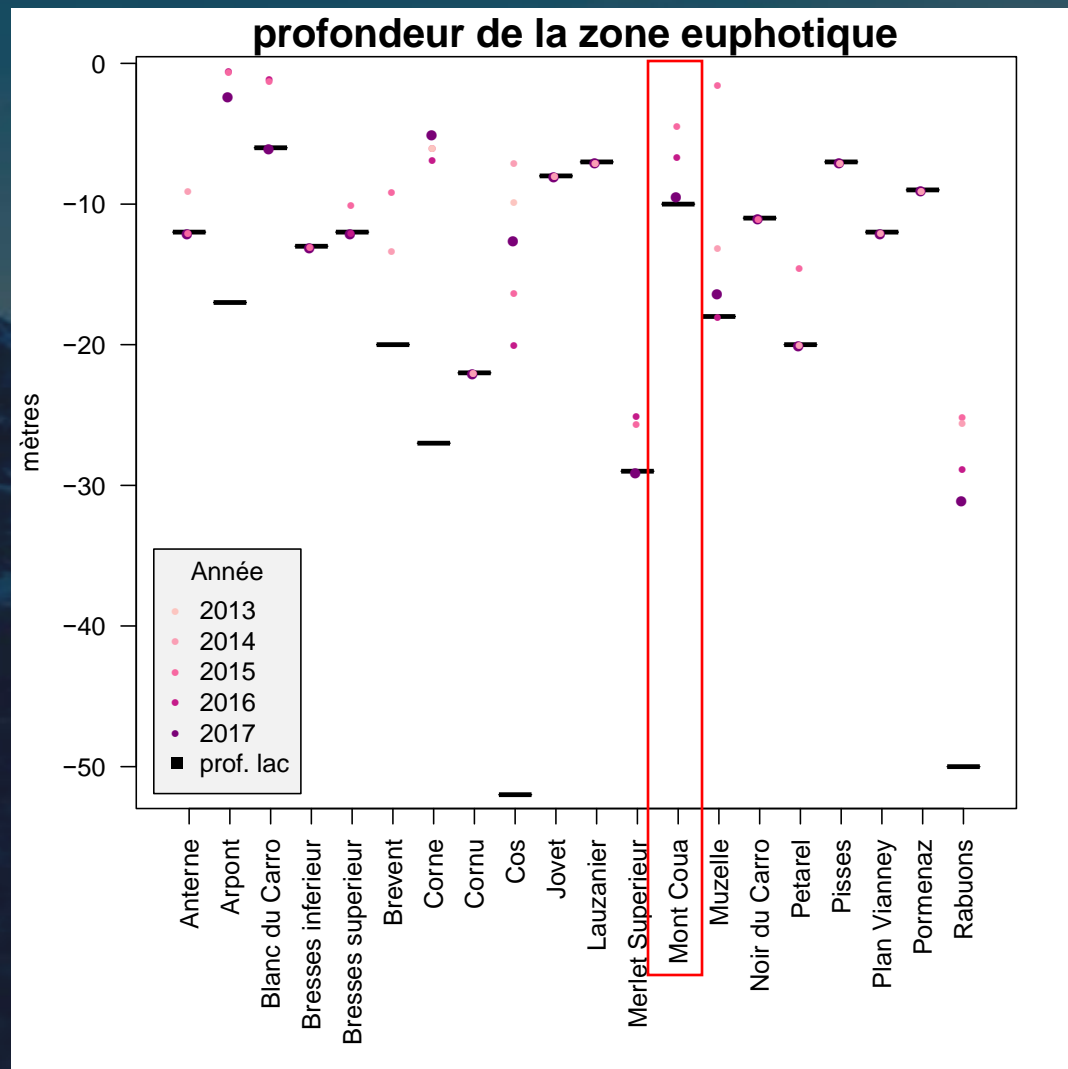
Projet financé avec le concours de l'Union européenne.
L'Europe s'engage sur le Massif Alpin avec le Fonds Européen de Développement Régional



Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Pénétration de la lumière lors de la campagne de septembre



→ Lacs historiquement très turbides (Arpont, Blanc du Carro) vs. clairs (Merlet sup, noir du Carro), Mont Coua intermédiaire (plancton), mais en évolution...

→ Photosynthèse est possible au fond dans de nombreux lacs

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

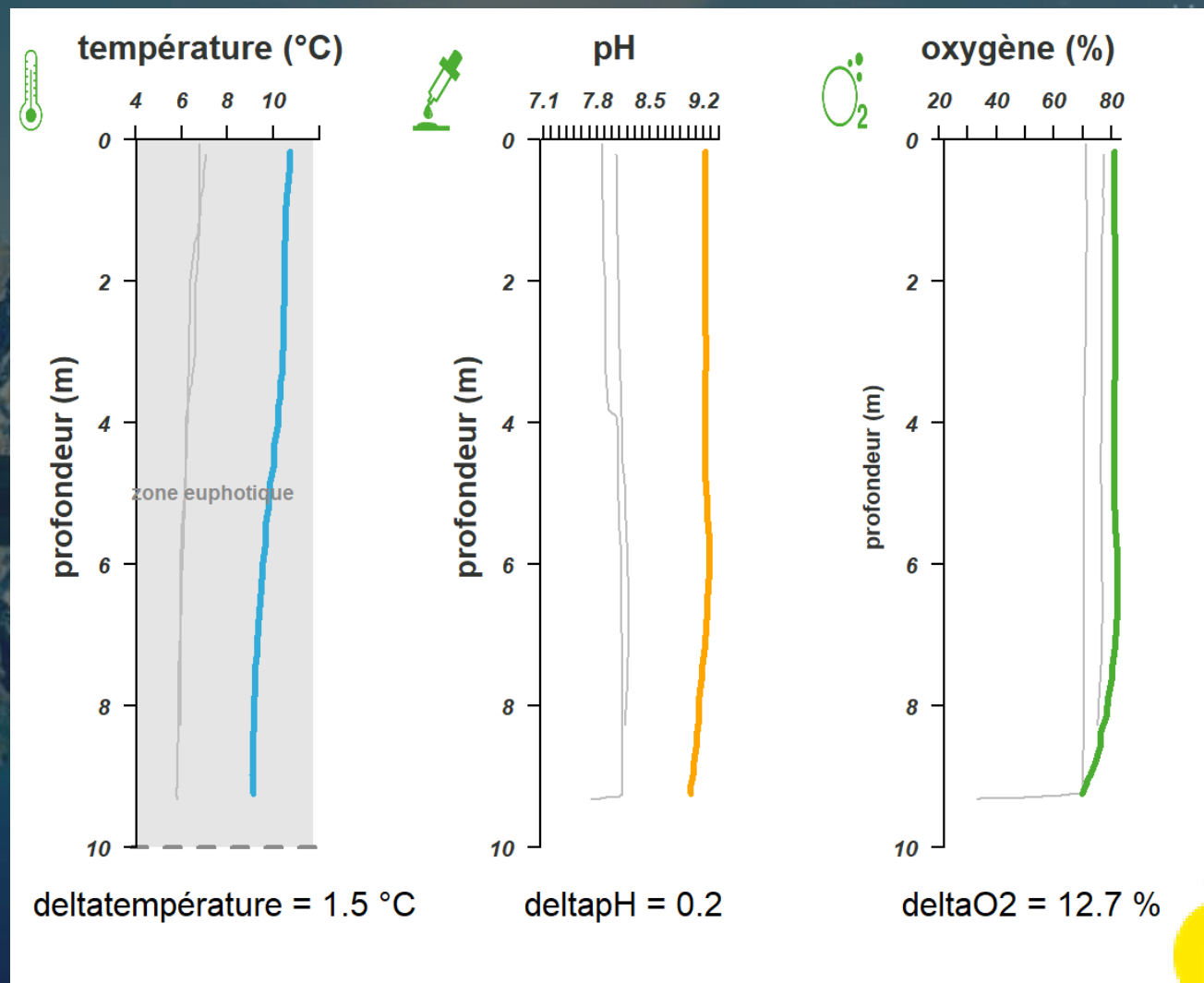
Premiers résultats

Température, pH et O₂ dans la colonne d'eau lors de la campagne de septembre

réseau lacs
alpes

Lac Mont Coua

- Lac non stratifié
- température, oxygénation, pH assez homogène sur la masse d'eau



Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Température à différentes profondeurs

- Fond avec plus forte inertie vs. Surface évolution rapide (0-14°C)
- Stratification inversée 8 mois
- Echelle journalière: fond stable vs variabilité été surface
- Deux brassages par an en automne et printemps

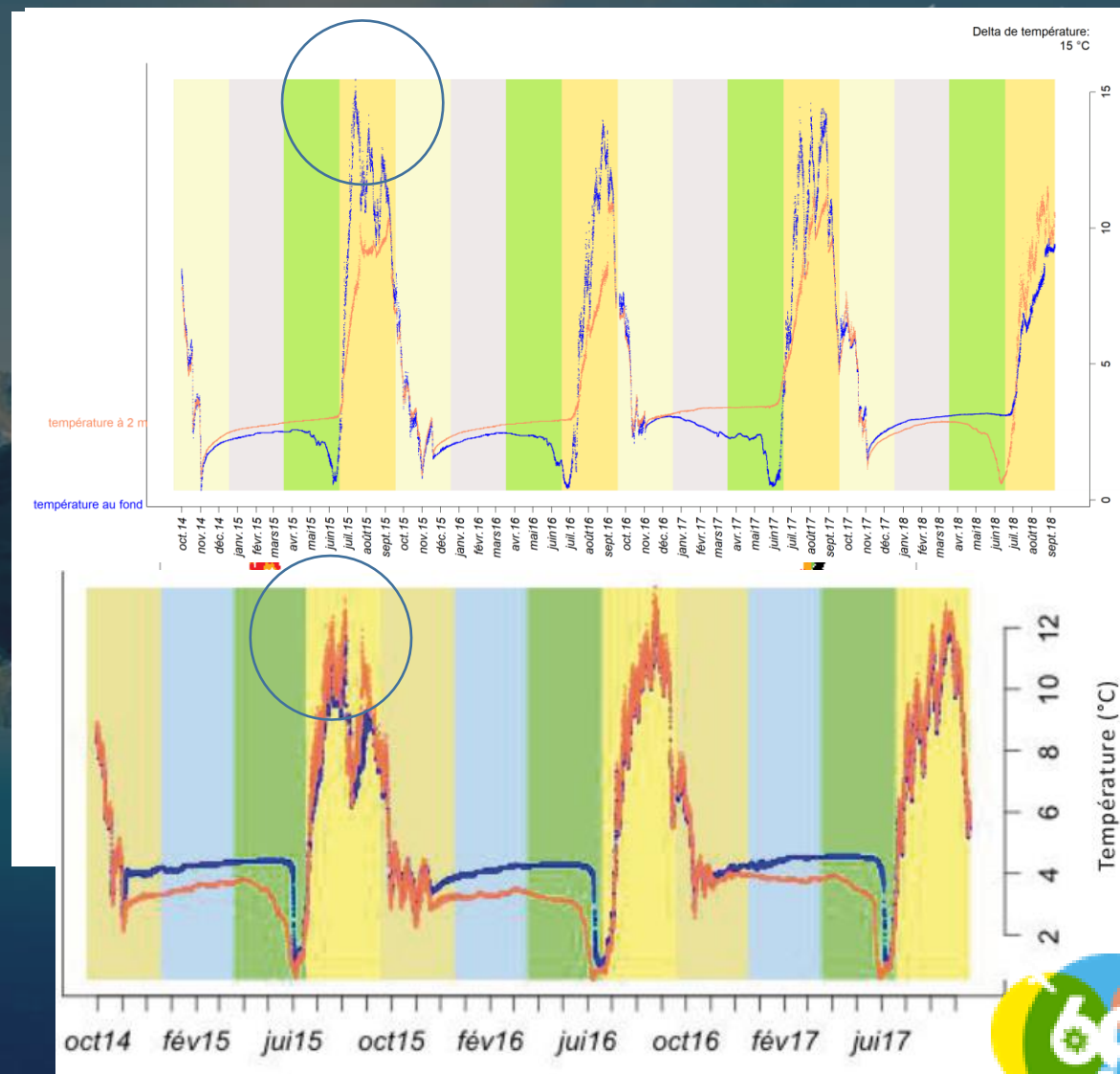
Surface et fond (moins marqué): effet de la canicule de 2015 (la 3^{ème} plus marquée dans les Alpes depuis 1870) :

→ +1 à 3°C en surface

Et de la canicule couplée à sécheresse de 2022 : → +1 à 4°C en surface

Lac Blanc du Carro (2754m)

→ Pas d'effet de la canicule de 2015 (sur-refroidissement avec l'augmentation de l'eau de fonte glaciaire dans le lac), mais + 4°C en 2022 (disparition du glacier)



Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Température à différentes profondeurs

Effet de la météo

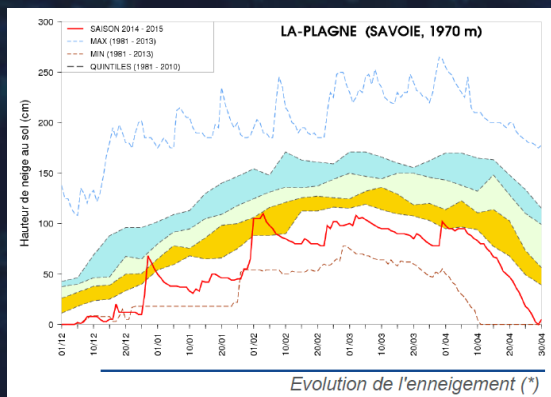
Gros épisodes pluvieux estivaux

→ effets notables sur la température de surface voire du fond (brassage), les matières en suspension

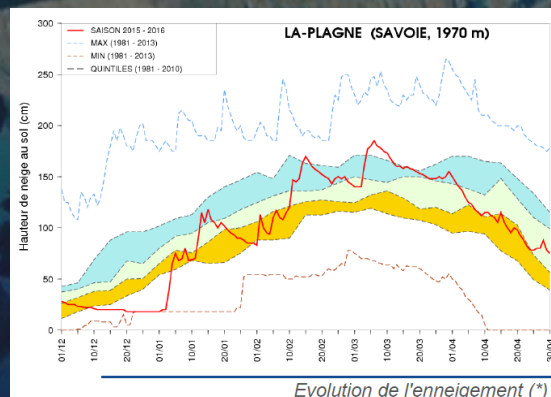
Quantité de neige en hiver & températures de l'air au printemps :

→ décalage de la débâcle d'un mois

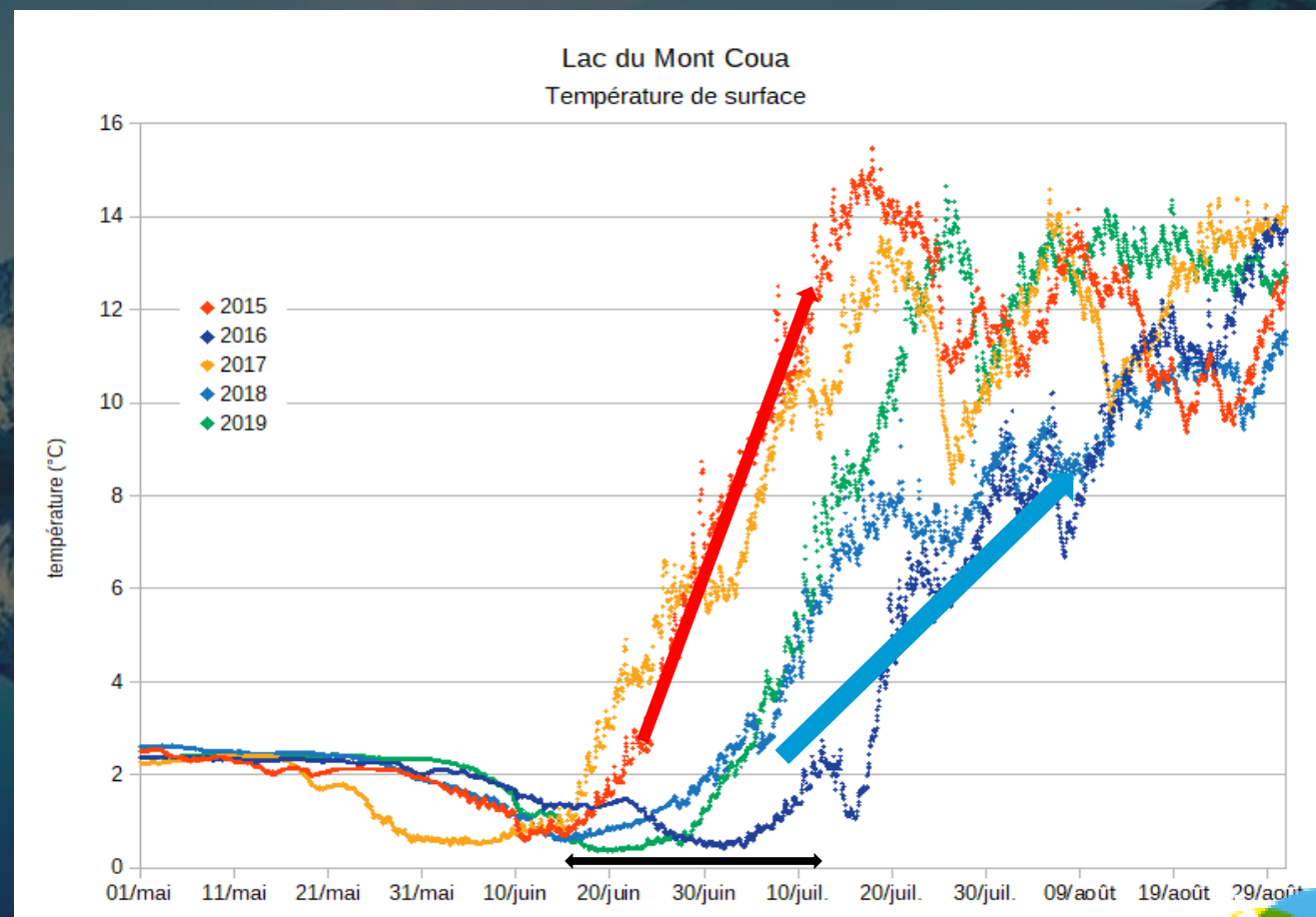
→ vitesse de réchauffement des eaux +/- rapide



2015



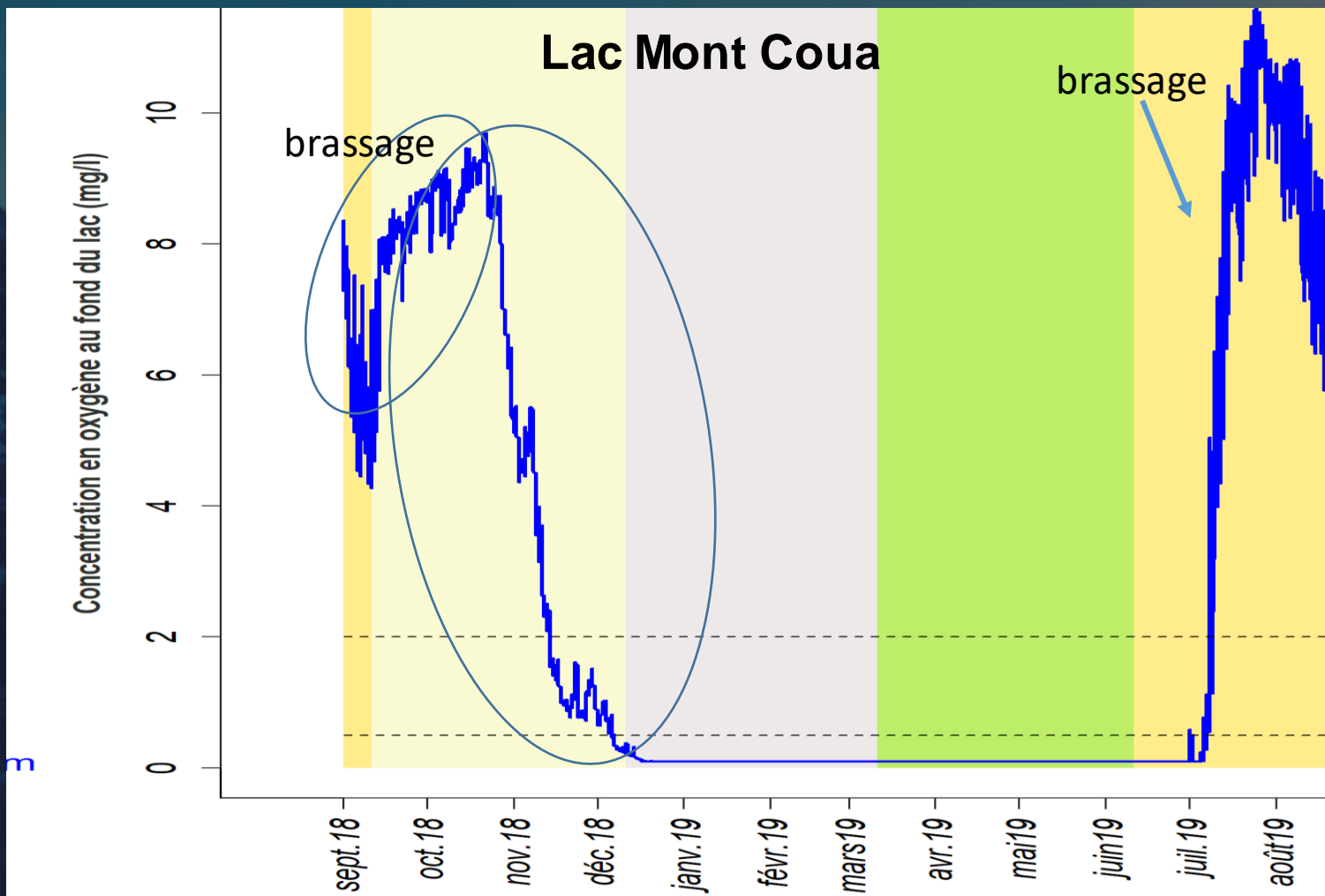
2016



Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

O₂ au fond du lac au cours de l'année

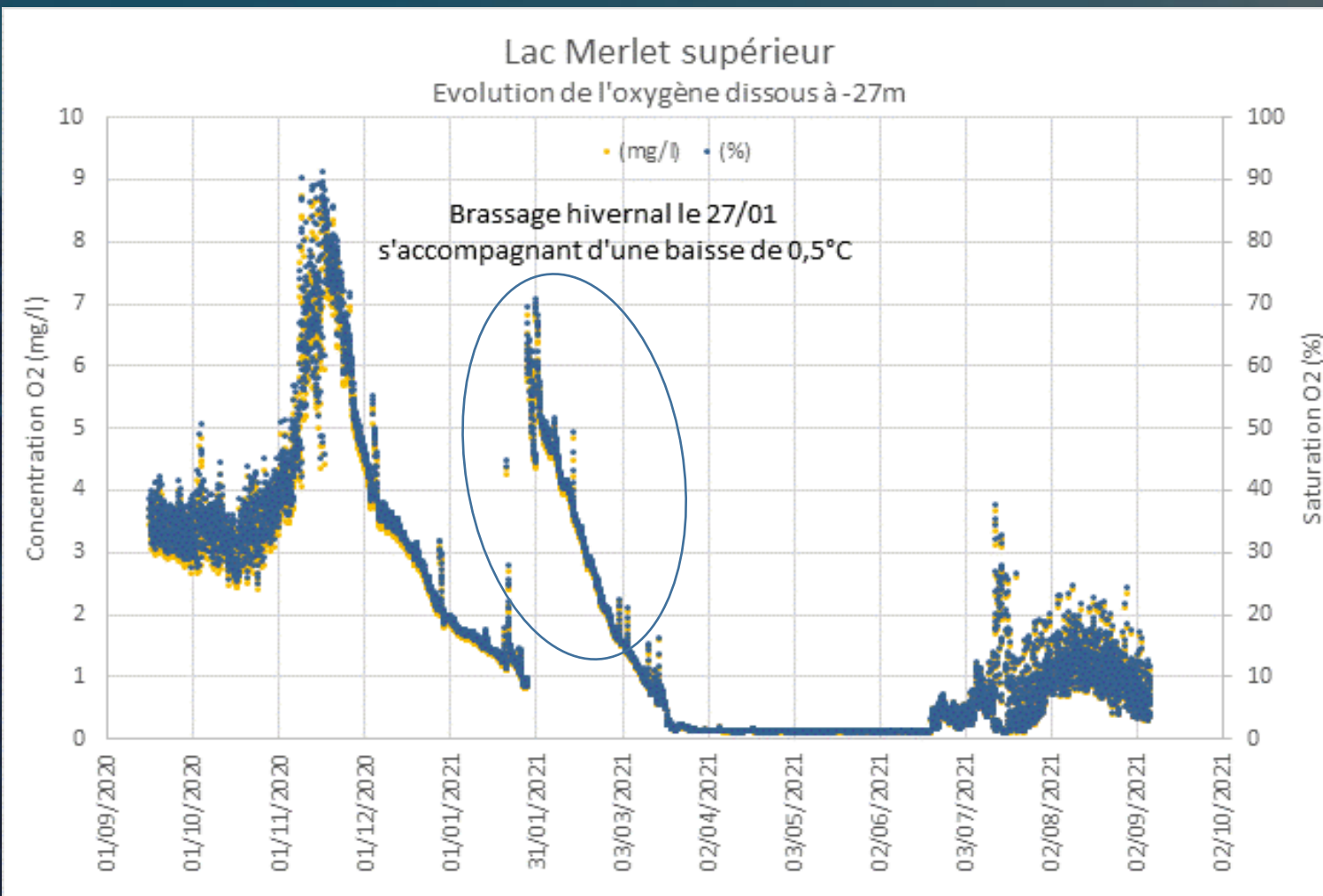


- Brassage automnal = réoxygénation du fond puis diminution de cet oxygène avec sa consommation (plancton, bactéries?)
- Parfois absence d'oxygène plusieurs mois
- Brassage estival

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

O₂ au fond du lac au cours de l'année



→ Brassage automnal =
réoxygénation du fond puis
diminution de cet oxygène avec sa
consommation (plancton,
bactéries?)

→ Parfois absence d'oxygène
plusieurs mois

→ Brassage estival

→ “accident” de réoxygénation fin
janvier 2021! → avalanche

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Des changements importants durant les premières années de suivi
→ arrêt de l'influence glaciaire pour les 2 lacs blancs



réseau lacs
sentinelles



→ Transparence= 0,5 m en 2015 et 2016
Couleur laiteuse



→ Transparence= 5 à 6 m depuis 2017
Couleur turquoise

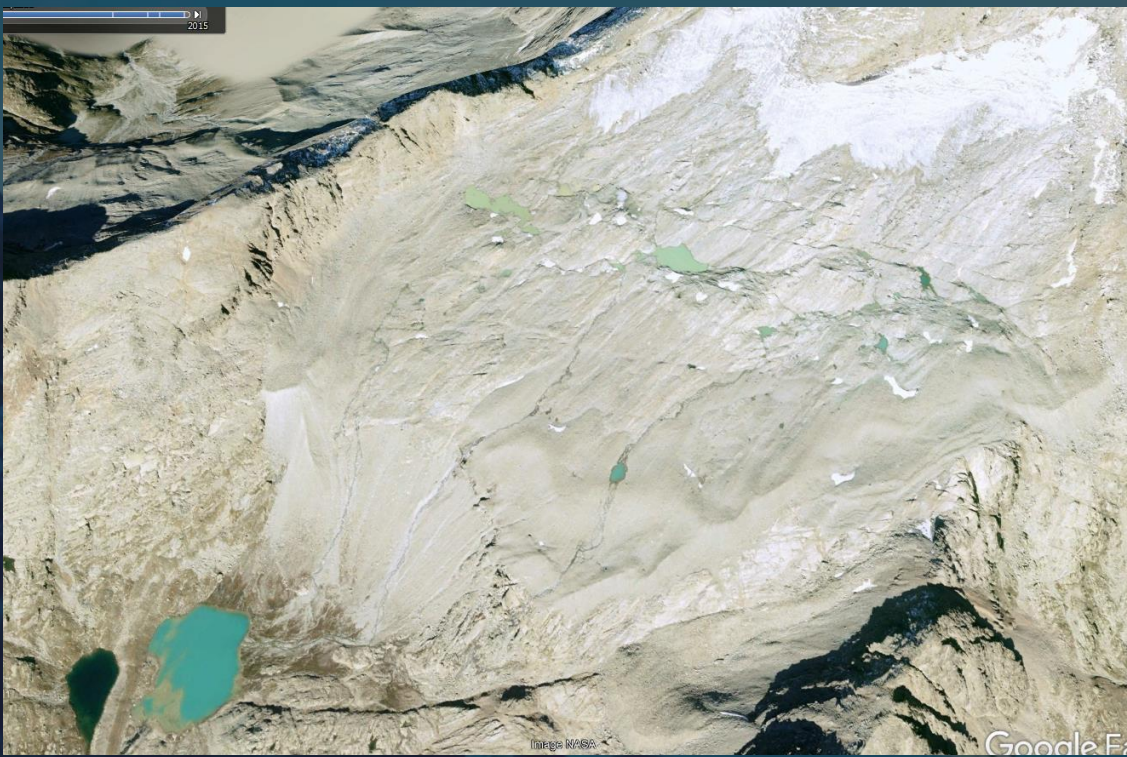
Lac blanc du Carro



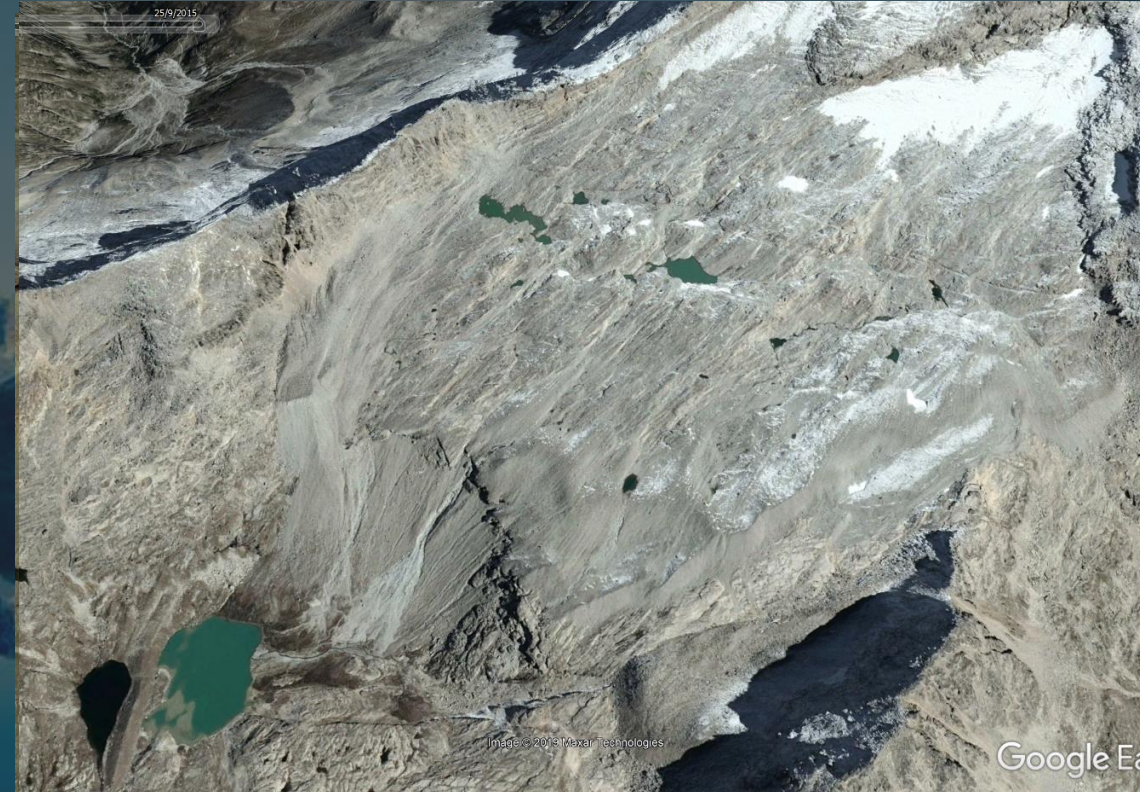
Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Des changements importants durant les 5 premières années de suivi
-> arrêt de l'influence glaciaire pour les 2 lacs blancs



→ 2006
Couleur laiteuse



→ 2012 / 2015
Couleur turquoise

Lac blanc du Carro

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Des changements importants durant les 5 premières années de suivi
-> arrêt de l'influence glaciaire pour les 2 lacs blancs



→ Transparence= 0,2 à 0,9 m de 2015 à 2018 ;
3,4m en 2019
Couleur laiteuse

Lac de l'Arpont

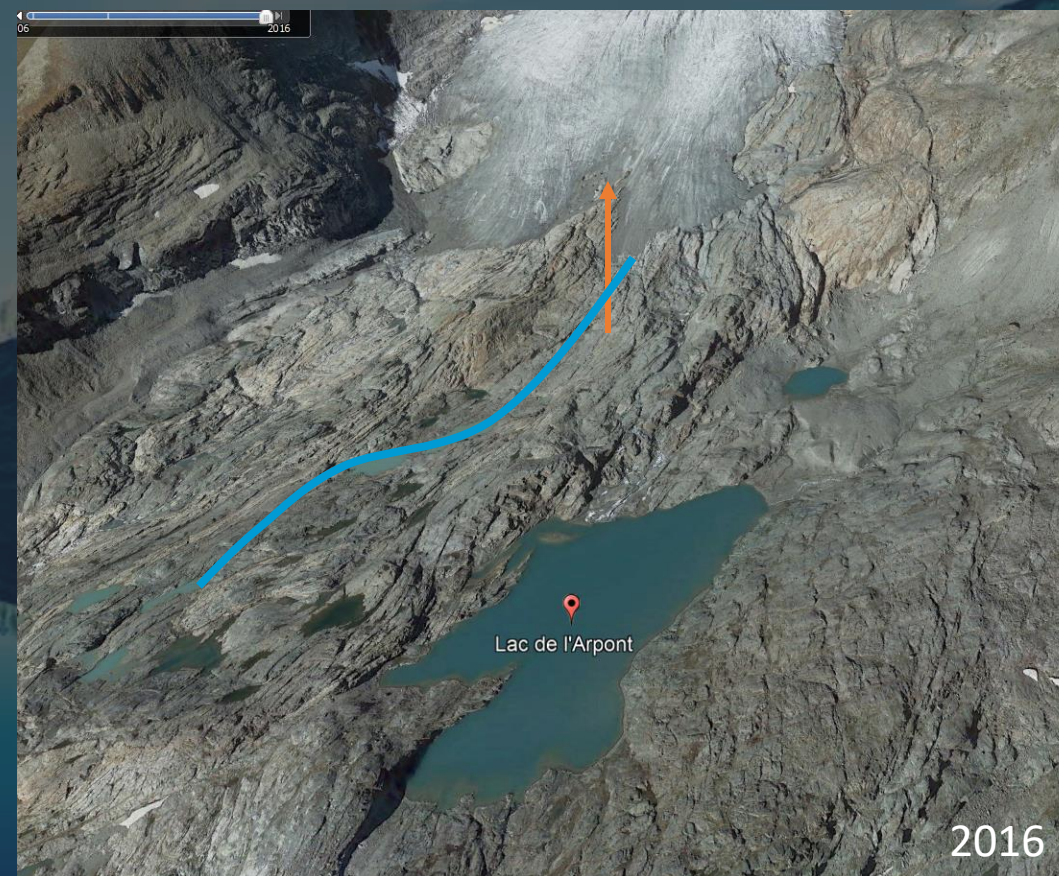
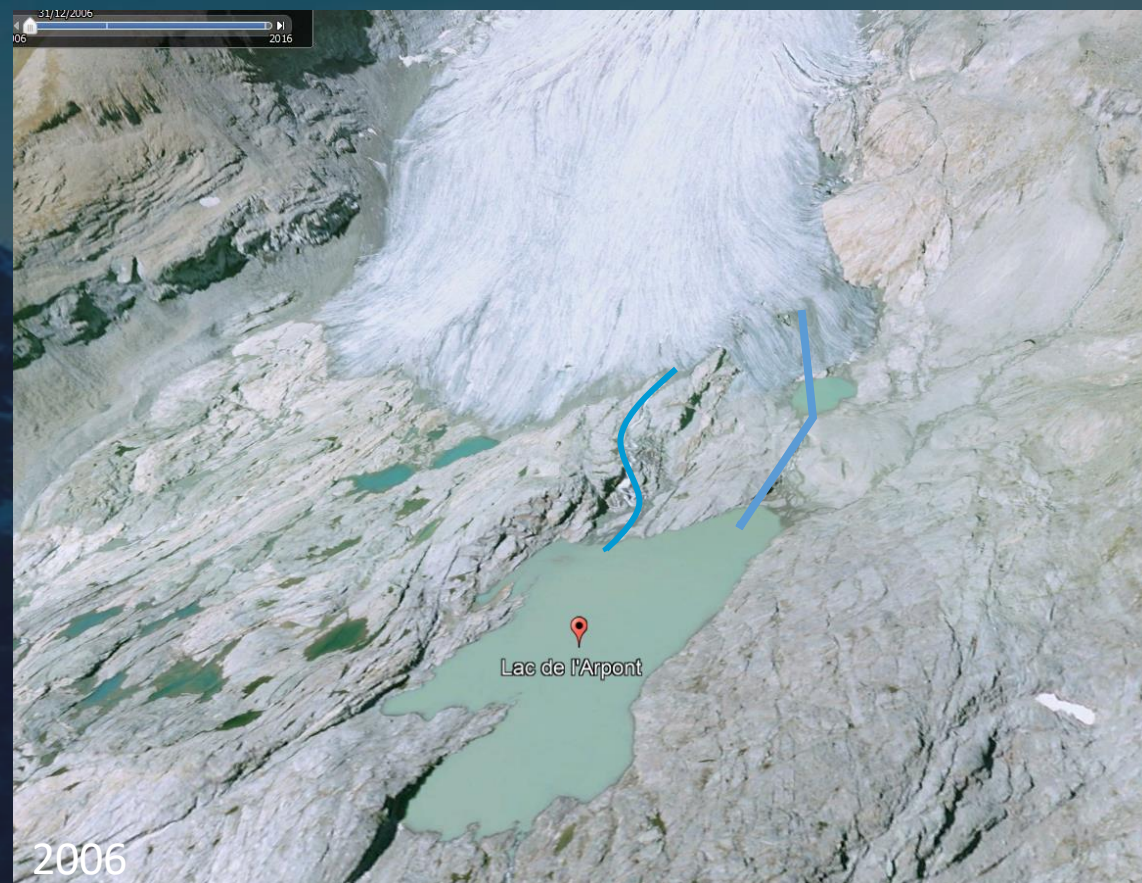
→ Température ne dépassant pas 6°C en été de 2016
à 2018

Température atteignant 14°C en 2019,
17°C en 2022

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

Des changements importants durant les 5 premières années de suivi
-> arrêt de l'influence glaciaire pour les 2 lacs blancs



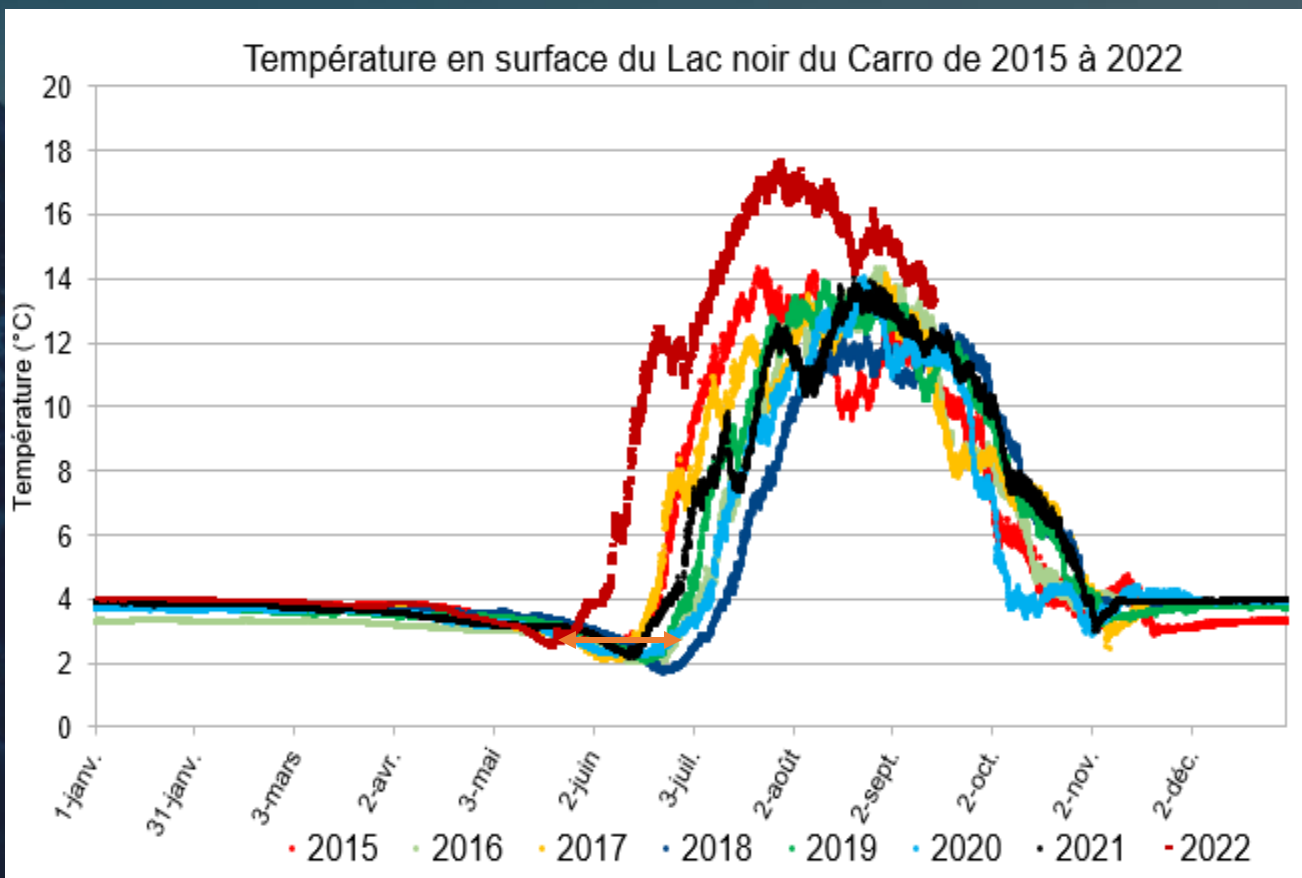
Lac de l'Arpont

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

2022 : une année exceptionnelle, préfiguration des évolutions futures?

-> désenglacement très précoce (1 mois d'avance), augmentation des températures rapides et ne s'arrêtant qu'aux 1ers orages d'août.



	max absolu	nb jours >8°C	nb jours >10°C	nb jours >12°C	nb jours >14°C	nb jours >16°C
2015	14,3	94	79	44	8	0
2016	14,4	76	59	48	6	0
2017	14,1	98	71	44	1	0
2018	12,6	78	62	13	0	0
2019	13,9	93	74	49	0	0
2020	14,1	72	62	28	2	0
2021	14,1	90	74	47	1	0
2022	17,7	94	91	83	65	32

+1 à 4°C selon les lacs

Quels effets sur l'écosystème (espèces aquatiques, oxygénation...)?

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

Premiers résultats

2022 : une année exceptionnelle, préfiguration des évolutions futures?

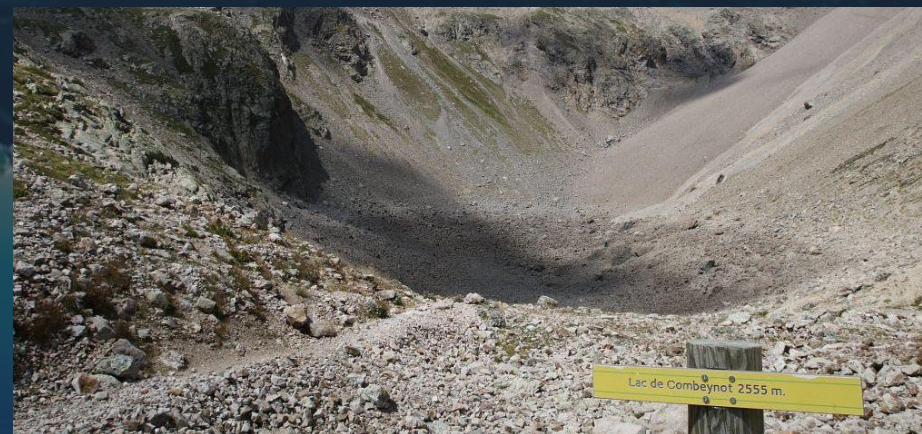
-> une baisse importante du niveau de certains lacs.



réseau lacs
sentinelles



Lac des Echines (Champagny en Vanoise)



Lac de Combeynot en août 2019 (en haut) et en août 2022 (en bas) (Parc national des Ecrins)



Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

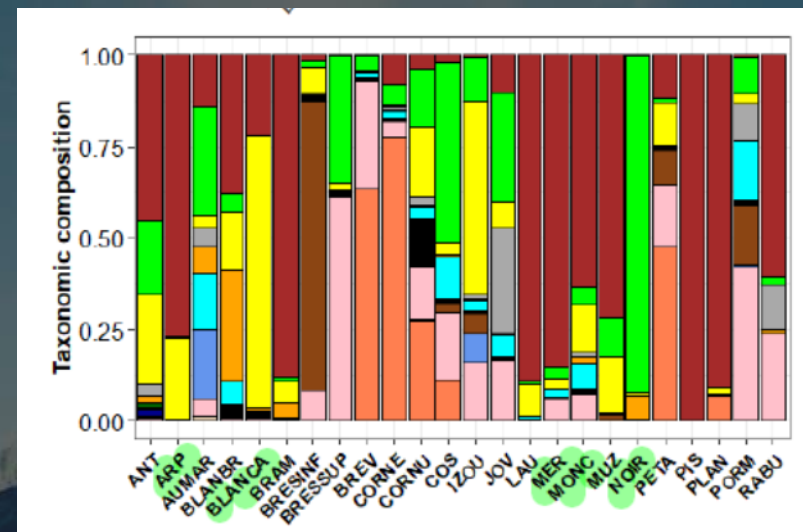
Premiers résultats

2022 : analyse des 10 ans de données



Facteurs d'influence de la composition taxonomique et fonctionnelle du phytoplancton dans 24 lacs de montagne

1^{ère} analyse de la base de données du phytoplancton
<https://si-ola.inrae.fr>



Effet du réchauffement climatique (1ers constats et prévisions) :

- Augmentation de l'abondance et de la richesse phytoplanctonique
- Diminution de la taille des organismes
- Changement de proportion entre groupes

Grande variabilité et diversité selon les lacs

Variation des peuplements phytoplanctoniques avec

- La latitude
- La profondeur des lacs
- La superficie des bassins versants

Action 1. création de l'observatoire des lacs d'altitude

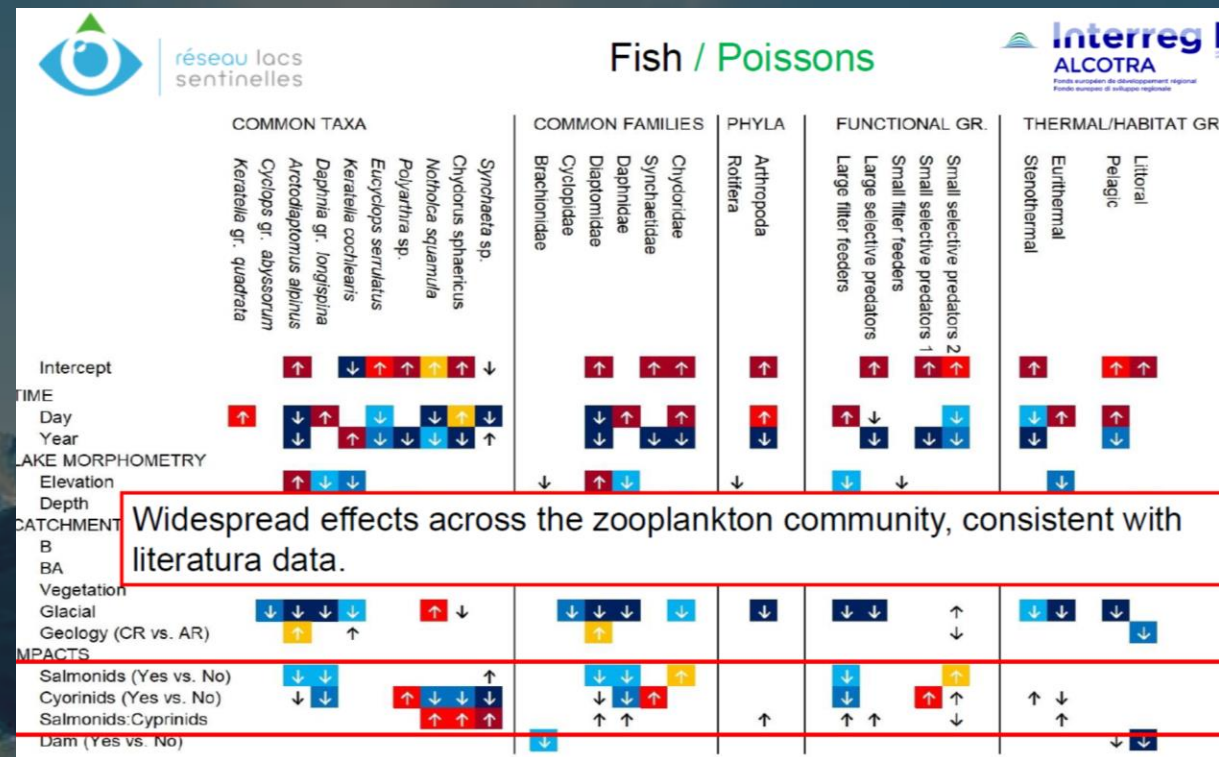
Premiers résultats

2022 : analyse des 10 ans de données

Factors influencing zooplankton communities in 108 mountain lakes from the Western Alps (Italy and France)
 Date: 17/11/2022
 Lieu: Marseille

Fattori influenzanti le comunità di zooplancton nei 108 laghi di montagna delle Alpi occidentali (Italia e Francia)

PC INTERREG V A France - Italia, Italia - Francia. Progetto / progetto n° 5217 – PS3 - GEBIODIV



Effet du réchauffement climatique (1ers constats et prévisions) :

- Diminution de la proportion des taxons et groupes liés aux eaux froides

Forte variabilité intra-annuelle du fait d'une dynamique saisonnière prononcée

Variation des peuplements zooplanctoniques avec

- Une alimentation par les eaux des glaciers
- La présence de poissons



Action 2. Appui à la recherche sur des sites pilotes

Etudes spécifiques menées par les scientifiques avec le soutien des gestionnaires

Interactions glacier- lac



Hydrodynamiques



Sédimentologie



Amphibiens et
poissons

Diatomées

Paléolimnologie



ADN environnemental



Macrophytes



Eco-toxicologie



Microplastiques

Action 3. Communication, sensibilisation



réseau lacs sentinelles

www.lacs-sentinelles.org

LAC DU MONT COUA
Étude et gestion des lacs d'altitude

CONTACTS

Fédération de Savoie pour la pêche et la protection du milieu aquatique
la.fed@saveoie.fr
04 79 85 73 40

Parc National de la Vanoise
secretariat@pnv-mont-blanc.com
04 79 62 30 54



COP23 (Bonn)

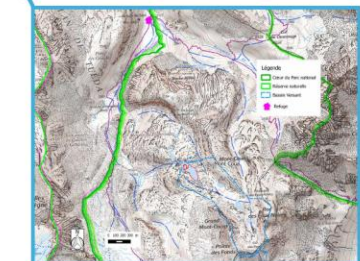


POURQUOI ÉTUDIER LES LACS D'ALTITUDE ?

- Situés au-delà de 1800 m, les lacs d'altitude sont des écosystèmes fragiles. Les études récentes montrent que ces milieux, bien qu'isolés, peuvent aussi être impactés par les changements globaux.
- L'initiative « Lacs sentinelles » a pour ambition de coordonner les recherches et les observations sur une trentaine de lacs d'altitude à l'échelle alpine. L'enjeu est d'améliorer la compréhension du fonctionnement et des menaces qui pèsent sur ces lacs, afin de mieux les préserver.

CARTE D'IDENTITÉ DU LAC

- Altitude : 2672 m
- Superficie : 2,43 ha
- Profondeur maximale : 10 m
- Commune : Les Allues
- Principaux usages : loisirs



À SAVOIR

Le lac du Mont Couva est étudié et suivi depuis le milieu des années 70, car c'est l'un des premiers à avoir fait l'objet d'un alevinage en Omble du Canada (en 1963). Cette espèce, qui n'est plus pêchée, a réussi à s'y implanter durablement puisqu'elle s'y reproduit.

Ce lac est classé dans la catégorie des lacs froids, caractérisés par des conditions climatiques très rigoureuses, une température d'eau ne dépassant pas 9°C, des eaux limpides et faiblement minéralisées.



Rencontres annuelles 2017 (Barcelonnette)

3 auvergne rhône-alpes

Températures record, assèchement précoce... Un été caniculaire inédit pour les lacs d'altitude dans les Alpes

Publié le 23/09/2022 à 16h21
Écrit par Margot Desmas

UN OBSERVATOIRE DES LACS D'ALTITUDE

Des données régulières sur les lacs d'altitude sont obtenues grâce à un suivi standardisé (protocoles)

Une campagne de prélèvements au lac Mariet, en cœur du parc national de la Vanoise, pour le réseau Lacs Sentinelles. © ALICE ROY / PNV

Campagne de terrain
De haut en bas :
• carottes de sédiments
• registres

60 ans

Synthèse

Grande sensibilité des **lacs d'altitude** aux changements globaux

Complexité des réponses actuelles (besoin de données sur le long terme pour comprendre, anticiper, mieux gérer)

Lacs Sentinelles, un réseau de suivi pionnier dans le monde

Début (premiers résultats, amélioration du protocole) d'une démarche scientifique qui doit s'inscrire dans le temps



Parc national
de la Vanoise



Un grand merci à toutes les
personnes engagées

Parc national de la Vanoise
vincent.auge@vanoise-parcnational.fr

Carrtel – Université Savoie Mont Blanc
florent.arthaud@univ-smb.fr



www.lacs-sentinelles.org

Merci pour votre attention



**En 2023, fêtons ensemble
les 60 ans du Parc national**

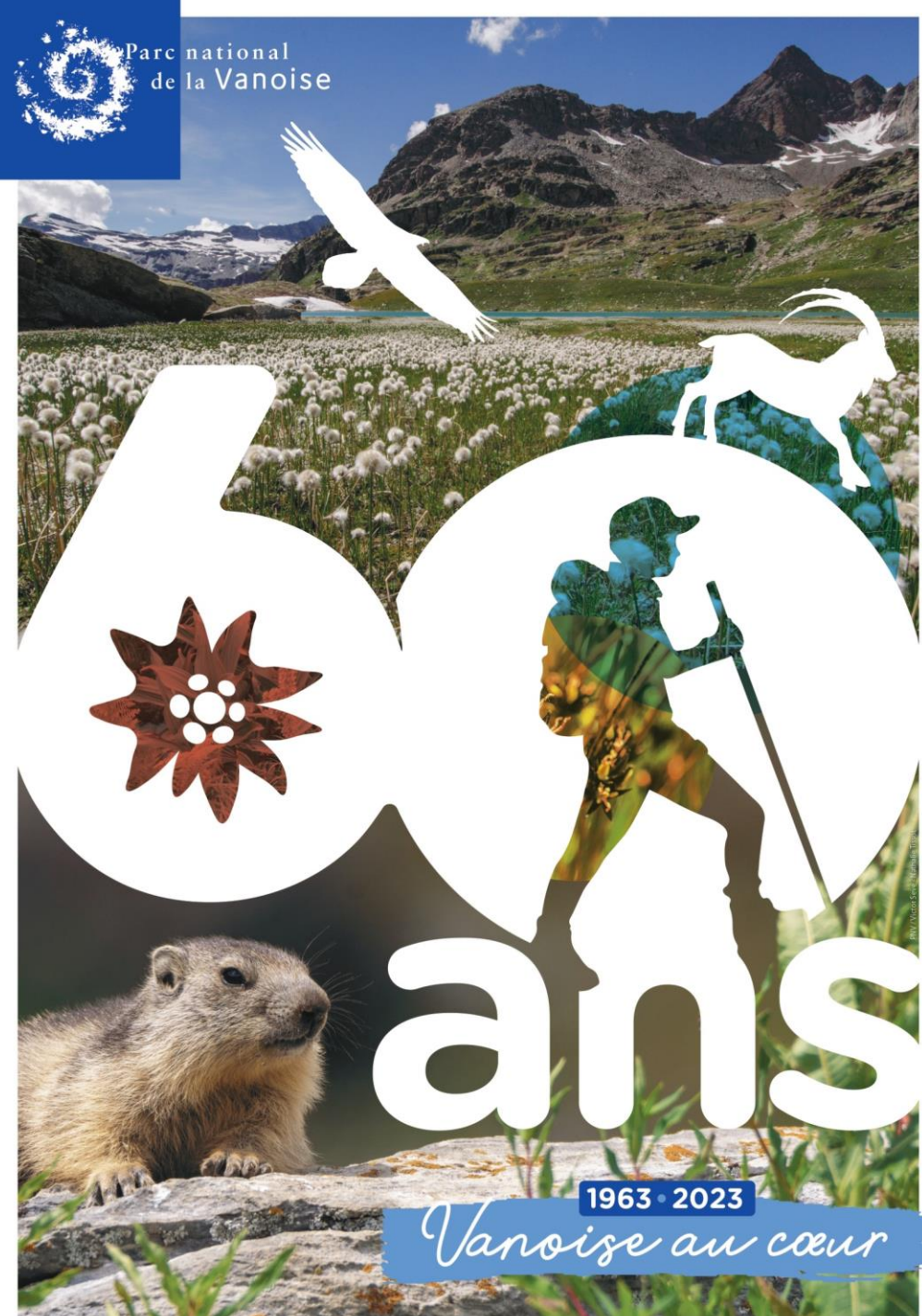


ans

**Les lacs d'altitude, des sentinelles pour le suivi des changements
globaux des Alpes Françaises**

Méribel – 19 avril 2023





Le programme des prochains mois

6 juillet : anniversaire institutionnel (Pralognan)

8 juillet : journée grand public : « Où est Jackie? »
Sur les traces du bouquetin

24 juillet : conférence « faune emblématique de Vanoise » (Champagny)

21 août : conférence « flore artico-alpine »
(Pralognan)

Tout l'été : nombreuses animations proposées par les gardes-moniteurs du Parc national

Et bien d'autres à découvrir sur
<http://www.vanoise-parcnational.fr/fr/parc-national-de-la-vanoise/les-60-ans-du-parc>

