

# SYNTHÈSE DES DONNÉES DE L'OBSERVATOIRE DES LACS D'ALTITUDE

ANALYSE DE DONNÉES ET DU PROTOCOLE

Raphaëlle Napoleoni  
Stage de master 2 - *Gestion des milieux naturels*



# LE RÉSEAU LACS SENTINELLES

## Les membres du GIS



- Améliorer la connaissance du fonctionnement des lacs d'altitude
- Suivre les tendances évolutives
- Aider à une meilleure gestion

# LE RÉSEAU LACS SENTINELLES

## Les membres du GIS



Gestionnaires



- Améliorer la connaissance du fonctionnement des lacs d'altitude
- Suivre les tendances évolutives
- Aider à une meilleure gestion

# LE RÉSEAU LACS SENTINELLES

## Les membres du GIS



Gestionnaires

Scientifiques pluridisciplinaires



- Améliorer la connaissance du fonctionnement des lacs d'altitude
- Suivre les tendances évolutives
- Aider à une meilleure gestion

# LE RÉSEAU LACS SENTINELLES

## Les membres du GIS



Gestionnaires

Scientifiques pluridisciplinaires

Usagers



- Améliorer la connaissance du fonctionnement des lacs d'altitude
- Suivre les tendances évolutives
- Aider à une meilleure gestion



# LES LACS



Echelles d'actions  
du Réseau Lacs Sentinelles



**Veille sur les lacs d'altitude**

**Observatoire des lacs  
d'altitude**

**Lacs pilotes pour la  
recherche**

DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ÉTUDE



# LES LACS



Echelles d'actions  
du Réseau Lacs Sentinelles



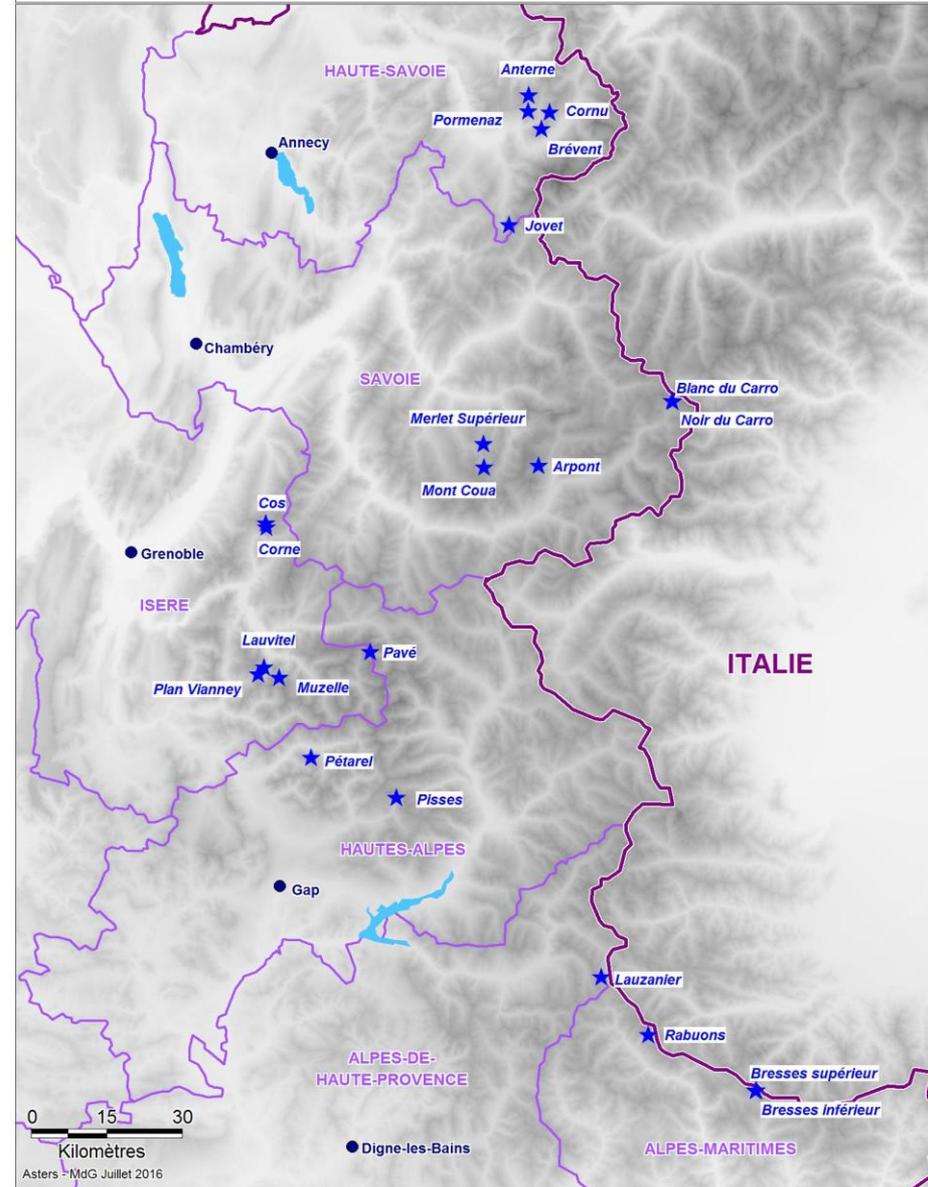
Veille sur les lacs d'altitude

Observatoire des lacs  
d'altitude

Lacs pilotes pour la  
recherche

DIFFÉRENTS NIVEAUX D'ÉTUDE

RÉPARTIS DANS LES ALPES





## OBJECTIFS :

- RAPPORT SUR LES DONNÉES RECUEILLIES EN 2016
- ANALYSE DES DONNÉES : TYPOLOGIE DES LACS
- RÉFLEXION SUR LE PROTOCOLE



# SYNTHÈSE DES DONNÉES 2016



## Paramètres obligatoires :



## Paramètres optionnels :



## Base de données

SOERE



Site internet :

[lac-sentinelles.org](http://lac-sentinelles.org)



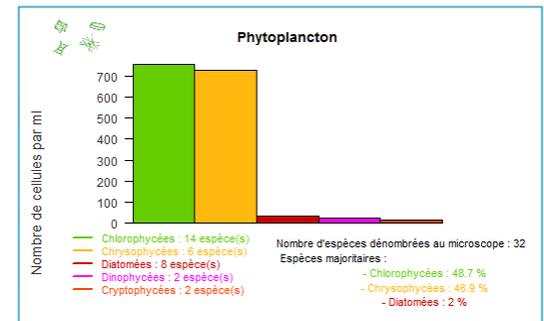
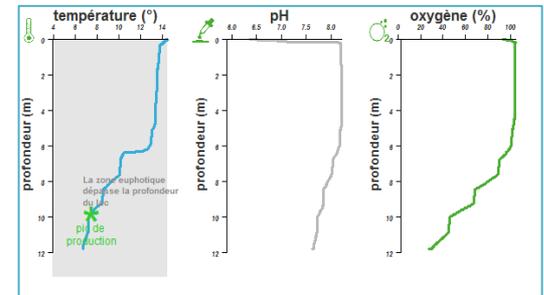
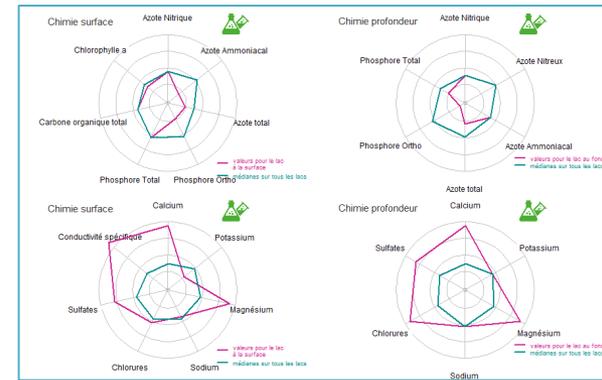
# MESURES RÉALISÉES

# SI SOERE



Données issues du SI  
(pH, t°C, O<sub>2</sub>,  
chlorophylle ...)

Script  
R Studio



# TRAITEMENT DES DONNÉES

## Résultats 2016 Arpont

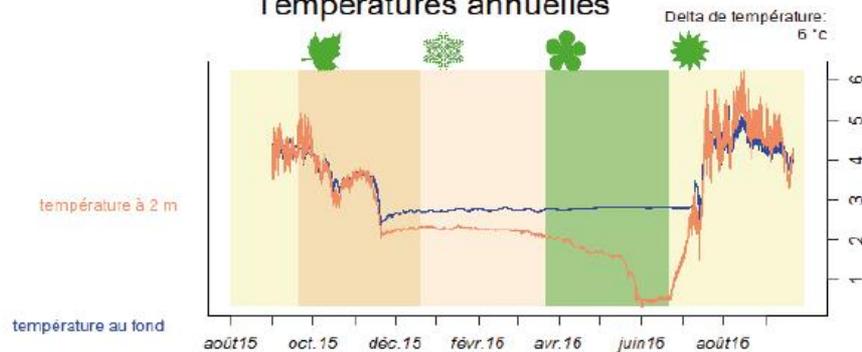
Gestion:  
Asters

Mission:  
08/09/2016

Cond. météo:  
clair et  
ensoleillé



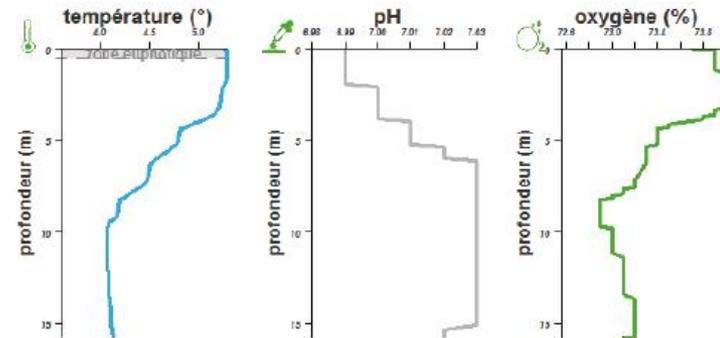
### Températures annuelles



Le pH dépend fortement de la géologie du bassin versant et de l'activité photosynthétique, les variations de pH dans ces écosystèmes sont souvent limitées. A Arpont le pH est compris entre 6 et 8, l'eau du lac est neutre.



réseau lacs  
sentinelles



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.

En septembre, Arpont était un des lacs les plus froids en surface et en profondeur. En surface, la médiane sur les lacs du réseau était de 10.57 °C, avec une température de 5.28 °C, Arpont était le 18ème lac le plus froid en surface. En profondeur, la médiane sur les lacs du réseau était de 8.5 °C, avec une température de 4.36 °C, Arpont se classe 18ème dans les lacs les plus froids en profondeur (sur 19 lacs mesurés).

A l'automne, la période de brassage commence vers le 01 septembre 2015 et termine le 01 septembre 2015. Le lac est donc stratifié dès septembre 2015. A ce moment là, l'eau au fond du lac est plus chaude qu'à la surface. La période de stratification dure 11 mois, jusqu'au 17 juillet 2016 où le lac commence à être brassé.

Le lac n'atteint pas le stade d'hypoxie et conserve dans sa colonne d'eau une concentration suffisante d'oxygène dissous.

Le lac a une conductivité de 25.34 µS/cm<sup>2</sup>, ce qui est faiblement minéralisé et normal pour un lac à cette altitude. Par contre, si on le compare aux autres lacs du réseau, Arpont est un des lacs les plus minéralisés : c'est le 2ème lac avec la plus forte conductivité sur les 19 lacs mesurés. La médiane sur les lacs du réseau : 25.34 µS/cm<sup>2</sup>.

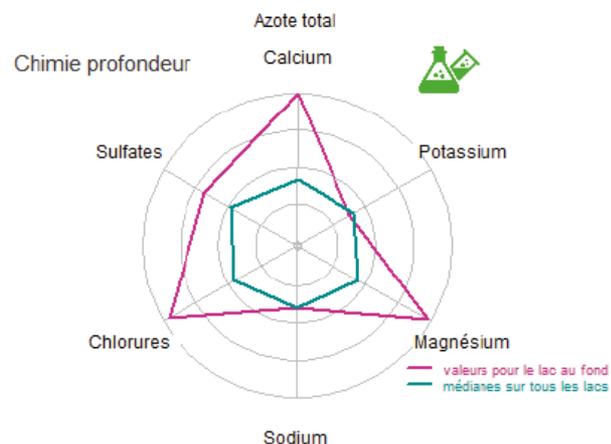
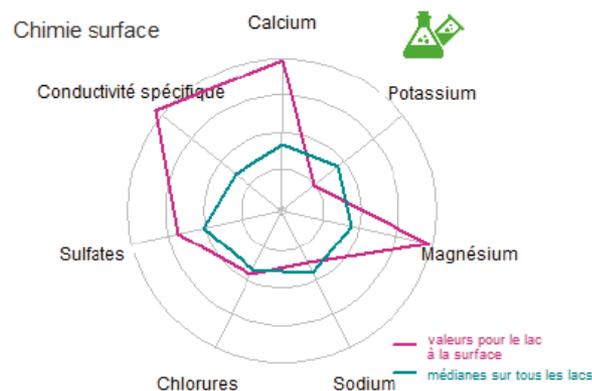
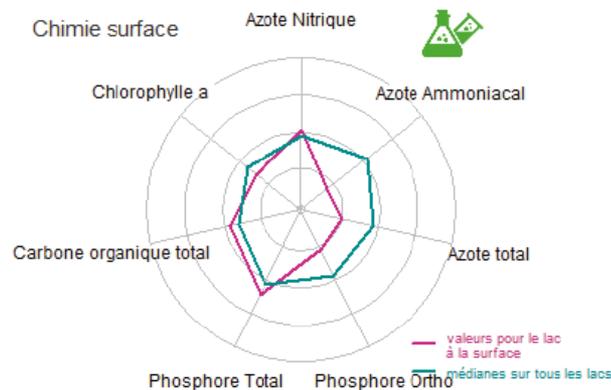
## Résultats 2016 Arpont

Gestion:  
Asters

Mission:  
08/09/2016

Cond. météo:  
clair et  
ensoleillé

*Les valeurs utilisées sur les graphiques ont été normées et centrées, elles indiquent des valeurs relatives par rapport aux autres lacs sur la même année (les valeurs brutes sont indiquées dans les tableaux en annexe).*



### Chlorophylle- a :

Le taux de chlorophylle a en surface est de 0.64 µg/L, ce qui est considéré comme très faible d'après les normes de la DCE. Par rapport aux autres lacs du réseau, Anterne a une faible concentration en chlorophylle à la surface, il se classe 3<sup>ème</sup> dans les lacs les plus pauvre en chlorophylle (valeur médiane sur tous les lacs : 1.26 µg/l).

### Niveau trophique :

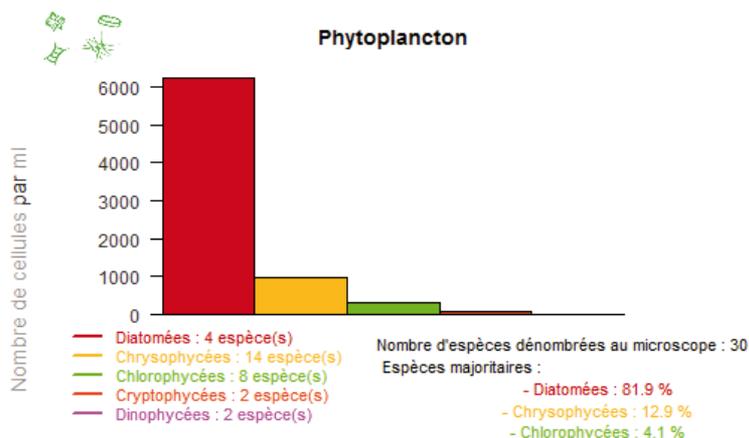
Avec un taux de phosphore total moyen de 0.0065 mg/L, le lac est en très bon état d'après la DCE. Parmi les lacs du réseau, le lac de Anterne est le 3<sup>ème</sup> lac le plus pauvre en phosphore (sur les 8 lacs mesurés.)

## Résultats 2016 Arpont

Gestion:  
Asters

Mission:  
08/09/2016

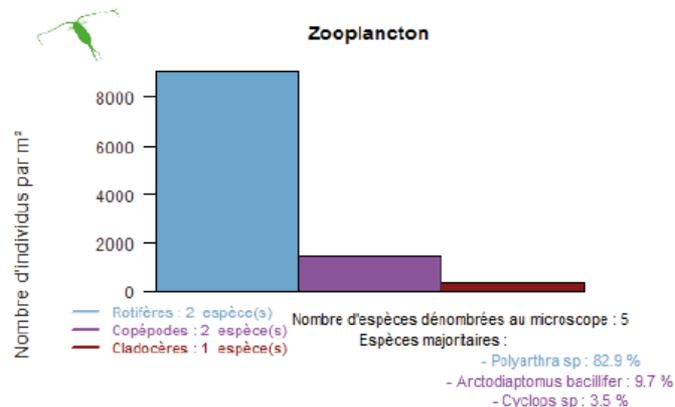
Cond. météo:  
clair et  
ensoleillé



### Phytoplancton :

5 des neuf classes principales de phytoplancton sont représentées. Le phytoplancton est dominé par la classe des diatomées. Les diatomées sont un des groupes les plus importants du phytoplancton. Elles se retrouvent souvent dans les écosystèmes mésotrophes et ont la capacité de stocker la silice.

### Commentaire des gestionnaires



La communauté zooplanctonique est peu utilisée pour évaluer la qualité de l'eau mais peut renseigner sur l'état écologique du lac. Son interprétation reste complexe car le zooplancton subit des pressions de régulation diverses liées à tous les paramètres étudiés précédemment.

L'intérêt des études menées sur le lac est de mesurer les paramètres sur le long terme, afin d'acquérir une connaissance suffisante sur son fonctionnement et son évolution.

Pour finir, il est important de souligner que les valeurs de référence utilisées pour caractériser ce lac sont issues de normes appliquées aux lacs de plaine et non d'altitude.

## Résultats 2016 Arpont

Gestion:  
Asters

Mission:  
08/09/2016

Cond. météo:  
clair et  
ensoleillé

élément (surface)	valeur pour le lac	valeurs minimales sur tous les lacs	valeurs médianes sur tous les lacs	valeurs maximales sur tous les lacs
Conductivité spécifique (µS/cm²)	18.39	2.92	25.34	189.59
Chlorophylle a (mg/L)	2.12	0.22	1.26	7.59
Azote total (mg/L)	0.07	0.06	0.105	0.21
Azote Nitrique (mg/L)	0.05	0.002	0.055	0.11
Azote Ammoniacal (mg/L)	0.016	0.005	0.014	0.025
Azote Nitreux (mg/L)	0	0	0.001	0.16
pH (mg/L)	6.88	6.02	7.26	8.14
Silice Réactive (mg/L)	0.9	0.84	1.22	2.82
Conductivité (mg/L)	14	5	31.5	173
Titre alcalimétrique complet (mg/L)	0.1	0.08	0.24	1.65
Carbone organique total (mg/L)	2.27	0.36	0.685	2.27
Calcium (mg/L)	2.06	0.49	4.8	33.31
Magnésium (mg/L)	0.3	0.03	0.465	1.62
Sodium (mg/L)	0.67	0.27	0.59	1.27
Potassium (mg/L)	0.13	0.05	0.135	0.31
Chlorures (mg/L)	0.59	0.17	0.33	0.66
Sulfates (mg/L)	2.31	0.29	3.625	7.25
Phosphore Total (mg/L)	0.006	0.002	0.008	0.012
Phosphore Ortho (mg/L)	0.005	0.002	0.004	0.009

éléments à 8 m	valeur pour le lac	valeurs minimales sur tous les lacs	valeurs médianes sur tous les lacs	valeurs maximales sur tous les lacs
Azote total (mg/L)	0.1	0.04	0.105	0.21
Azote Nitrique (mg/L)	0.05	0.003	0.055	0.14
Azote Ammoniacal (mg/L)	0.008	0.001	0.0085	0.063
Azote Nitreux (mg/L)	0	0	0.001	0.17
pH (mg/L)	6.83	5.92	7.105	8.1
Silice Réactive (mg/L)	1.34	0.34	1.615	3.43
Conductivité (mg/L)	19	5	35	191
Titre alcalimétrique complet (mg/L)	0.15	0.07	0.25	1.84
Carbone organique total (mg/L)	2.21	0.21	0.45	2.21
Calcium (mg/L)	1.92	0.4	5.115	37.05
Magnésium (mg/L)	0.32	0.02	0.485	1.88
Sodium (mg/L)	0.54	0.2	0.53	7.07
Potassium (mg/L)	0.1	0.03	0.09	0.29
Chlorures (mg/L)	0.21	0.17	0.235	0.38
Sulfates (mg/L)	1.81	0.27	3.395	8.16
Phosphore Total (mg/L)	0.007	0.004	0.0065	0.014
Phosphore Ortho (mg/L)	0.003	0.002	0.004	0.005



réseau lacs  
sentinelles

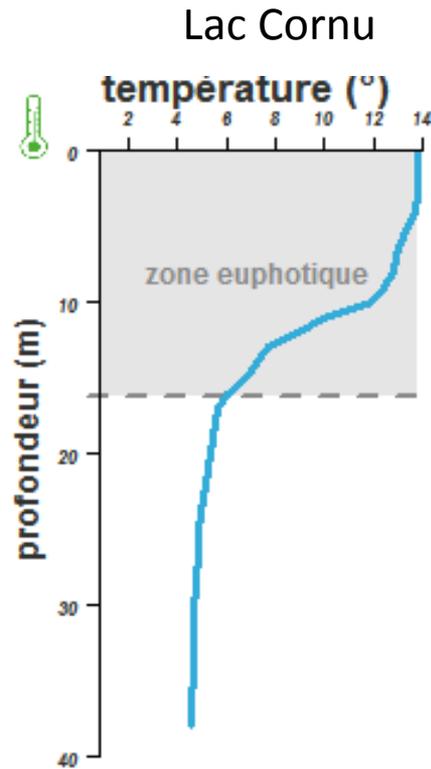


# ANALYSE DES DONNÉES

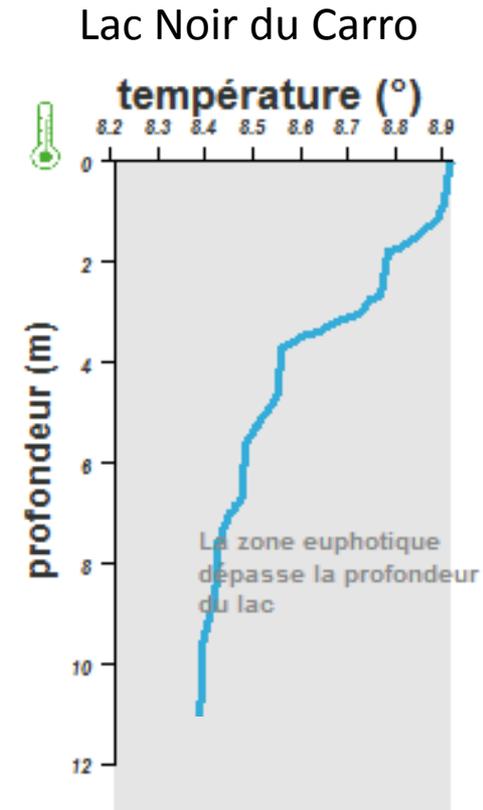
- Obtenir une typologie des lacs du réseau
- Utiliser les données 2015 et 2016 mais aussi des données de suivis à long terme pour certains lacs
- Réflexion sur le protocole commun

Données ponctuelle  
Septembre 2016

## Profils de température



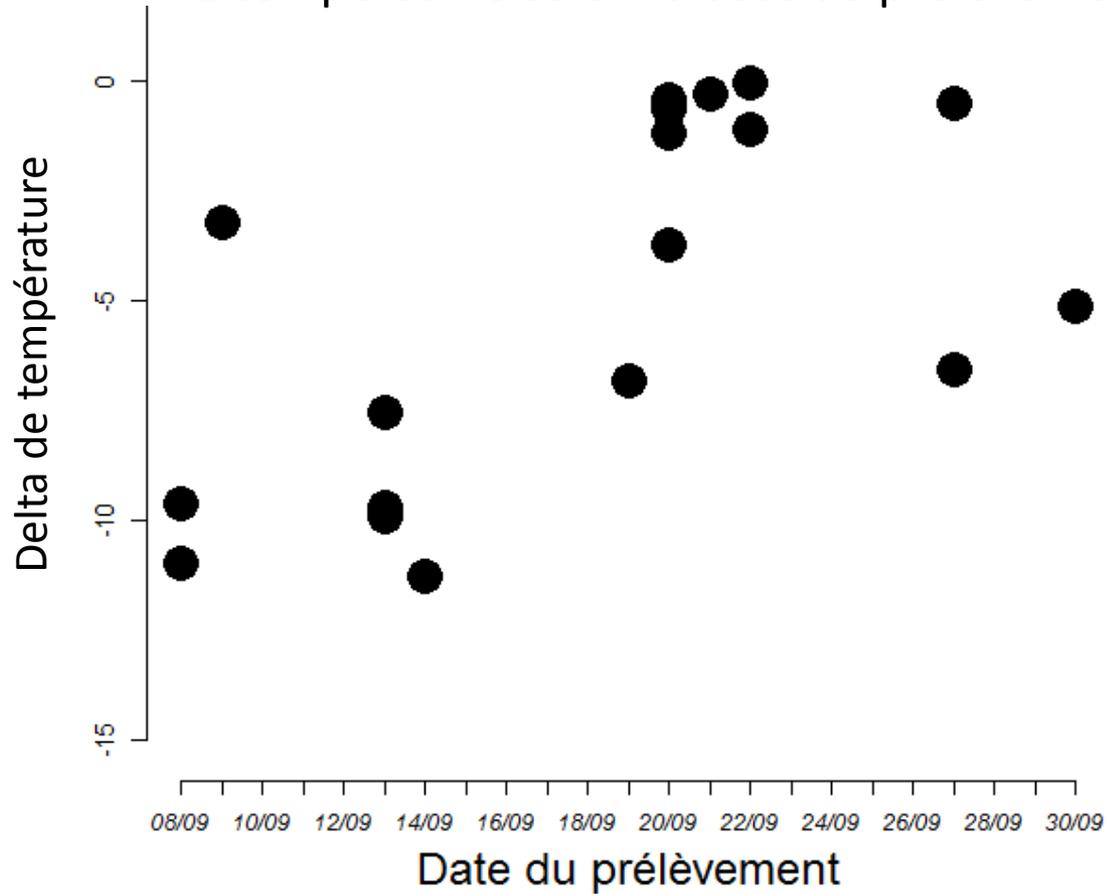
$\Delta$  température :  
10°C



$\Delta$  température :  
0.5°C

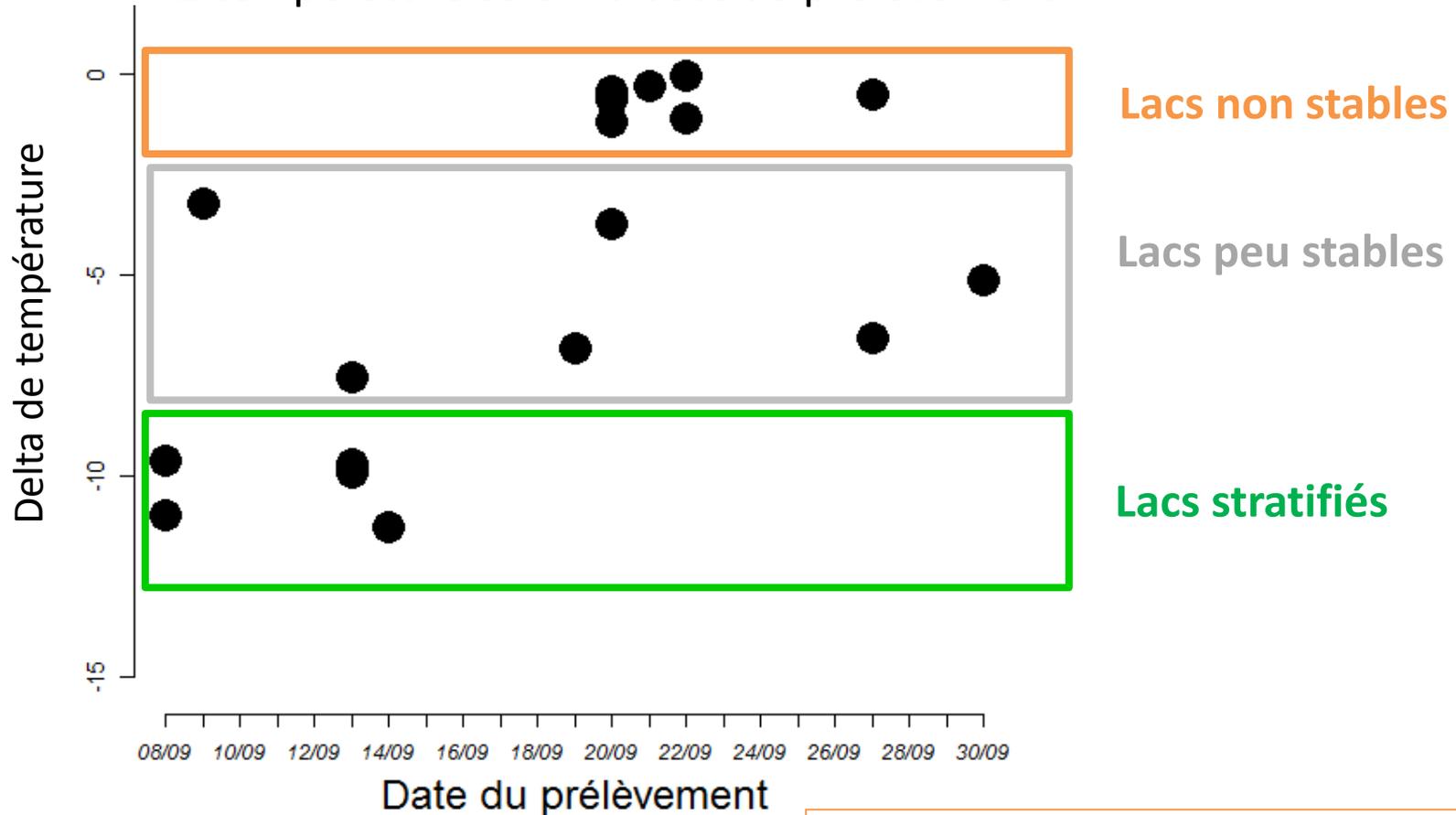
Données ponctuelle  
Septembre 2016

$\Delta$  température selon la date de prélèvement



Données ponctuelle  
Septembre 2016

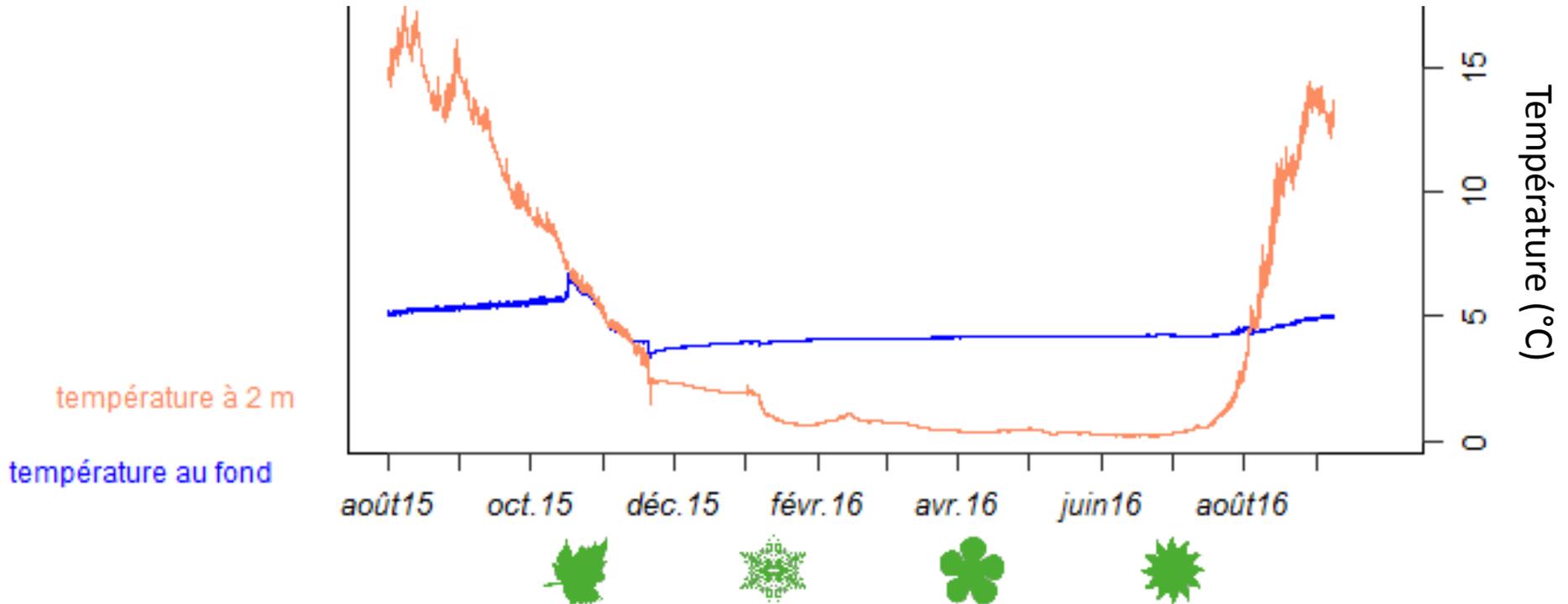
$\Delta$  température selon la date de prélèvement



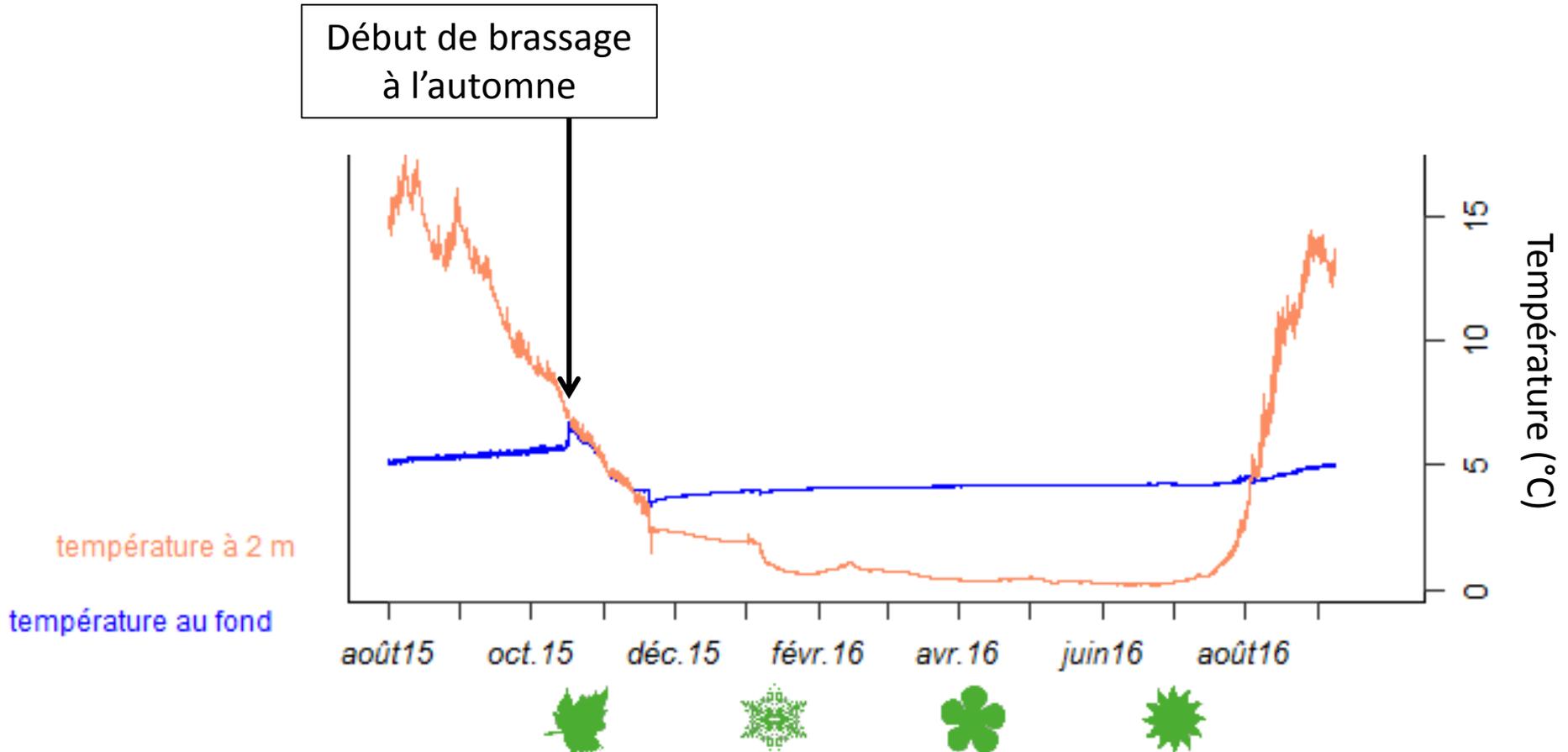
Lors des prélèvements, les lacs sont dans des états de stratification différents

Données Haute fréquence

## Températures annuelles Lac Cornu



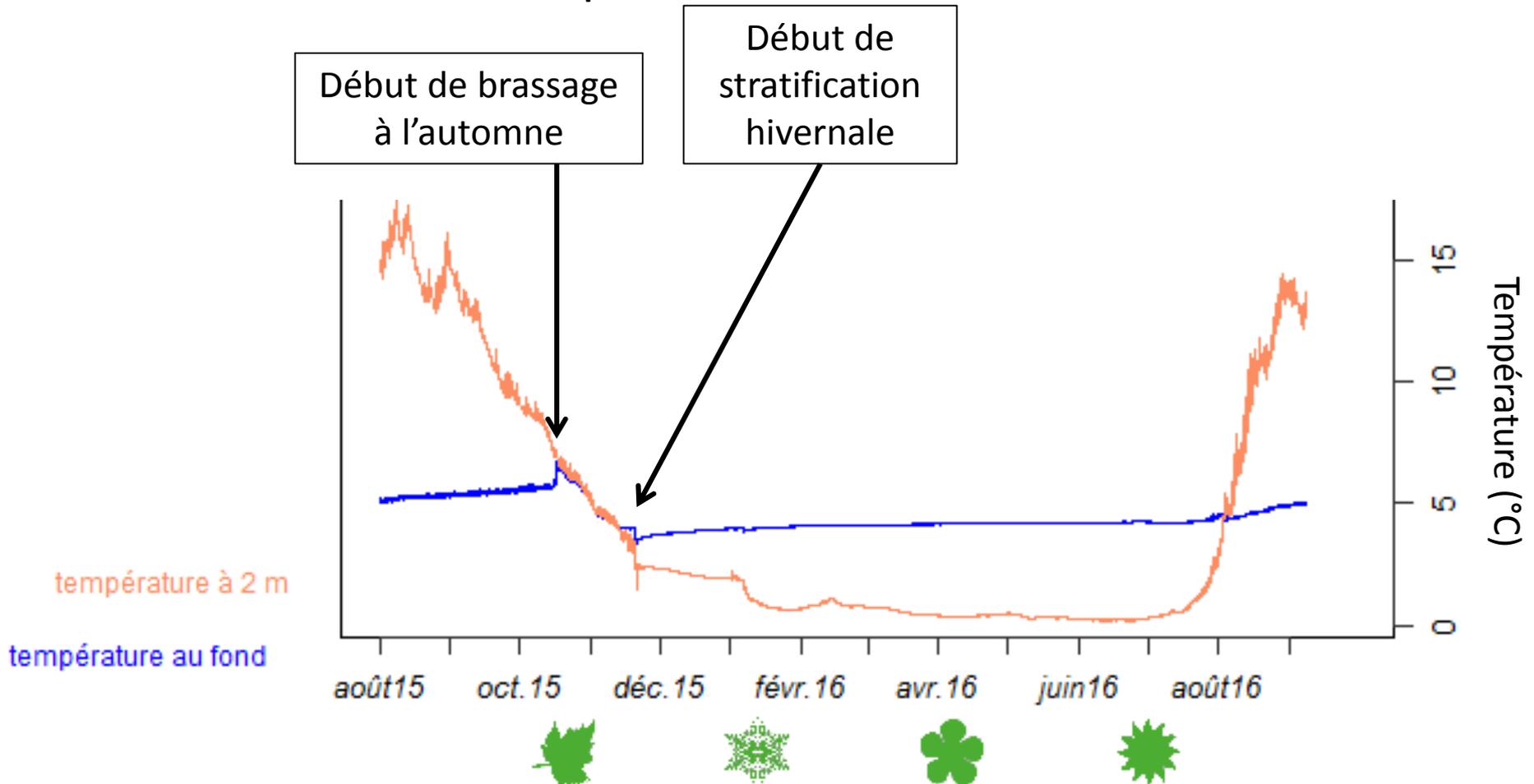
## Températures annuelles Lac Cornu



Comparaison aux caractéristiques physiques des lacs : Altitude, Profondeur et Latitude

Données Haute fréquence

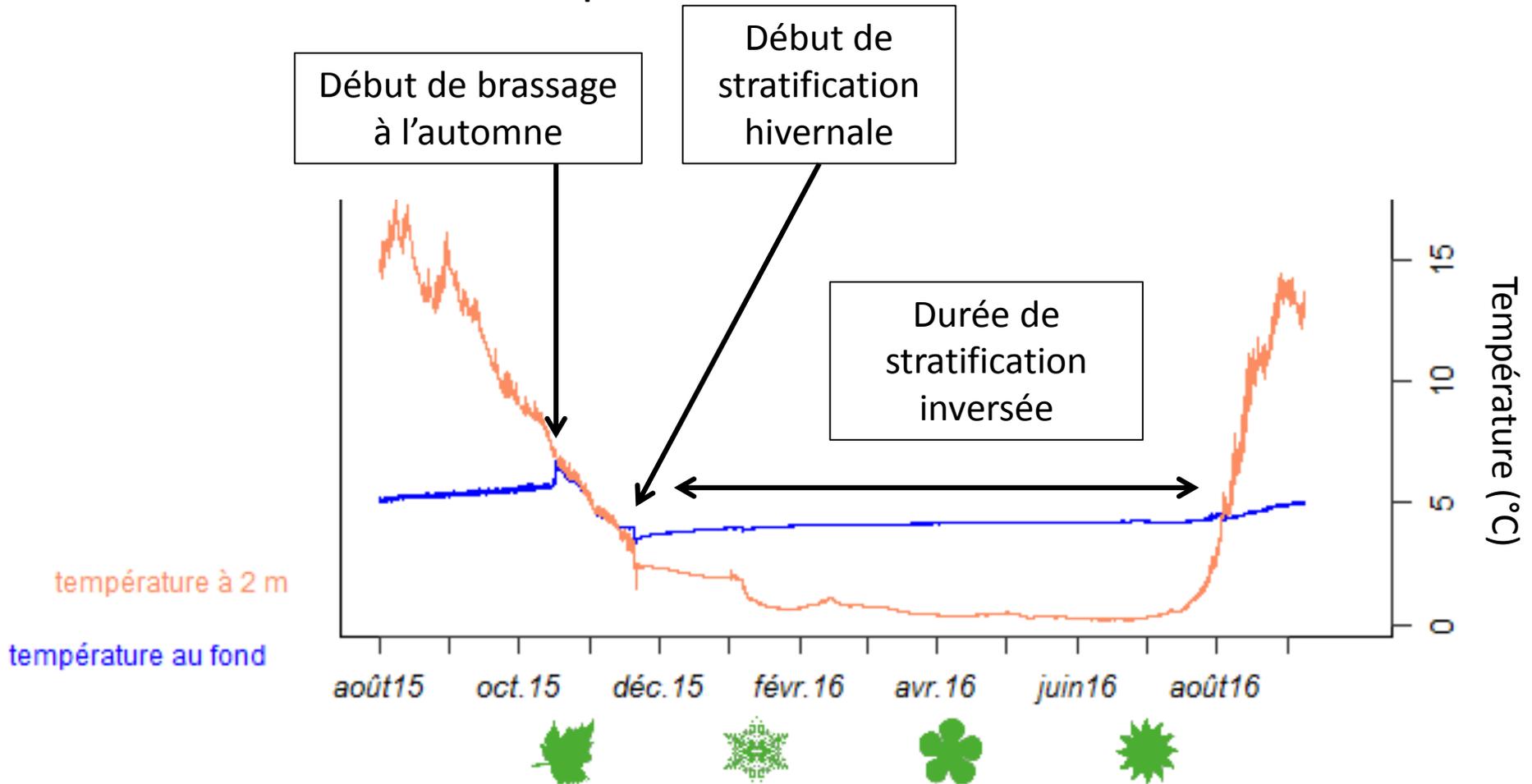
## Températures annuelles Lac Cornu



Comparaison aux caractéristiques physiques des lacs : Altitude, Profondeur et Latitude

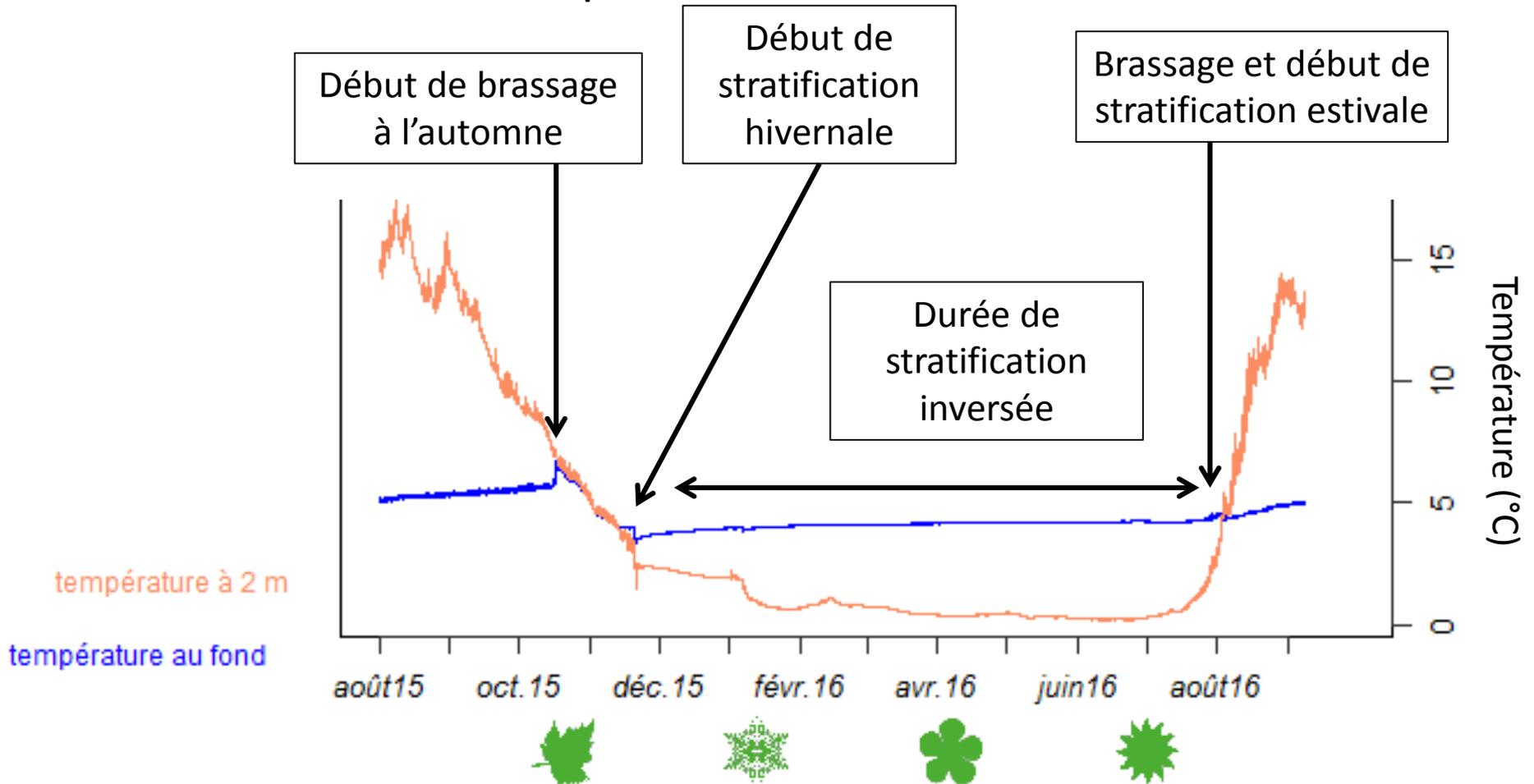
Données Haute fréquence

## Températures annuelles Lac Cornu

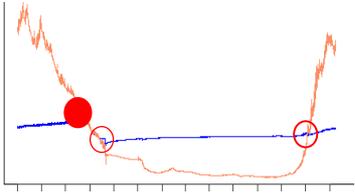


Comparaison aux caractéristiques physiques des lacs : Altitude, Profondeur et Latitude

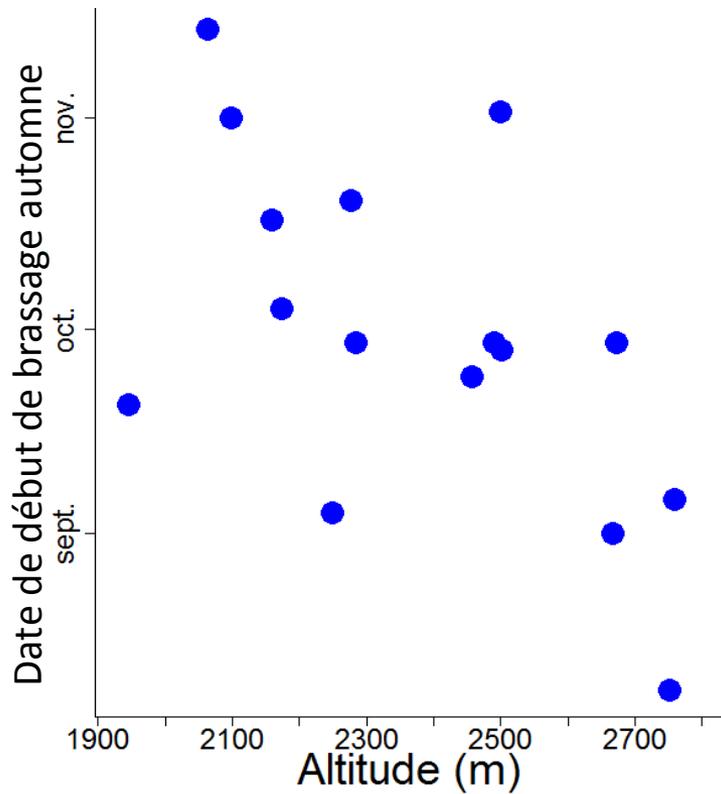
# Températures annuelles Lac Cornu

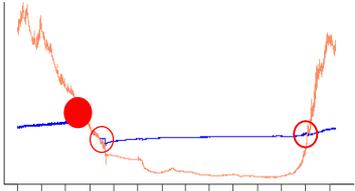


Comparaison aux caractéristiques physiques des lacs : Altitude, Profondeur et Latitude



## Date de début de brassage automnal selon l'altitude du lac





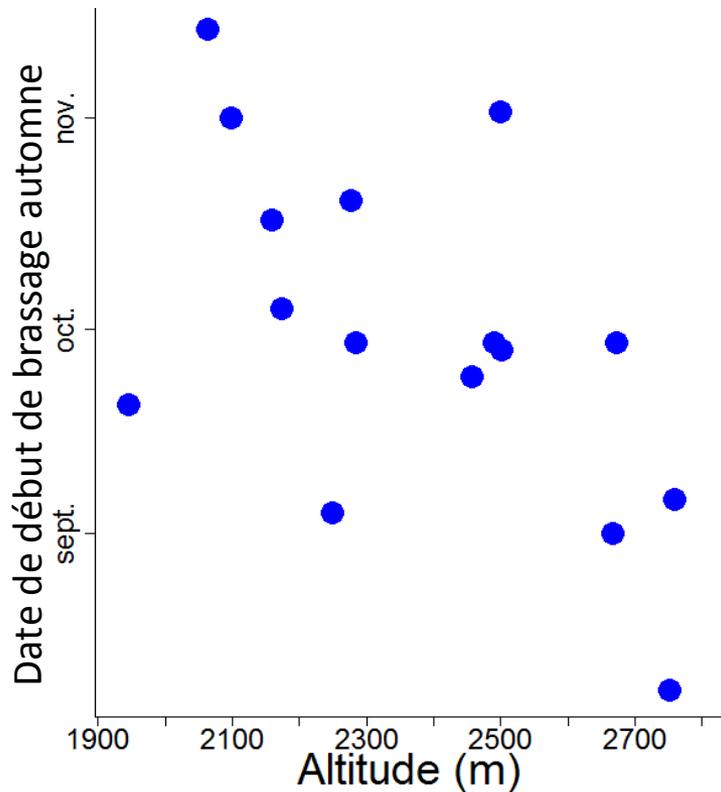
Test non paramétrique, méthode de Spearman

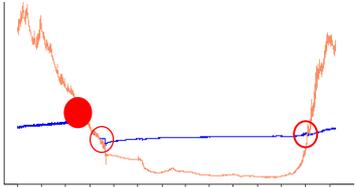
Altitude (p-value: 0.04; rho : -0.49)

Profondeur (p-value : 0.07; rho :0.45 )

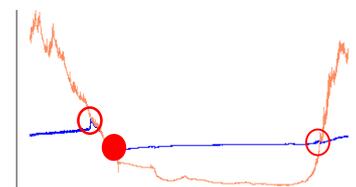
Latitude : non significatif

Date de début de brassage automnal  
selon l'altitude du lac





Test non paramétrique, méthode de Spearman

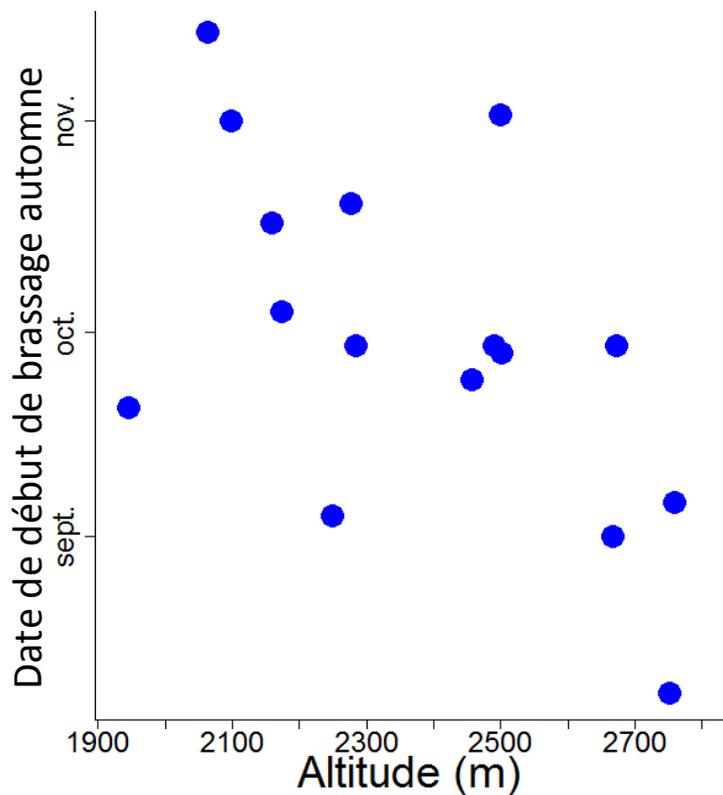


**Altitude** (p-value: 0.04; rho : -0.49)

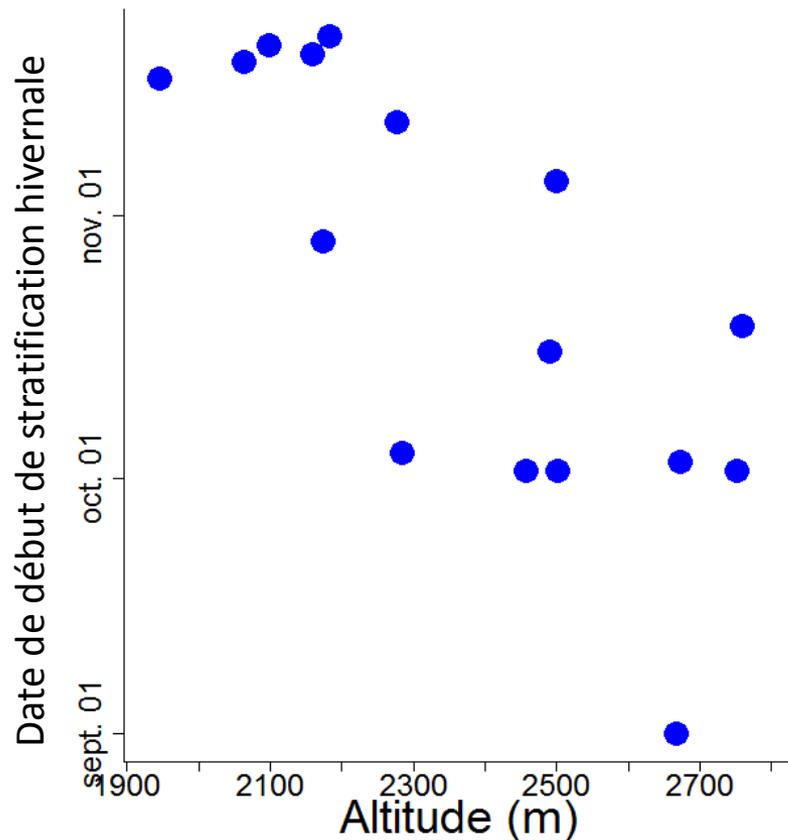
**Profondeur** (p-value : 0.07; rho :0.45 )

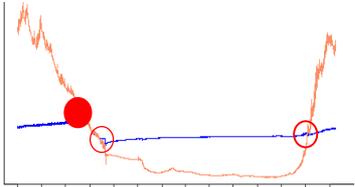
Latitude : non significatif

Date de début de brassage automnal  
selon l'altitude du lac



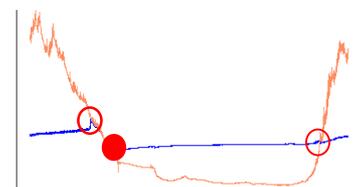
Date de début de stratification hivernale  
selon l'altitude du lac





Test non paramétrique, méthode de Spearman

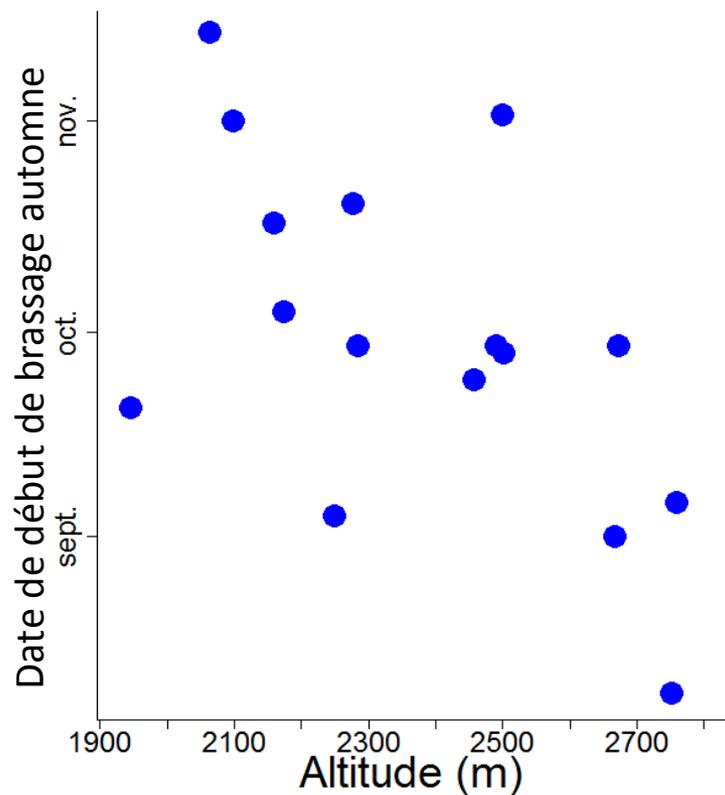
**Altitude** (p-value: 0.04; rho : -0.49)  
**Profondeur** (p-value : 0.07; rho :0.45 )  
 Latitude : non significatif



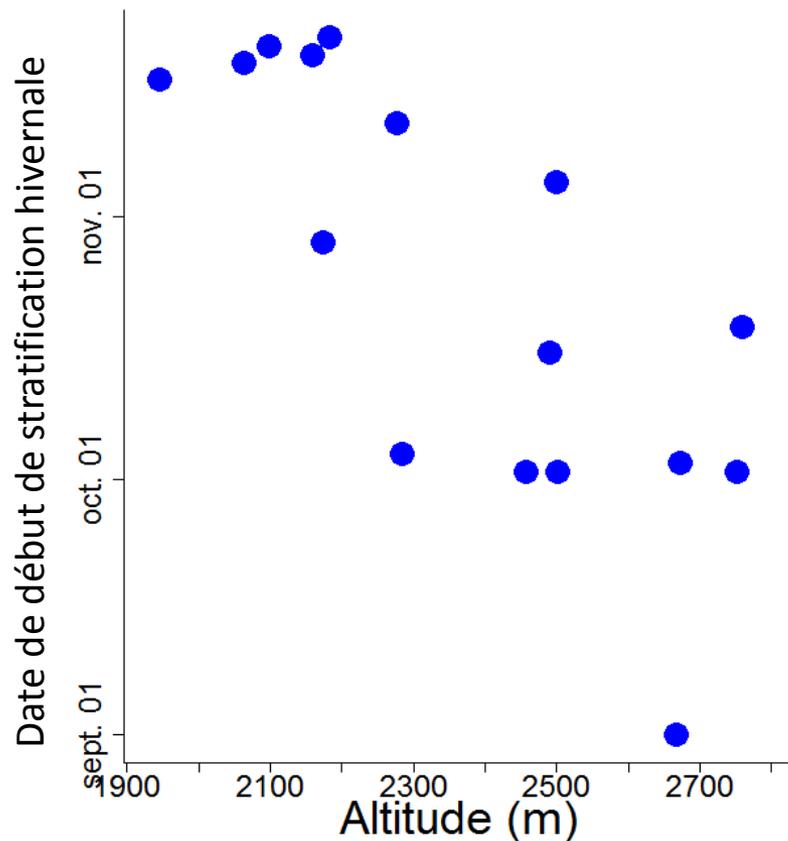
Test non paramétrique, méthode de Spearman

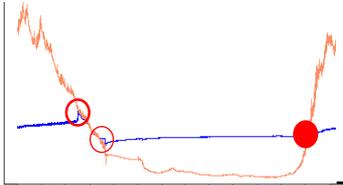
**Altitude** (p-value : 0.0009; rho : -0.74)  
**Profondeur** (p-value : 0.05; rho :0.48 )  
 Latitude : non significatif

Date de début de brassage automnal  
 selon l'altitude du lac



Date de début de stratification hivernale  
 selon l'altitude du lac

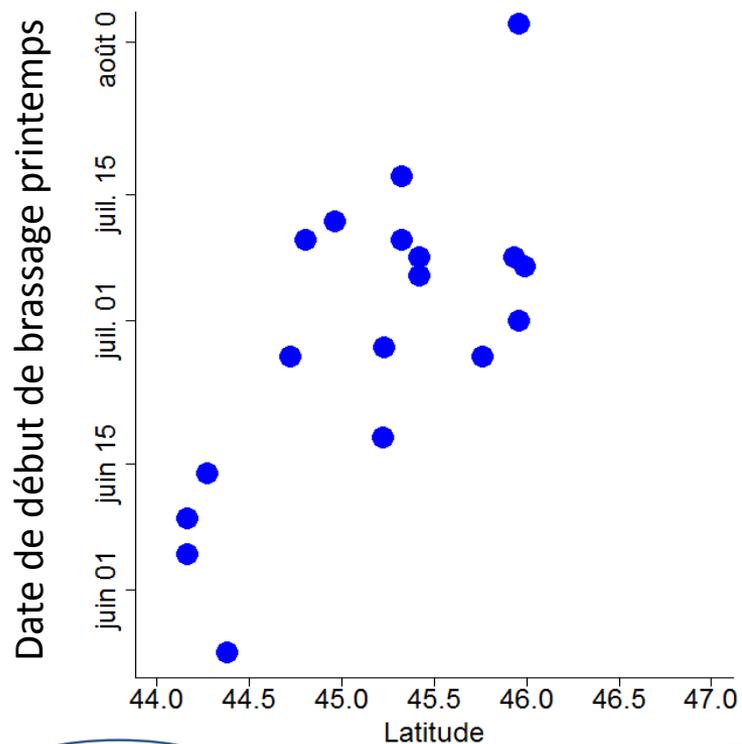




Test non paramétrique, méthode de Spearman

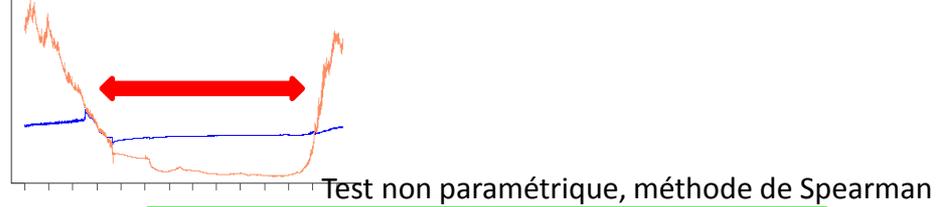
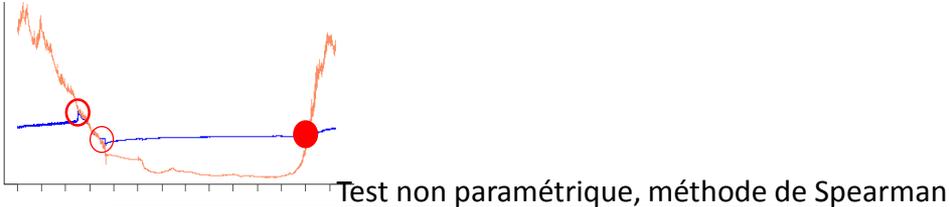
Altitude non significatif  
 Profondeur non significatif  
**Latitude** (p-value :0.01; rho :0.57 )

Date de brassage et début de stratification estivale selon la latitude du lac



Sud

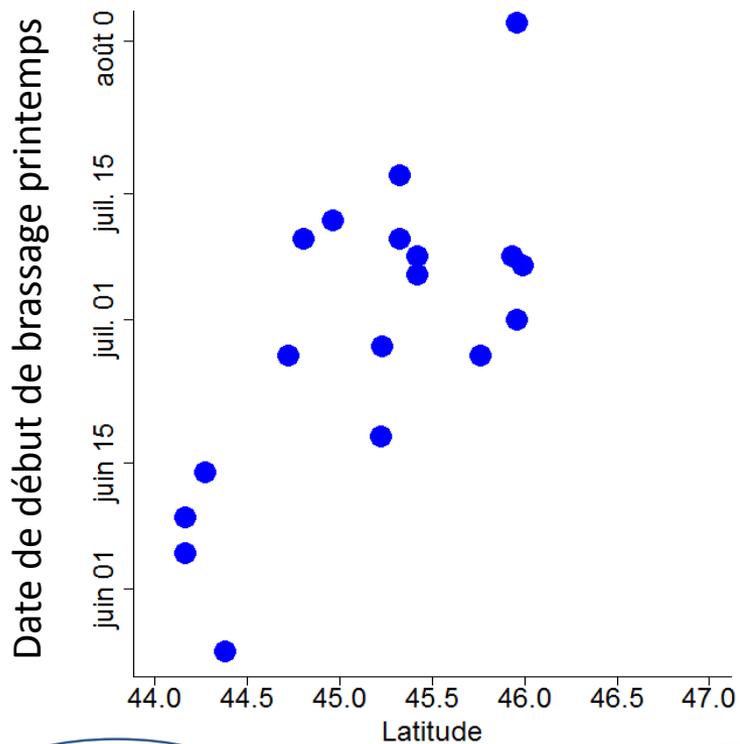
Nord



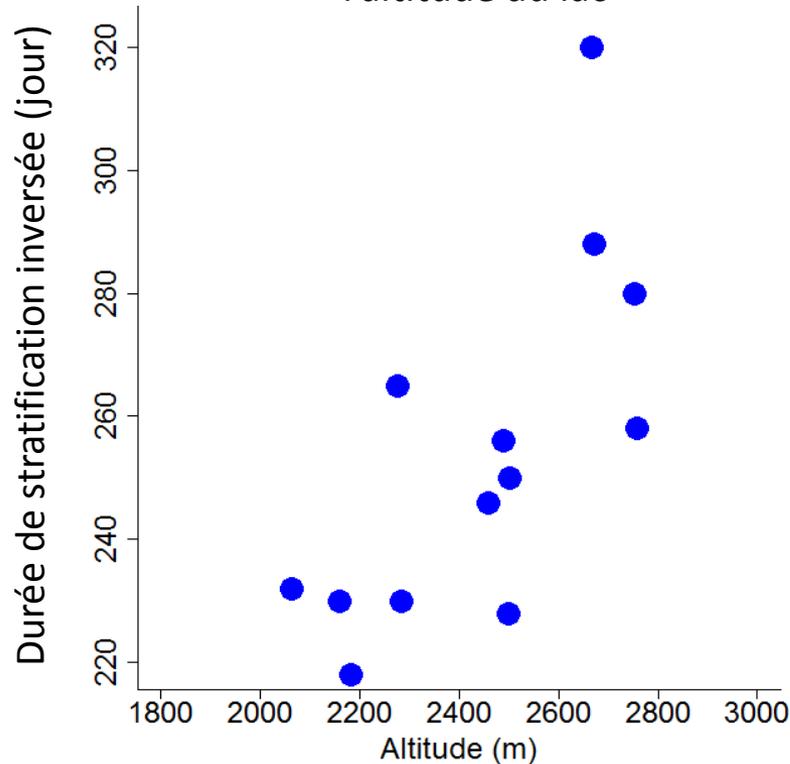
Altitude non significatif  
 Profondeur non significatif  
**Latitude** (p-value :0.01; rho :0.57 )

**Altitude** (p-value : 0.0005; rho : 0.76)  
 Profondeur : non significatif  
 Latitude : non significatif

Date de brassage et début de stratification estivale selon la latitude du lac



Durée de stratification hivernale selon l'altitude du lac



Sud

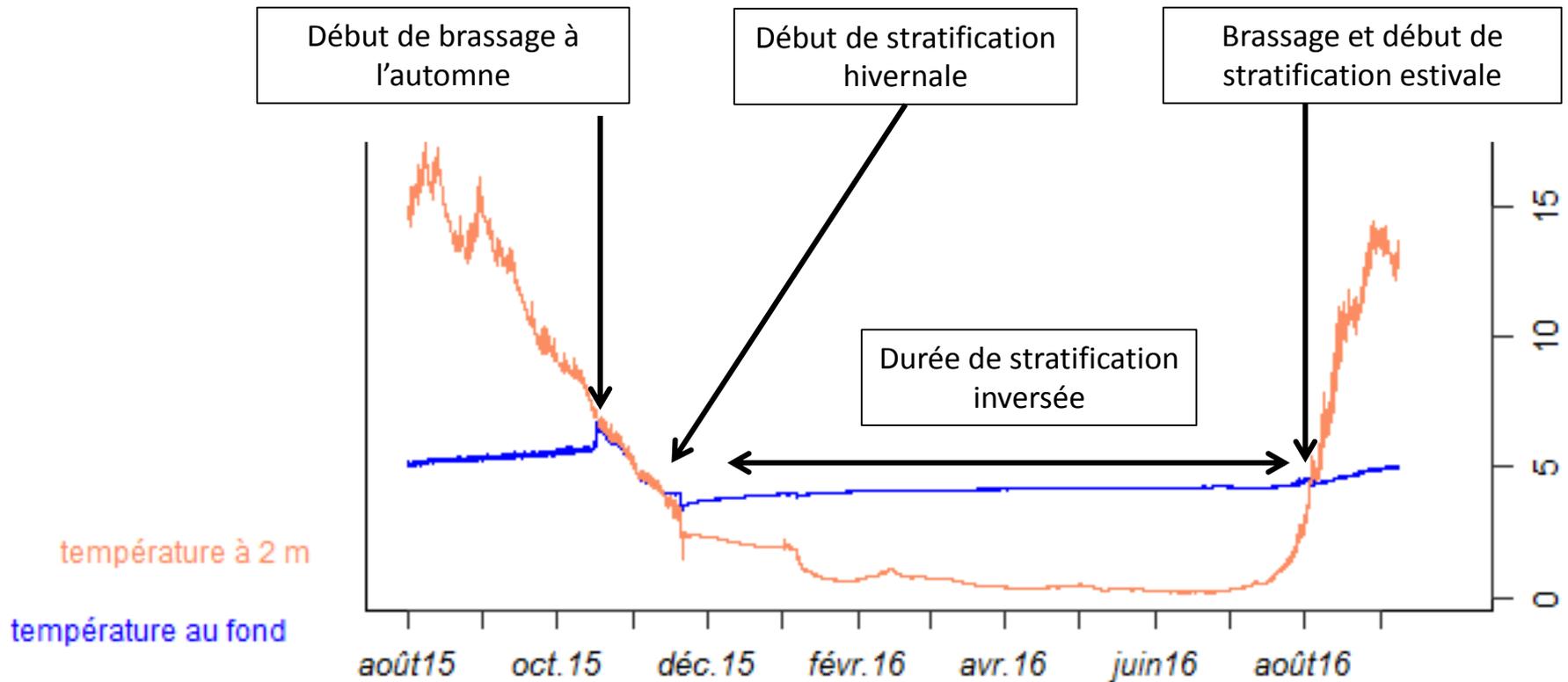
Nord

# PREMIÈRES CONCLUSIONS

ALTITUDE

PROFONDEUR

LATITUDE



# PREMIÈRES CONCLUSIONS

ALTITUDE

PROFONDEUR

LATITUDE

ALTITUDE

PROFONDEUR

Début de brassage à l'automne

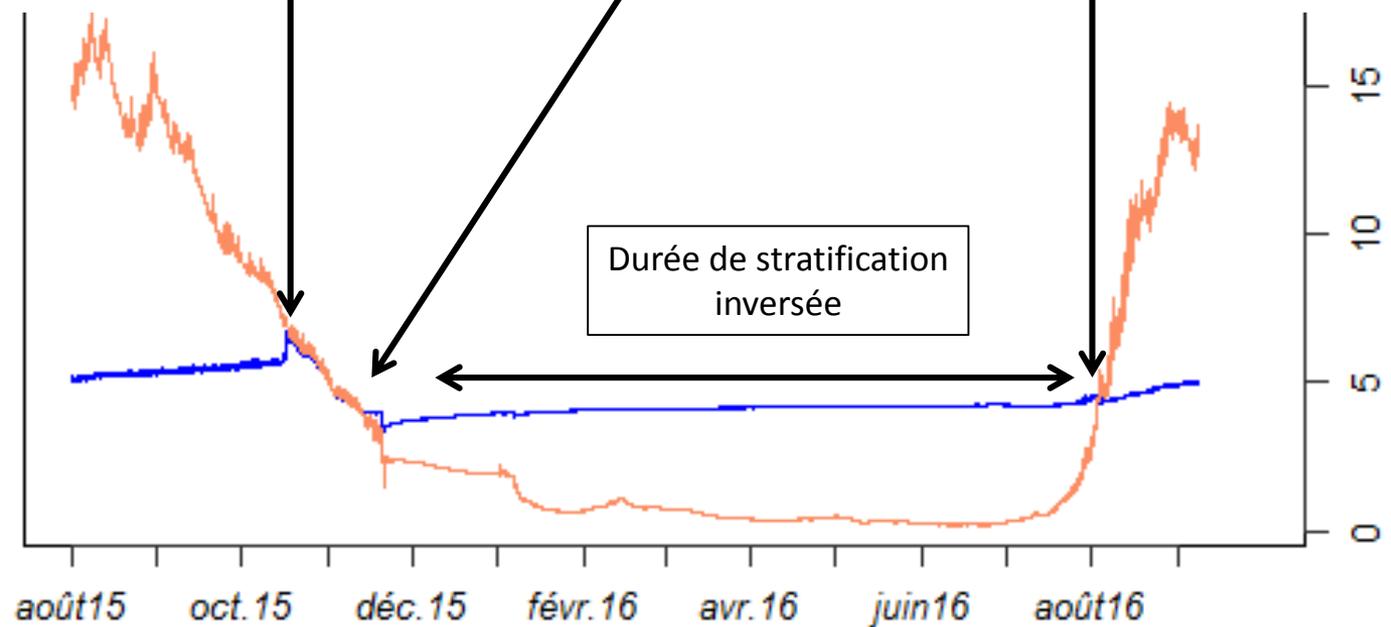
Début de stratification hivernale

Brassage et début de stratification estivale

Durée de stratification inversée

température à 2 m

température au fond



# PREMIÈRES CONCLUSIONS

ALTITUDE

PROFONDEUR

LATITUDE

ALTITUDE

PROFONDEUR

ALTITUDE

PROFONDEUR

Début de brassage à l'automne

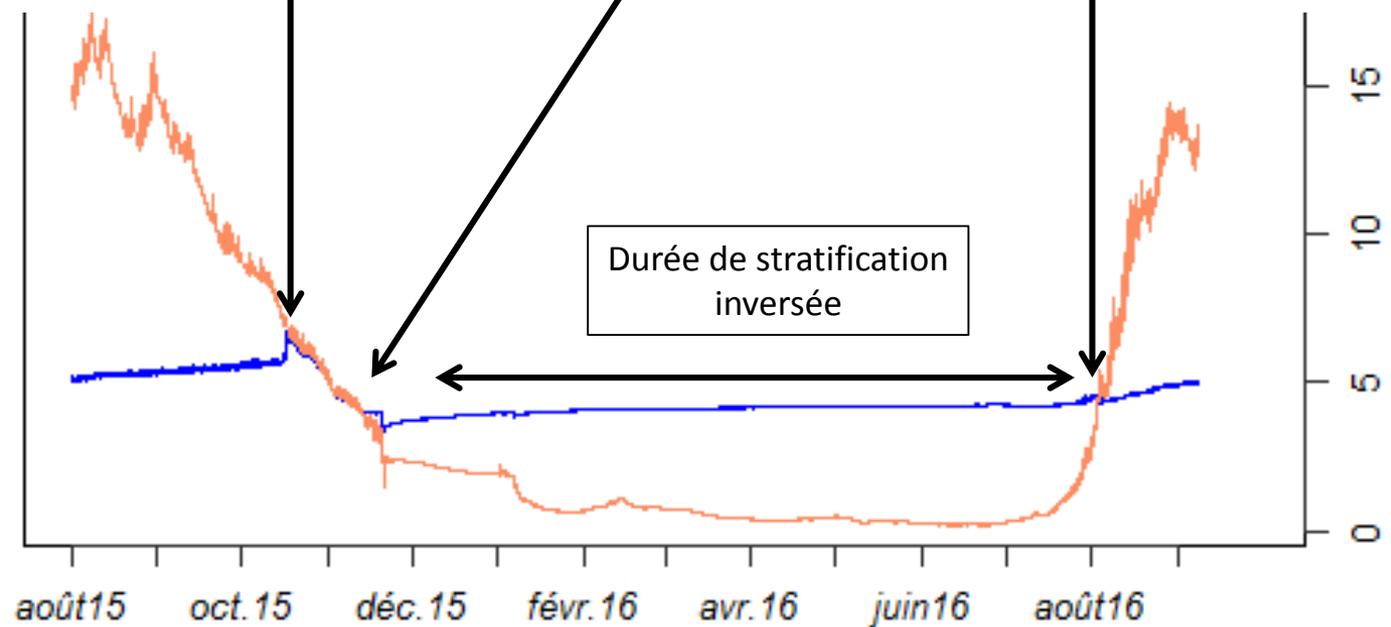
Début de stratification hivernale

Brassage et début de stratification estivale

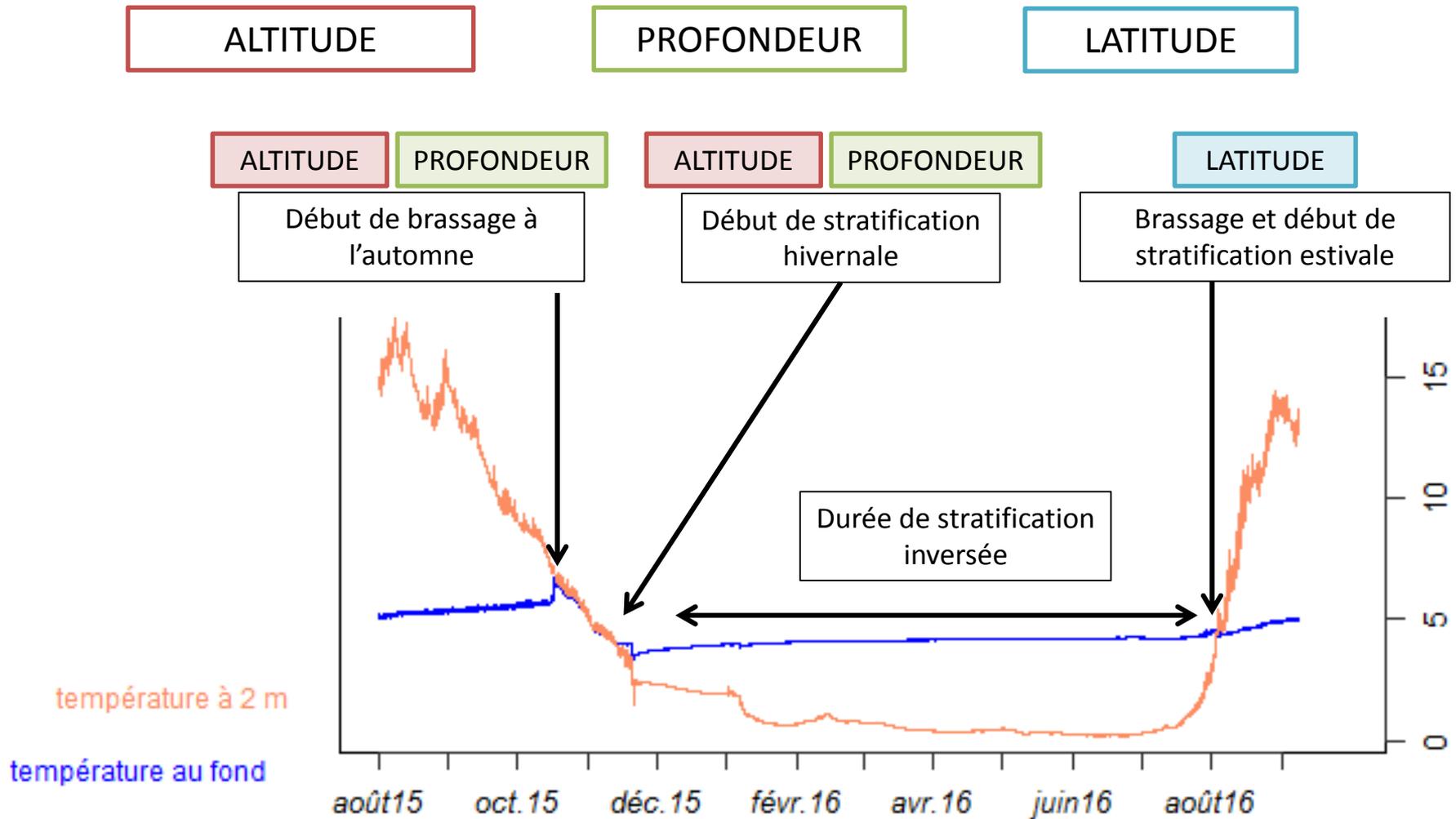
Durée de stratification inversée

température à 2 m

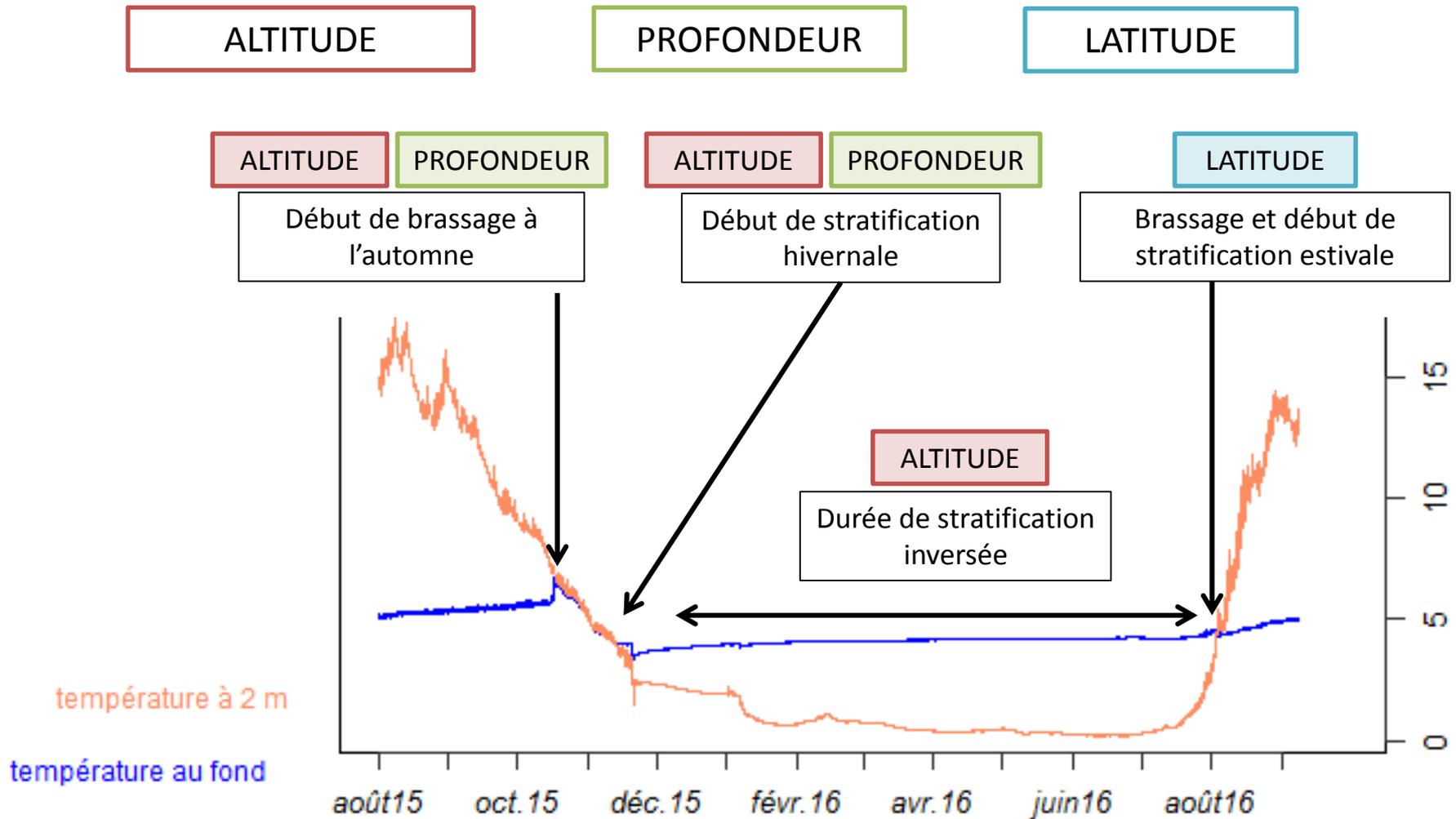
température au fond



# PREMIÈRES CONCLUSIONS



# PREMIÈRES CONCLUSIONS





# PISTES POUR LA SUITE

- Des analyses sur d'autres paramètres  
O<sub>2</sub>, chimie, phytoplancton....
- Analyse de tendances sur du long terme  
10-20 ans de données physico-chimique et phytoplancton
- Réflexion sur le protocole  
Points soulevés par l'analyse de données  
Recherches bibliographiques  
Comparaison avec d'autres méthodes

Merci de votre attention



réseau lacs  
sentinelles

# Corrélations

2016

	Altitude	Latitude	Profondeur	
Date déb brassage automne	-0.498	0.167	0.452	rho
	0.049	0.536	0.078	p-value
Date début stratif hiver	-0.743	0.42	0.488	rho
	0.0009	0.105	0.05	p-value
Durée brassage automne	-0.252	0.549	-0.336	rho
	0.36	0.03	0.22	p-value
Date brassage printemps	0.0072	0.572	0.0876	rho
	0.97	0.012	0.72	p-value
Durée de stratification	0.762	-0.028	-0.189	rho
	0.0006	0.91	0.48	p-value

2015

	Altitude	Latitude	Profondeur	
	-0.587	-0.255	0.902	rho
	0.057	0.44	0.0001	p-value
	-0.678	0.21	0.745	rho
	0.015	0.5	0.005	p-value
	0.98	0.41	-0.49	rho
	0.009	0.19	0.12	p-value
	0.18	0.71	-0.38	rho
	0.57	0.009	0.21	p-value
	0.56	0.19	-0.35	rho
	0.058	0.54	0.26	p-value

	p-value
	< 0.01
	0.01 < p-value < 0.05
	0.05 < p-value < 0.1