

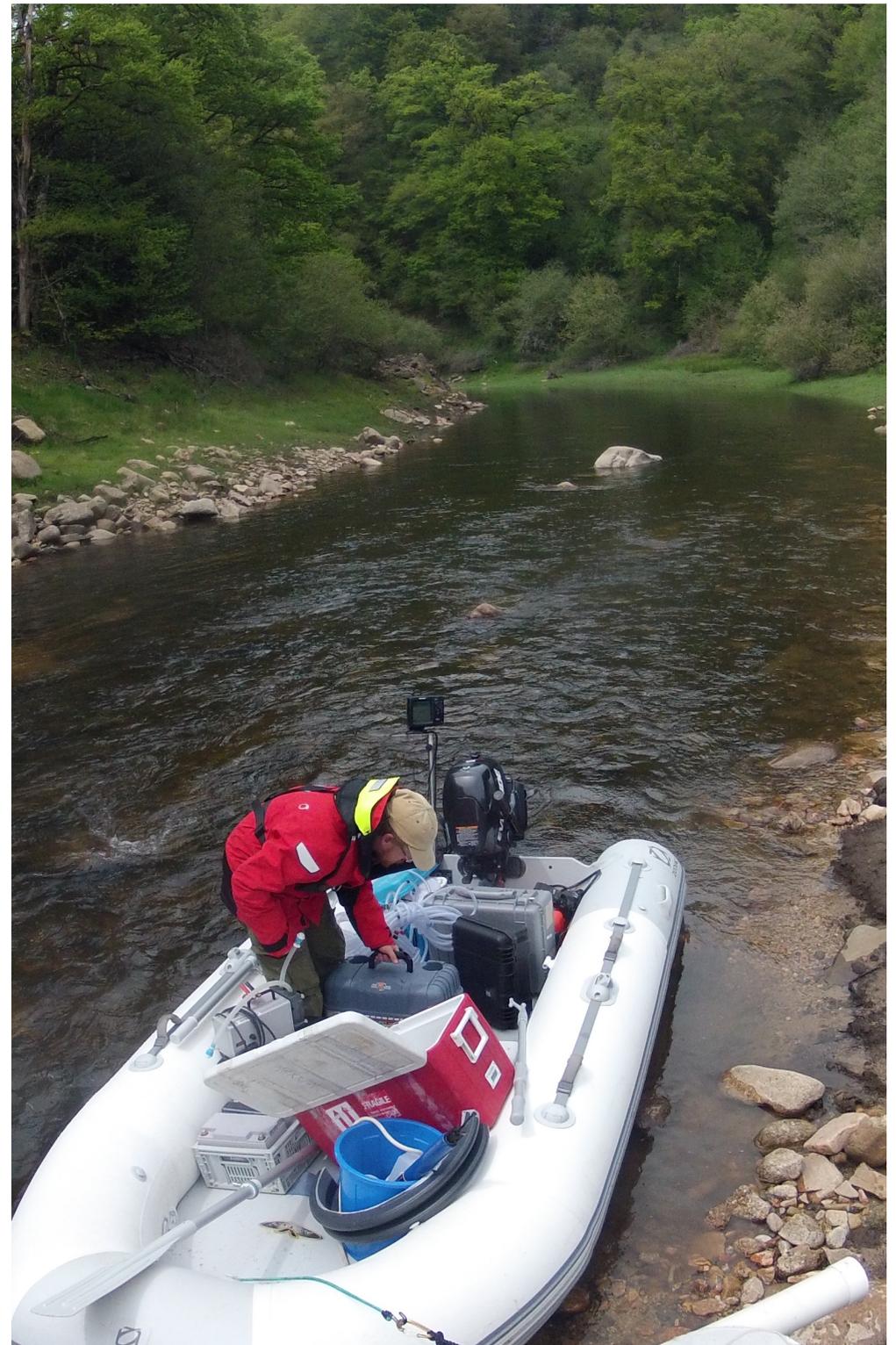
*Journée des doctorants - 15 juin 2017*

# Estimation des émissions de GES du parc hydroélectrique français

—

## Méthodes et application à la retenue de la Selves (Maury) (12)

Jérémie GAILLARD (CARRTEL)  
Johan LAMBELAIN (CARRTEL)  
Etienne DAMBRINE (CARRTEL)  
Vincent CHANUDET (EDF-CIH)  
Alain POIREL (EDF-DTG)



# PLAN

## INTRODUCTION

Projet d'acquisition de données GES

## METHODOLOGIE

Les principales voies d'émissions

Localisation des mesures

Les instruments de mesure

Mesure de l'ébullition

Mesure de la diffusion

Mesure du dégazage aval

## RESULTATS (exemple de la retenue de Maury)

Mesure des flux C-GES

Estimation des flux de C-MO (BDD BAETIS)

Comparaison des flux

## CONCLUSION et PERSPECTIVES

# INTRODUCTION

## PROJET D'ACQUISITION DES DONNEES GES

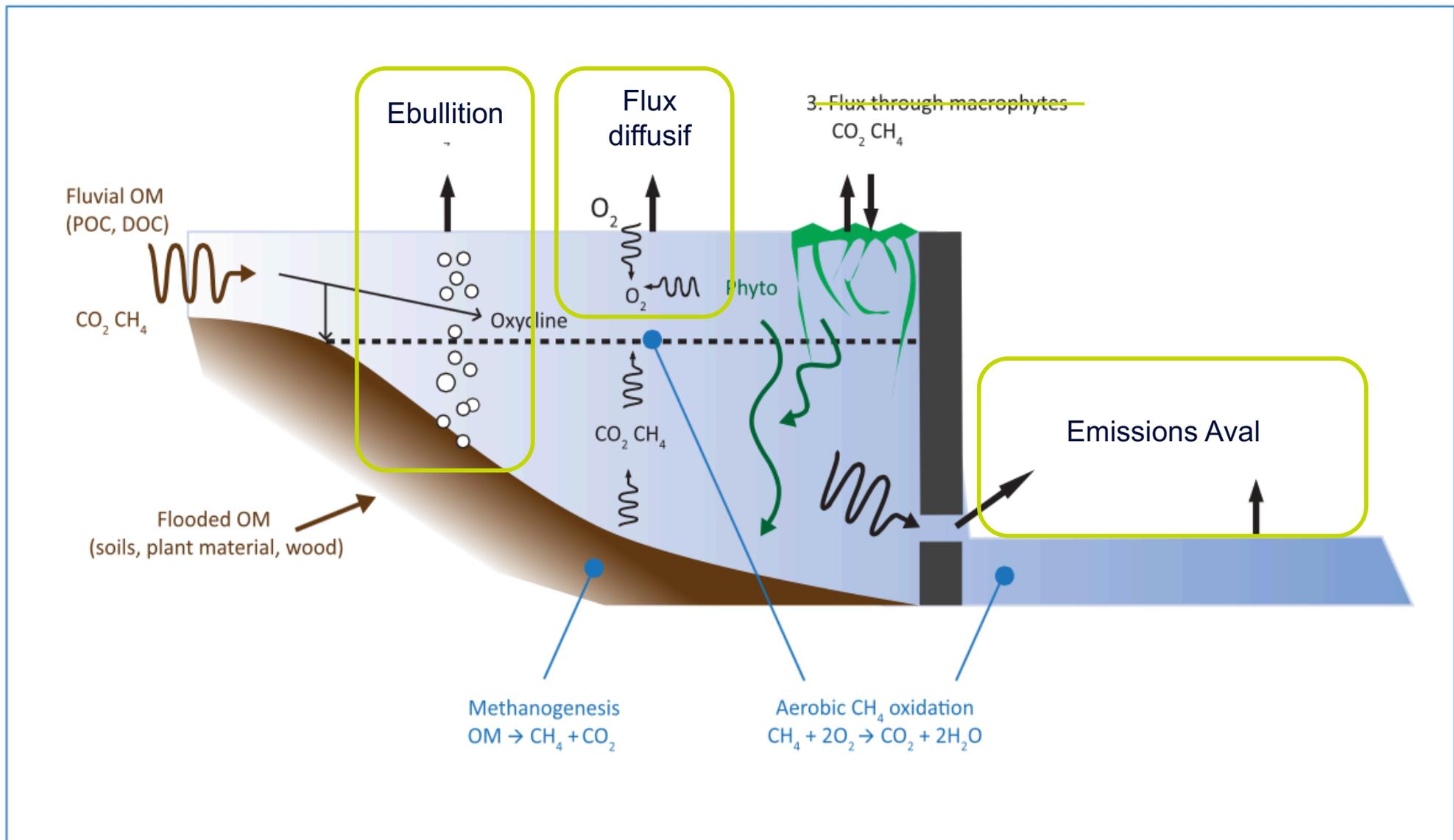
L'objectif est d'obtenir une gamme d'émission pour un jeu de réservoirs du parc hydroélectrique français.

### Méthodologie :

- Basé sur un échantillon représentatif des réservoirs permettant une extrapolation des résultats à l'ensemble du parc (10+3 réservoirs).
- Pas de mesures de chimie des eaux, que des analyses de gaz mais sur toutes les voies d'émission (diffusion, bullage, dégazage aval)
- **CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>** – pas de N<sub>2</sub>O (négligeable selon différents REX)
- **3 campagnes de mesure en 2016** sur chaque réservoir (variabilité intra annuelle) :
  - printemps (avril, mai, juin),
  - été (juillet, août, septembre),
  - automne-hiver (octobre à mars).

# I – MÉTHODOLOGIE

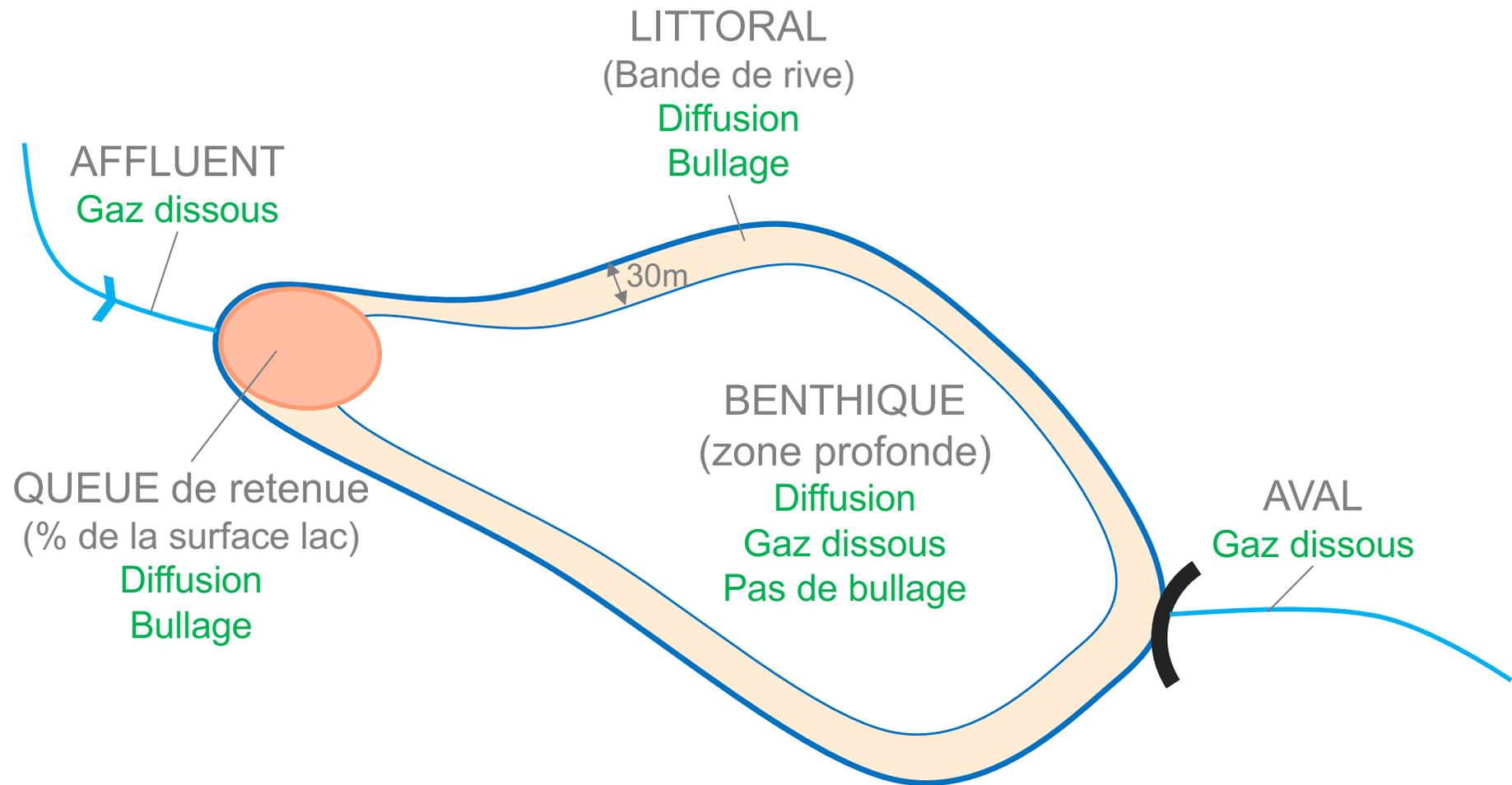
## LES PRINCIPALES VOIES D'ÉMISSIONS



Librement inspiré d'après GHG measurement guidelines for freshwater reservoirs, UNESCO/IHA

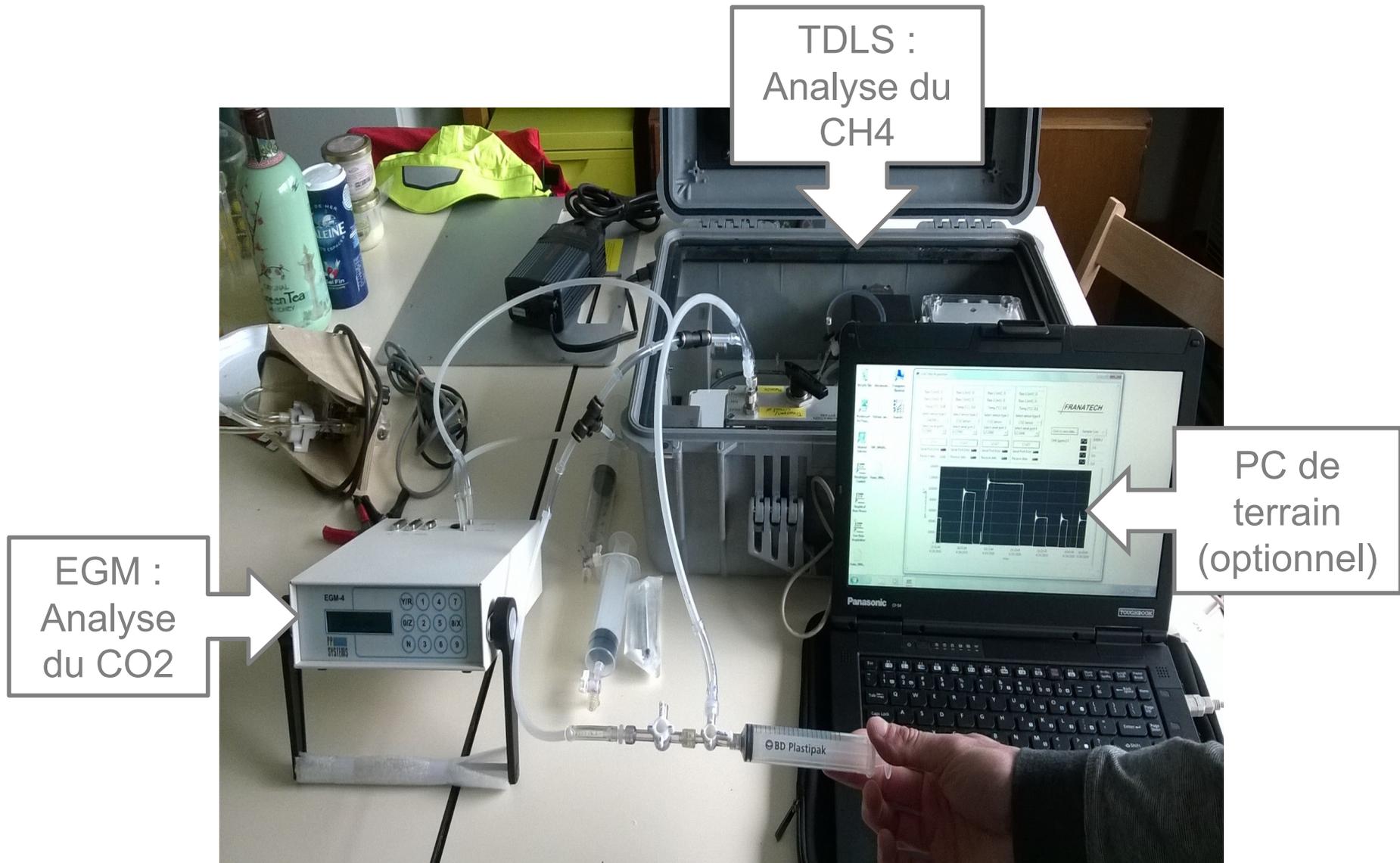
# I – MÉTHODOLOGIE

## LOCALISATION DES MESURES



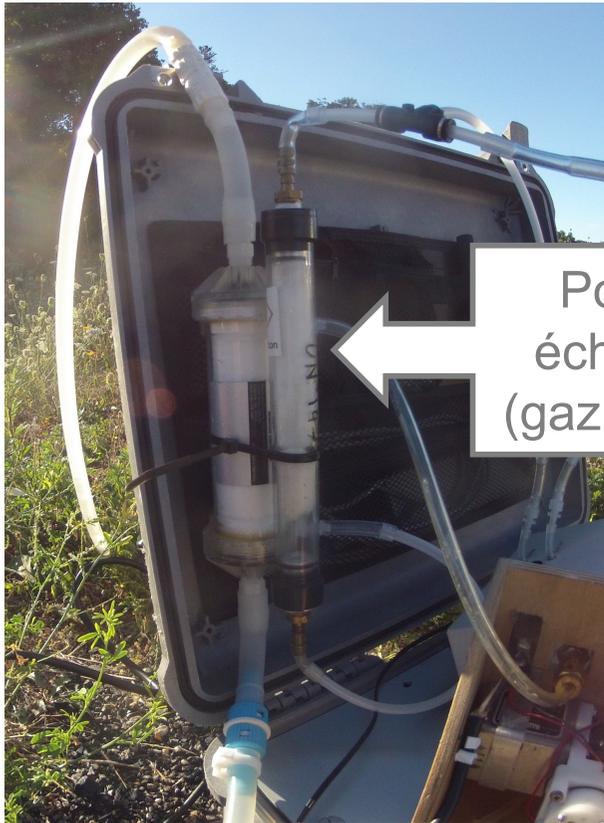
# I – MÉTHODOLOGIE

## LES INSTRUMENTS DE MESURE



# I – MÉTHODOLOGIE

## LES INSTRUMENTS DE MESURE



Poumon  
échangeur  
(gaz dissous)



Chambre  
flottante  
(diffusion)

# I – MÉTHODOLOGIE

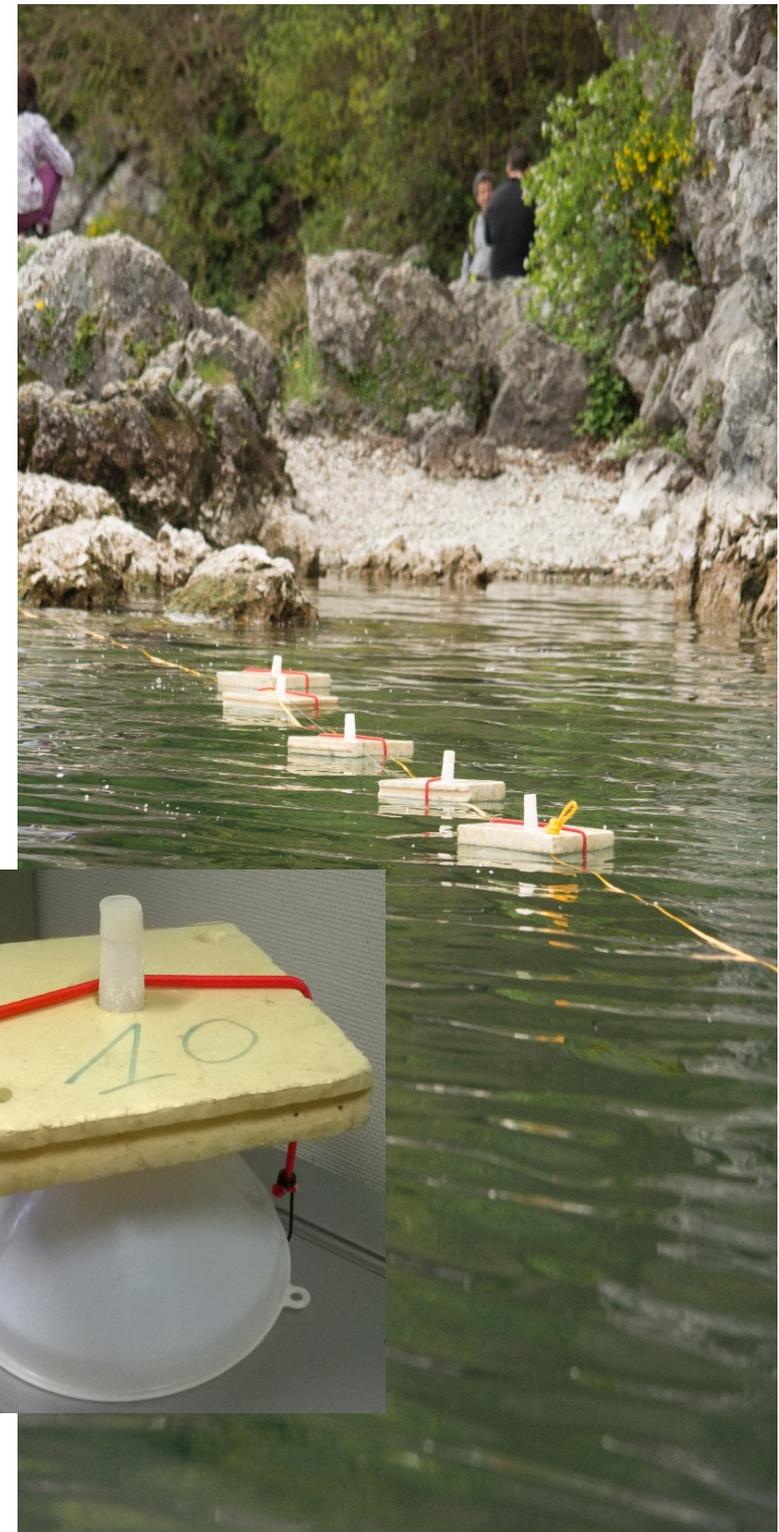
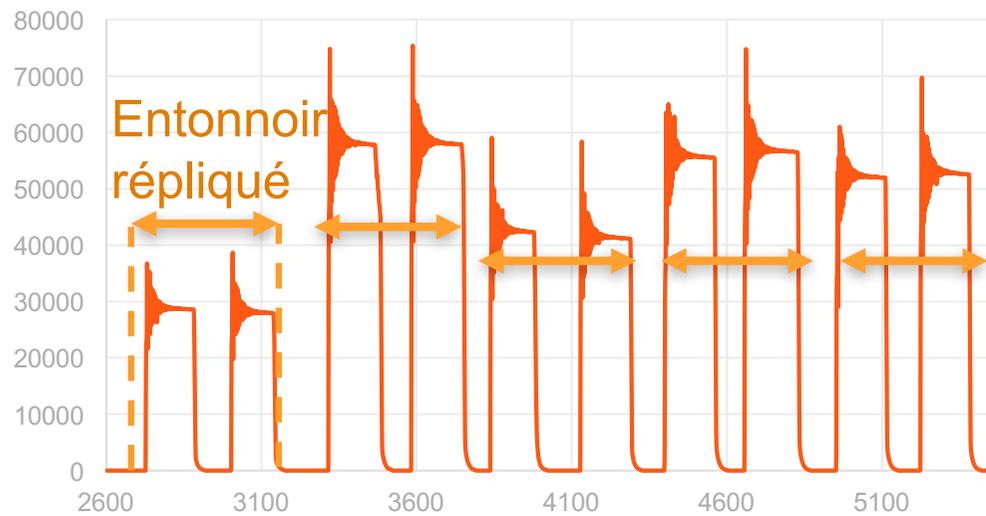
## MESURE DE L'EBULLITION

‣ **Bulles de gaz s'échappant du sédiment.**

2x15 entonnoirs pendant 24h en zone littorale et queue de retenue avec mesure :

- du volume de gaz par entonnoir,
- des teneurs moyennes en CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>.

Ebullition Passouira - taux de CH<sub>4</sub> (ppm)



# I – MÉTHODOLOGIE

## MESURE DE LA DIFFUSION

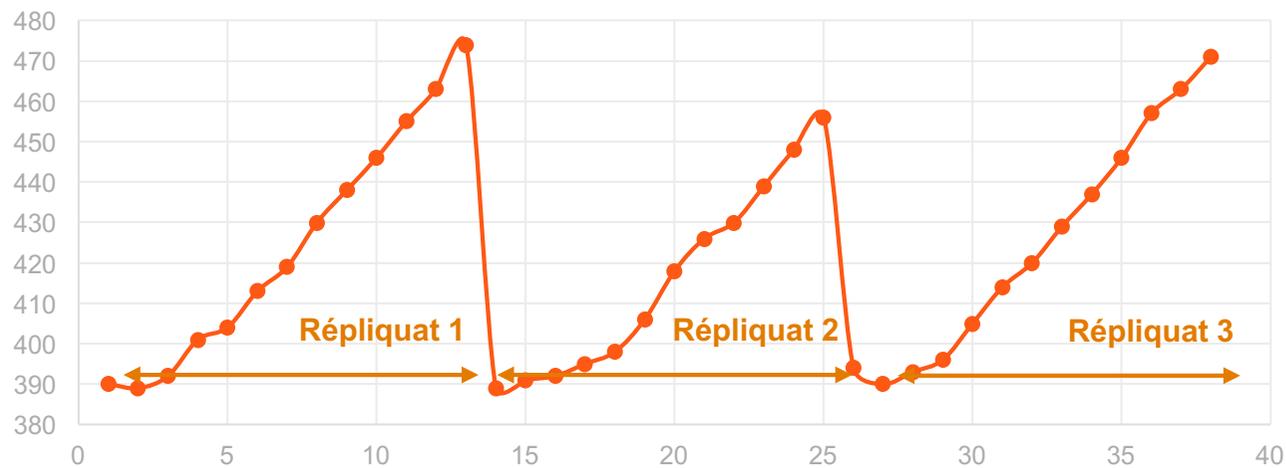
▸ Echanges à l'interface eau/air.

3x10' de mesures par chambre flottante en zone littorale (LIT), queue de retenue (QUE) et zone profonde (BEN)



Chambre flottante

Flux Grangent BEN - Taux de CO2 (ppm)

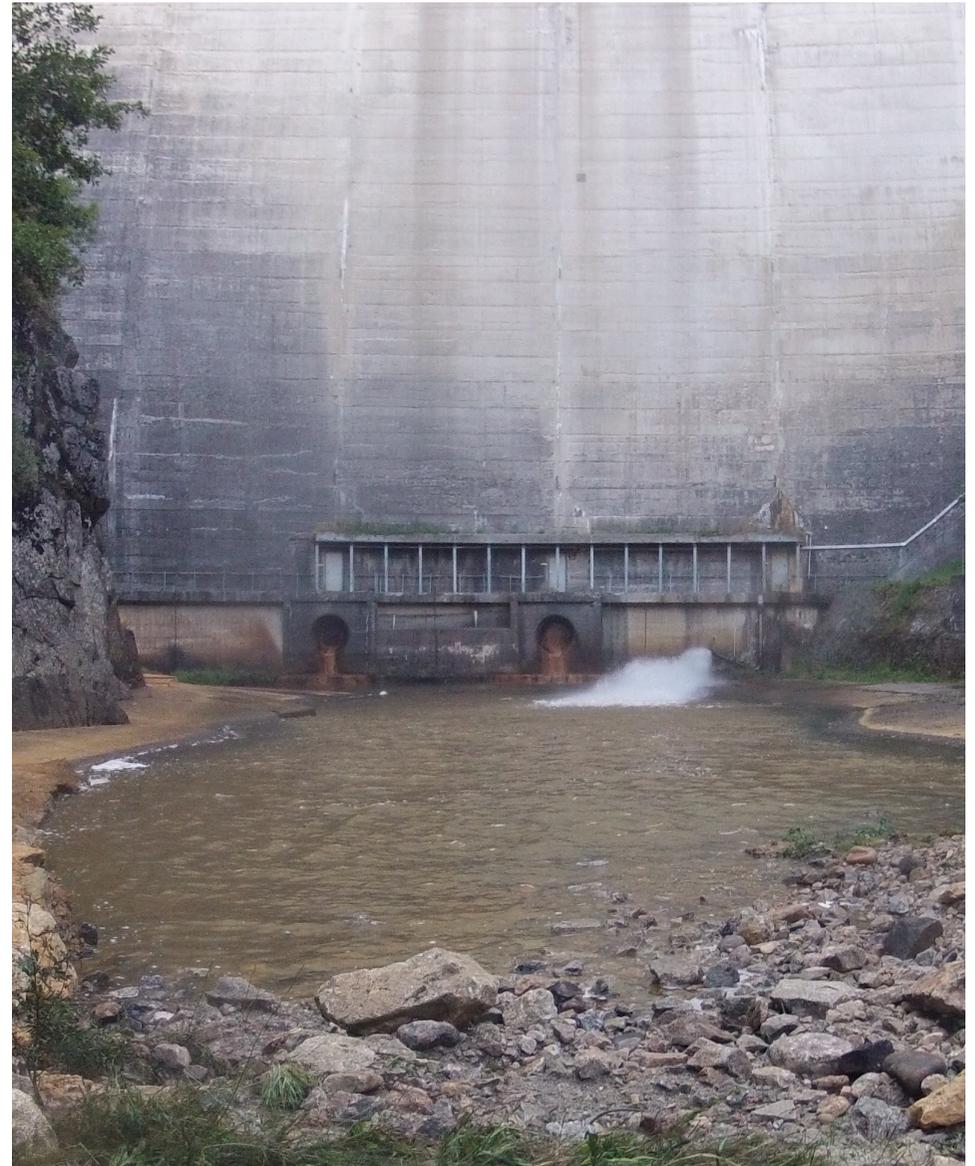


# I – MÉTHODOLOGIE

## MESURE DU DÉGAZAGE AVAL

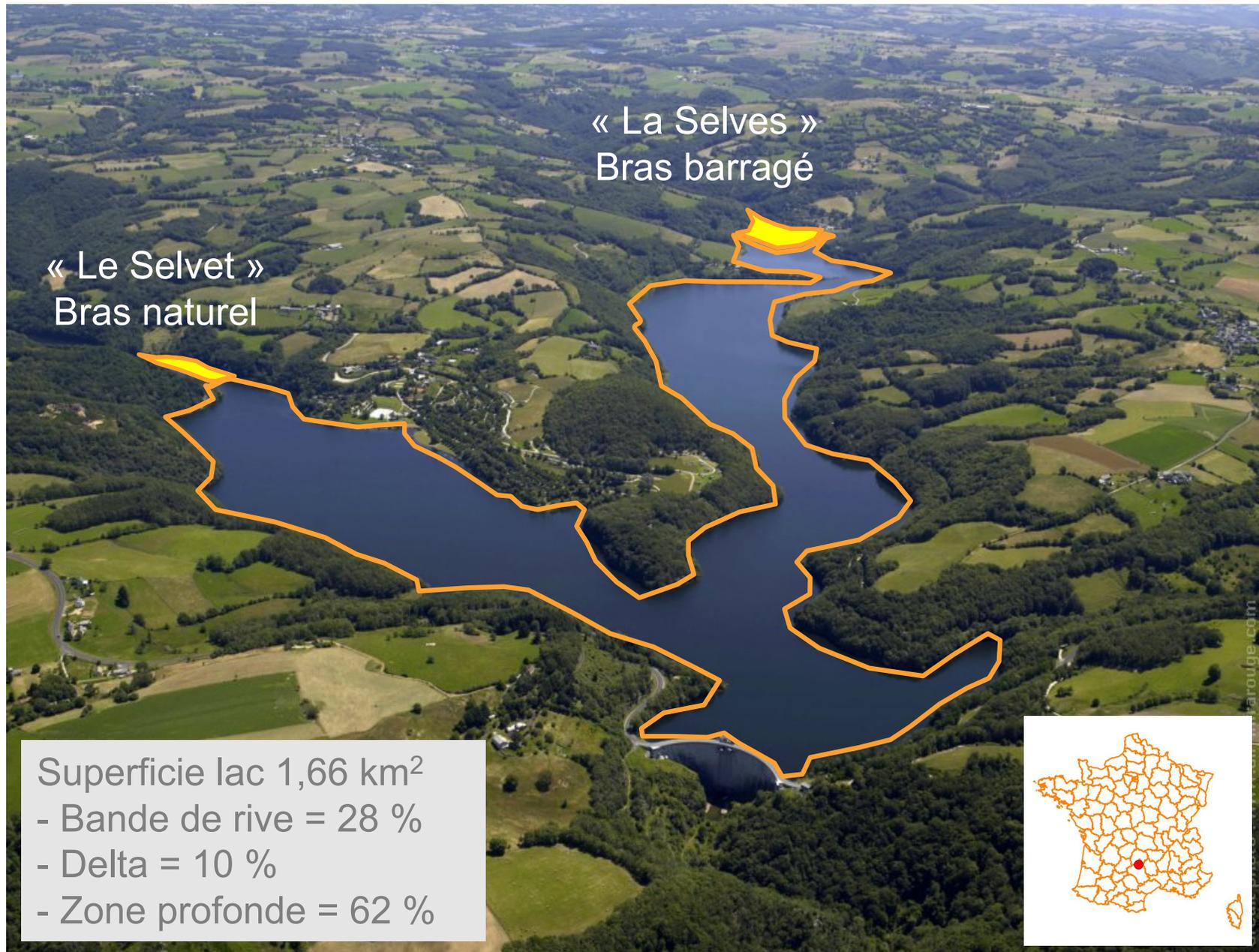
▸ retour aux concentrations d'équilibre (ex : eau gazeuse)

Produit du **flux d'eau** saisonnier par la **différence de pression partielle** entre :  
- l'eau entonnée (moyenne des concentrations de la colonne d'eau),  
- l'affluent (milieu naturel de référence).



*Débit réservé à l'aval du barrage de la Selves.*

## II – RESULTATS MESURE DES FLUX C-GES



## II – RESULTATS

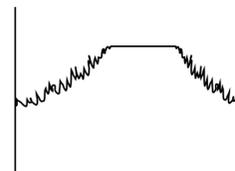
### MESURE DES FLUX C-GES

#### Caractéristiques du lac de Maury

Altitude	588,5	m	Module	4,8	m <sup>3</sup> /s
Superficie BV	164	km <sup>2</sup>	TMR	82	j
Superficie lac	1,66	km <sup>2</sup>			
Volume	35,88	hm <sup>3</sup>	Ptotal	41	ug/l
Pmax	61	m	NO3	2	mg/l

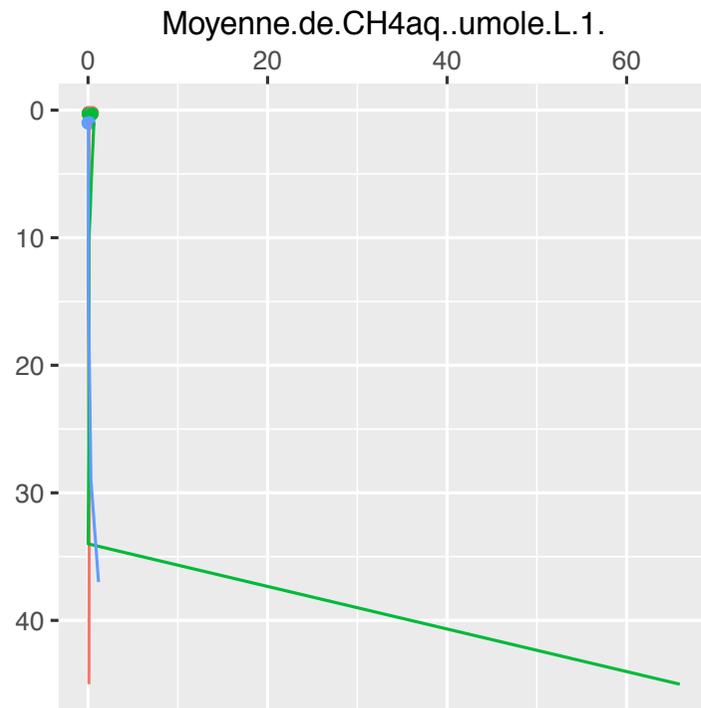
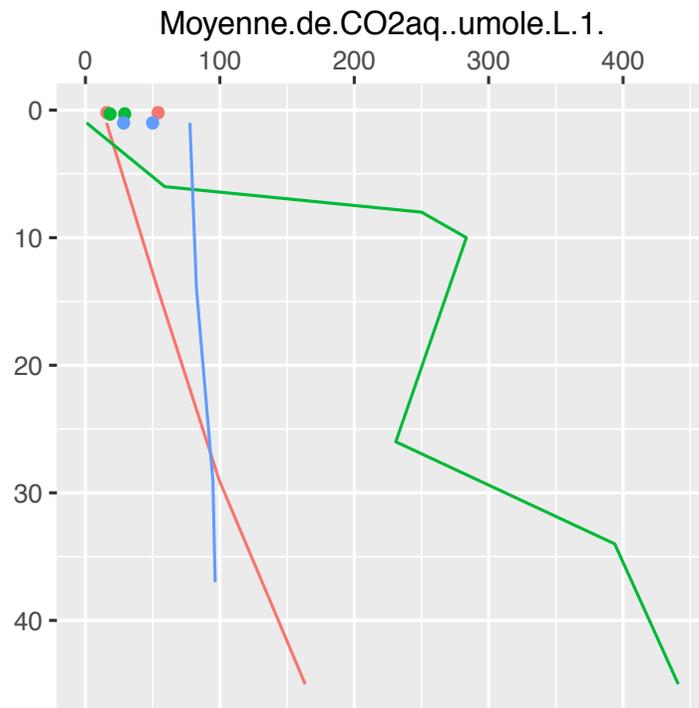
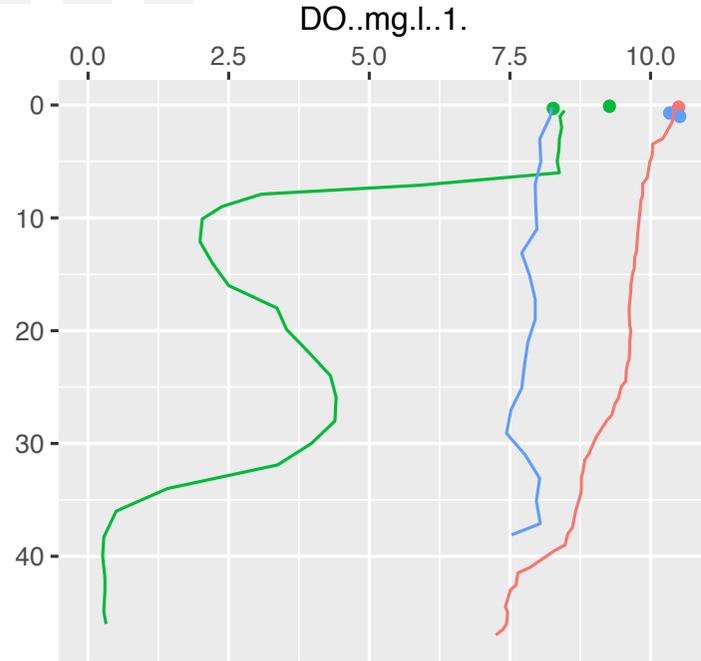
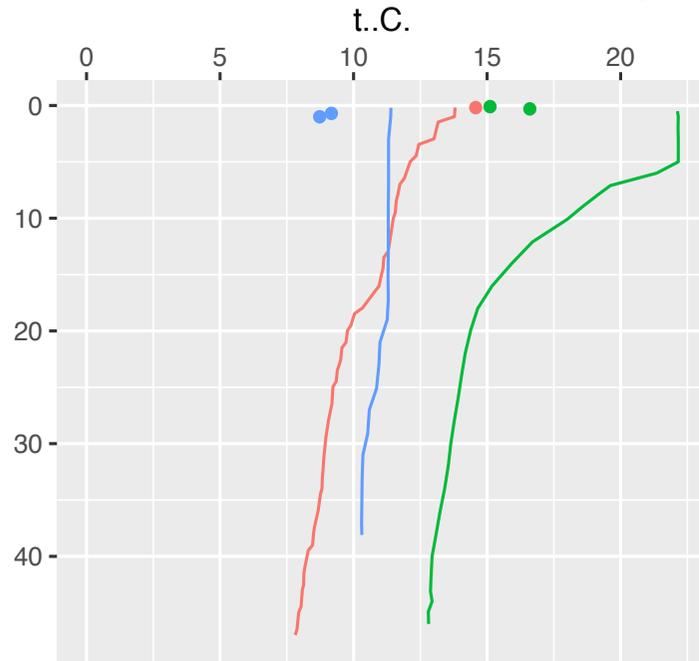
Exploité pour la production d'énergie et les loisirs :

Variation de la cote pendant l'année



# Maury

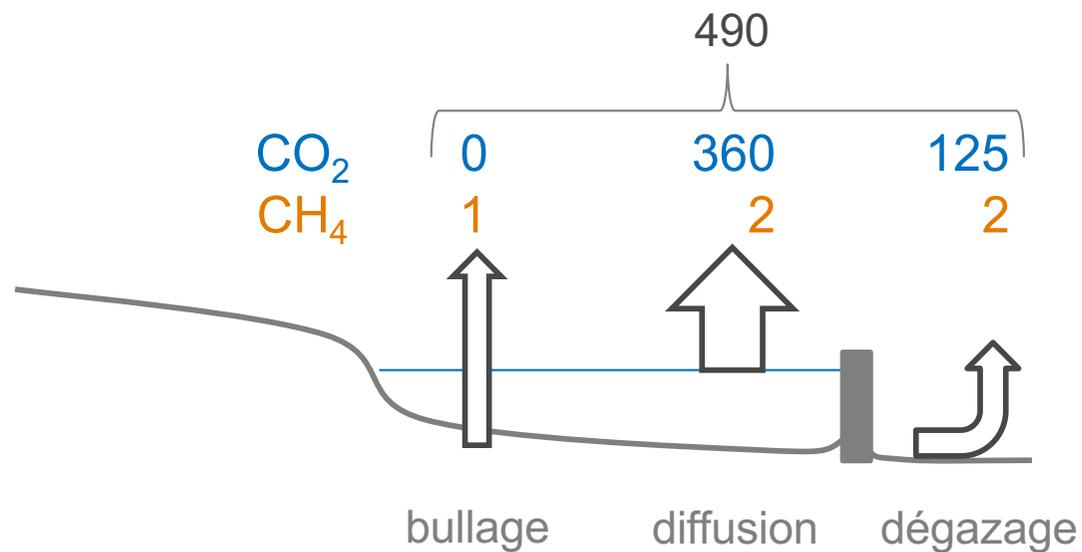
Campagne 1 2 3



## II – RESULTATS

### MESURE DES FLUX C-GES

Bilan des émissions de GES pour le lac de Maury  
(tC/lac/an)

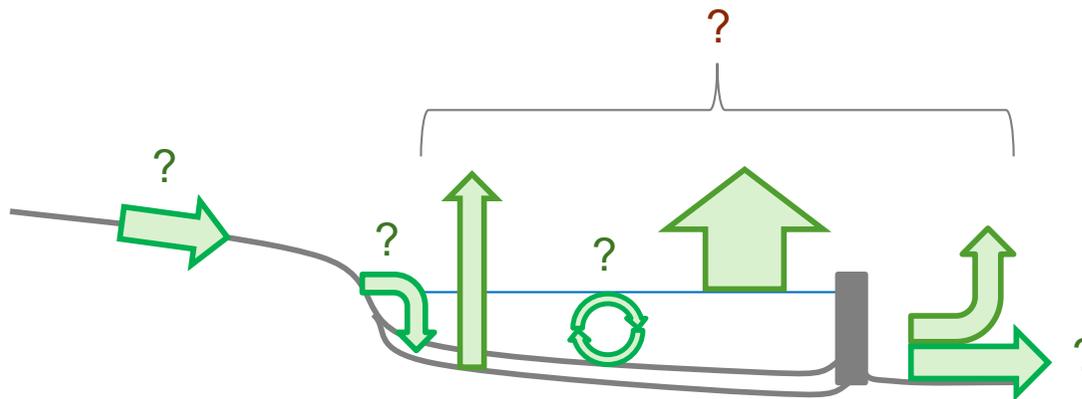


*Incertitude proche de 200 %  
(variabilité saisonnière)*

## II – RESULTATS

### MESURE DES FLUX C-GES

Bilan des émissions de GES pour le lac de Maury  
(tC/lac/an)



Questions :

Est-il possible de simuler ces mesures GES de manière indépendante ?

Comment compléter les flux et les stocks de C de la retenue ?

## II – RESULTATS

### ESTIMATION DES FLUX DE C-MO (BDD BAETIS)

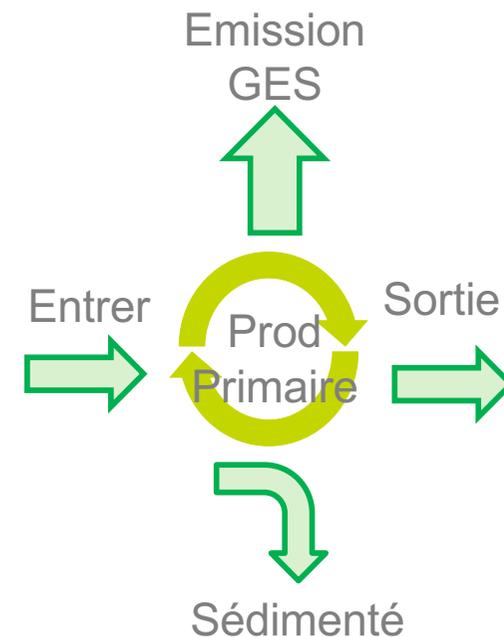
Utilisation de la BDD BAETIS (Alain POIREL, EDF – DTG)

« Typologie des impacts sédimentaires dans les retenues ».

Cette base renseigne des flux de MO ( $1/2MO=C$ ) entrants, sortants, sédimentés, utilisés pour la production primaire, et dégradés (GES).

Les compartiments renseignés sont :

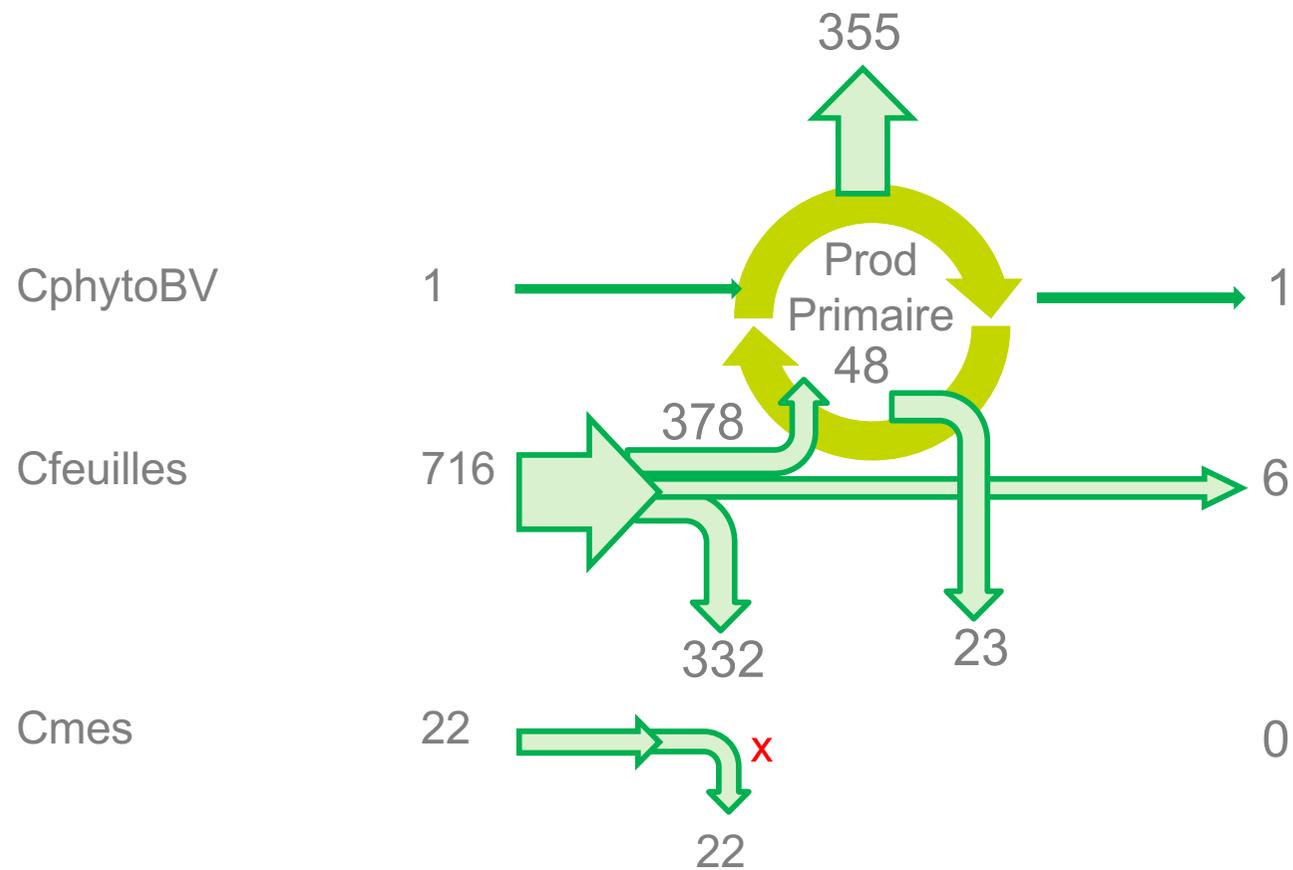
- MO figurée allochtone (Cfeuilles),
- MO associés aux MES (Cmes),
- MO phytoplancton (CphytoBV).
- Productivité primaire du lac (Prod.Primaire).



# II – RESULTATS

## ESTIMATION DES FLUX DE C-MO (BDD BAETIS)

Bilan détaillé des flux de C estimés pour le lac de Maury (tC/lac/an)

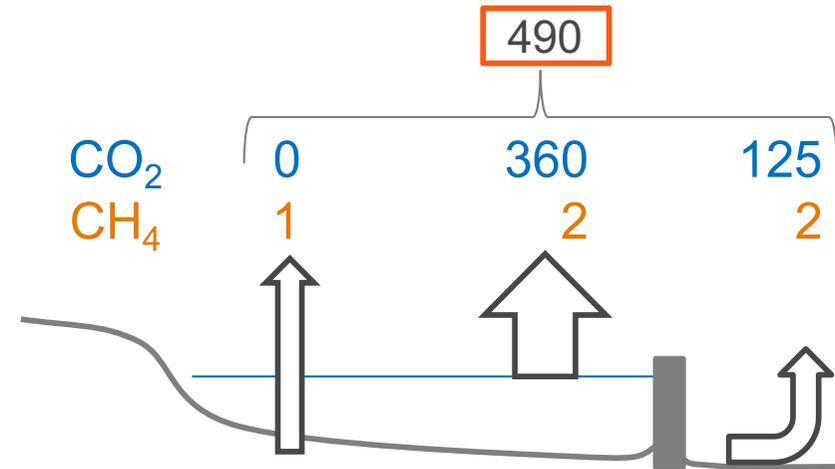


## II – RESULTATS

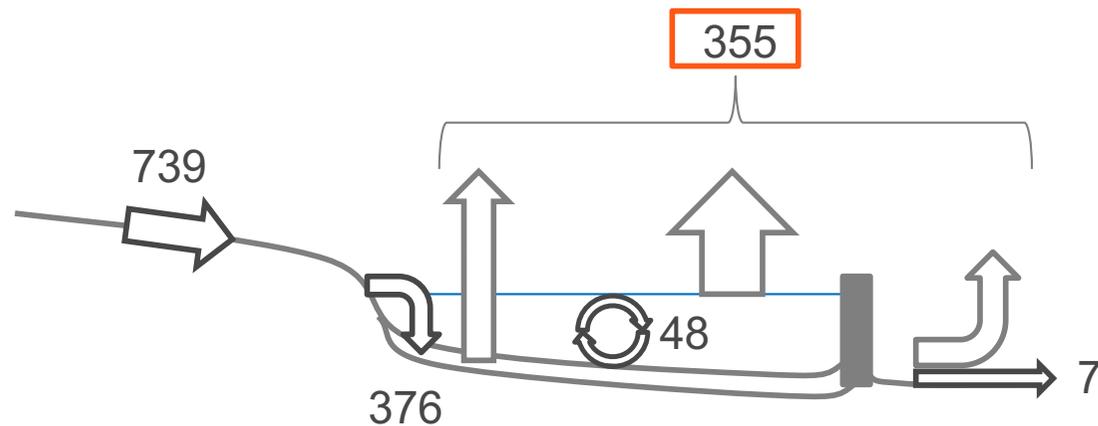
### ESTIMATION DES FLUX DE C-MO (BDD BAETIS)

Emissions de C-GES mesurées  
pour le lac de Maury  
(tC/lac/an)

*Incertitude proche de 200 %  
(variabilité saisonnière)*



Emission de C estimées  
pour le lac de Maury  
(tC/lac/an)



- 2 méthodes indépendantes et complémentaires dont les résultats sont du même ordre de grandeur.

# CONCLUSION

Bilans des émissions de C-GES de 10 retenues mesurées sur 3 campagnes en 2016,  
Estimations des flux et des stocks C-MO pour chaque retenues d'après la BDD BAETIS (EDF),

- Résultats proches qui renforcent

# PERSPECTIVES

Etendre les résultats à l'ensemble du parc hydroélectrique français.

A wide-angle photograph of a lake in a mountain valley. The water is a deep, clear blue-green color. A line of white floats is stretched across the lake, receding into the distance. The surrounding mountains are rugged and covered in green vegetation. The sky is clear and blue. The sun is shining brightly, creating a large, shimmering reflection on the water's surface. In the foreground, the white hull of a boat is visible.

**Merci pour votre attention !**

*Mesure du bullage sur la  
retenue du Saut (73), Aout 2016*

# ANNEXES

# LES FLUX DE CARBONE

D'après A. POIREL

BDD BAETIS : typologie des impacts sédimentaires dans les retenues (EDF – DTG)

Les flux de C **entrant** :

1. MO figurée allochtone (feuilles) déduit du produit :

- % de feuillus dans la bande de 100m longeant la rivière,
- Taux de production de litière,
- Coefficient de chute dans la rivière,
- Temps de séjour dans la rivière

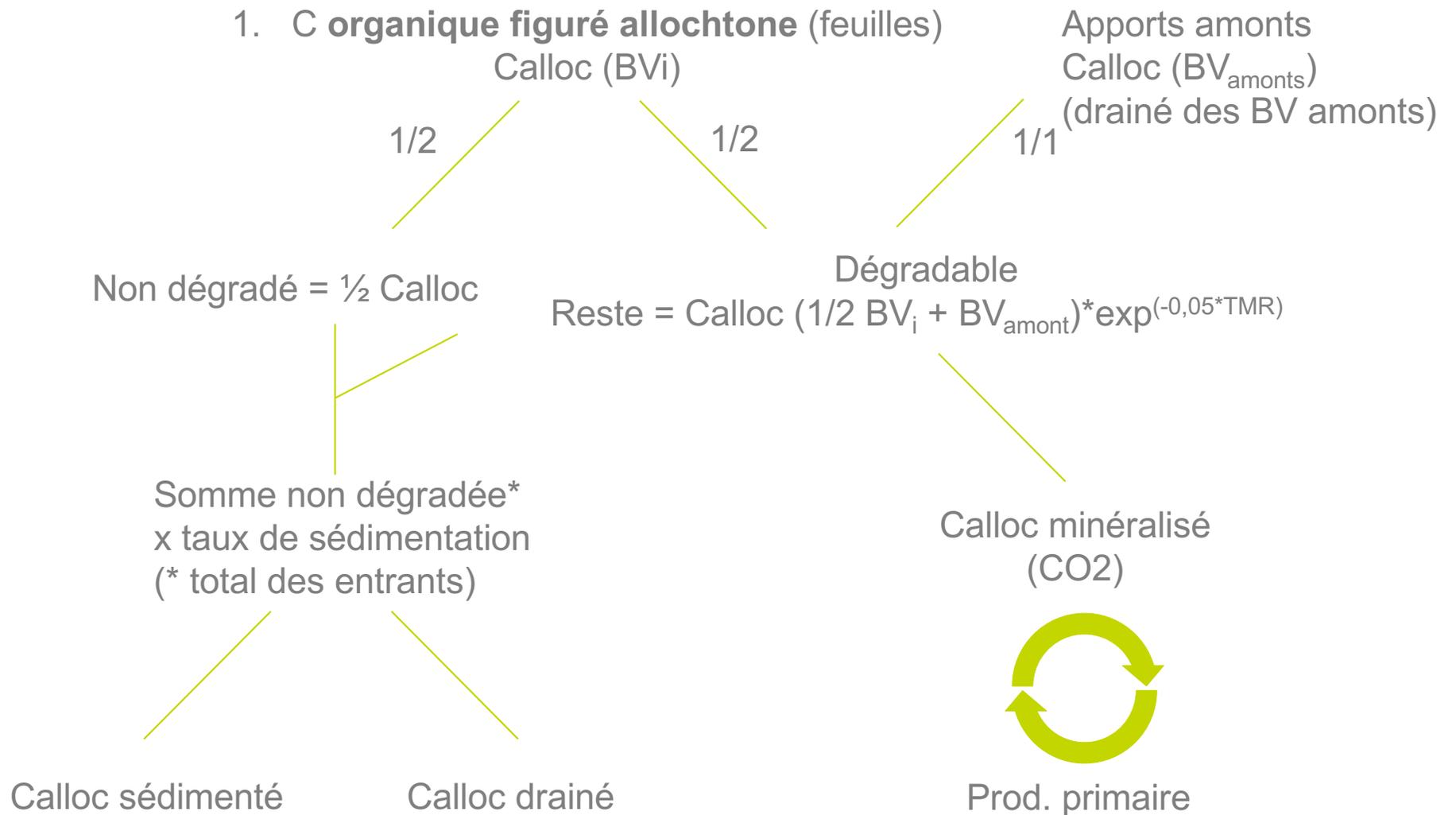
➤ Taux de dégradation  $C_t = C_{t0} * \exp(-0,05 * TMR)$

2. MO associés aux MES déduit de ? **0,08\*MES**,

3. MO phytoplancton calculée en fonction du taux de phosphore dans la rivière.

4. Productivité primaire du lac calculée en fonction du taux de phosphore dans le lac.

# DEVENIR DES APPORTS DE C



## 2. C organique **MES** ( $C_{MES}$ )

$C_{MES}$



Somme non dégradée x  
taux de sédimentation



$C_{MES}$  sédimenté

$C_{MES}$  drainé

3. C organique **autochtone**  
(phytoplancton)  
Cautoch

C organique **autochtone** Lac  
CautochLac

C organique **autochtone** BV  
CautochBV

1/2

1/2

1/1

Dégradable

Non dégradé =  $\frac{1}{2}$  CautochLac

Reste =  $\frac{1}{2}$  Cautoch \*  $\exp(-0,15 * TMR)$

Somme non dégradée x  
taux de sédimentation

Cautoch minéralisé  
(CO<sub>2</sub>)

Calloc sédimenté

Calloc drainé

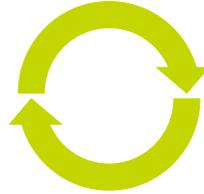


Prod. primaire

Cautoch + Calloc  
minéralisé (CO<sub>2</sub>)

Emissions  
C<sub>CO<sub>2</sub></sub>-C<sub>CH<sub>4</sub></sub>

Prod. primaire

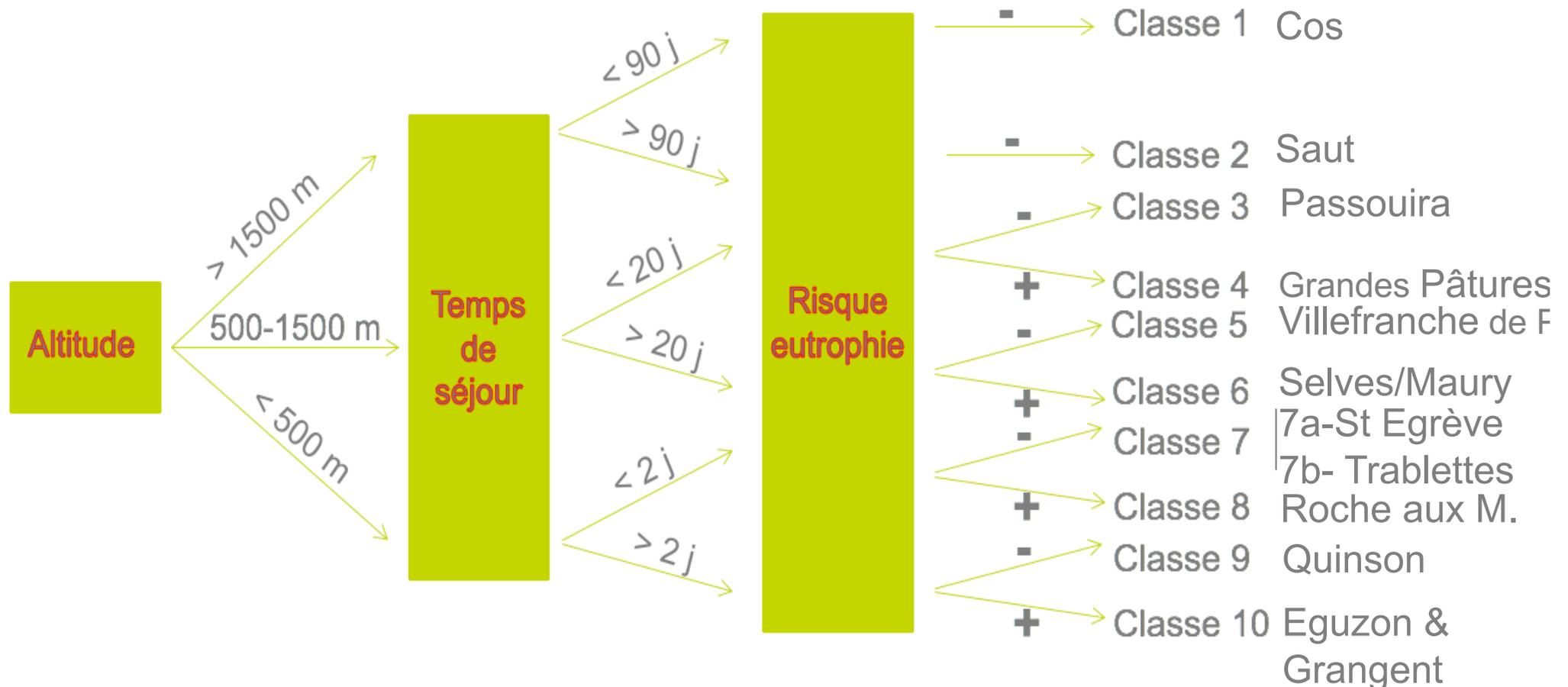


# CLASSIFICATION DES RÉSERVOIRS ET SÉLECTION DE 10 RÉSERVOIRS REPRÉSENTATIFS

Littérature : 3 critères modulent les émissions de GES.

Les classes ont été délimitées « manuellement » en 10 de manière à avoir un découpage homogène en nombre.

Dans chaque classe, le réservoir le plus représentatif a été choisi.



# LES LACS ÉTUDIÉS

	Classe	Altitude	Tps Séjour	Risque Eutrophisation	Tx bois Bvi	ProdSpécifique MOAll Bvi	Prof Max	Superficie
Saut	1	2296	6,24	1	0,05	0,38	11,5	5
Cos	2	2183	202,17	1	0,05	0,53	36,0	16
Grandes Patures	4	1226	11,35	3	0,25	5,25	17,8	20
Villefranche de Panat	5	727	145,24	1	0,10	9,30	14,2	192
Passouira	3	691	0,95	1	0,70	9,46	10,3	6
Maury	6	589	82,38	2	0,45	9,74	61,1	166
Trablettes	7b	440	0,21	1	0,10	9,58	5,8	17
Grangent	10	420	13,74	4	0,40	9,50	47,4	365
Quinson	9	404	11,80	1	0,70	9,43	38,1	191
St Egreve	7a	206	0,27	1	0,50	7,86	9,0	108
Eguzon*	10	203	22,47	4	0,20	7,83	55,4	312
Roche au Moine*	8	145	1,63	2	0,20	7,17	15,0	79
Roche bat l'Aigue*	8	125	0,59	2	0,20	6,94	13,6	29

\* Lacs étudiés en 2011

Autres lacs : Bénit, Blanc, Bourget, Corne, Paladru, Saint Jean de Chevelu, Saint André.