



# MYRIADE

## Détermination des flux de GES par une « myriade » de chambres flottantes automatiques



Didier Jézéquel<sup>1,2</sup>, Viet Tran-Khac<sup>2</sup>, Philippe Quetin<sup>2</sup>, Victorien Hosatte<sup>2</sup>  
Lionel Fichen<sup>3</sup>, Antoine Guillot<sup>3</sup>, Paul Dasi<sup>3</sup>, Mickaël Beauverger<sup>4</sup>

- 1) IPGP & UPC, Paris [didier.jezequel@inrae.fr](mailto:didier.jezequel@inrae.fr)
- 2) UMR CARTEL – INRAE & USMB; Thonon-les-Bains
- 3) DT INSU, Plouzané
- 4) Univ. Brest

Projet soutenu par la DIIRO

en 2021 et en 2022

### Objectifs du projet

#### Objectifs scientifiques :

Mieux quantifier les flux d'émission de GES carbonés ( $CO_2$  et  $CH_4$ ) depuis les systèmes aquatiques, en améliorant la représentativité spatiale et temporelle des flux mesurés.

→ Choix d'une méthode automatisable et à coût réduit afin de multiplier les mesures *in situ*.

→ Déploiement de plusieurs chambres flottantes automatiques en parallèle sur un lac ou plan d'eau.

#### Objectifs techniques :

Développer un prototype de chambre flottante automatique (CFA) utilisant des **capteurs low-cost** :

**$CO_2$  et  $CH_4$**   
+ **paramètres environnementaux**  
(T eau, T air, Pression atm., agitation, vent, lumière...)

Autonomie  $\geq 1$  mois → 6 mois  
Retransmission des données à distance  
Coût visé < 3 k€

NB : installation non-dérivante (lacs)  
évolution possible en mode dérivant (rivières...) → GPS

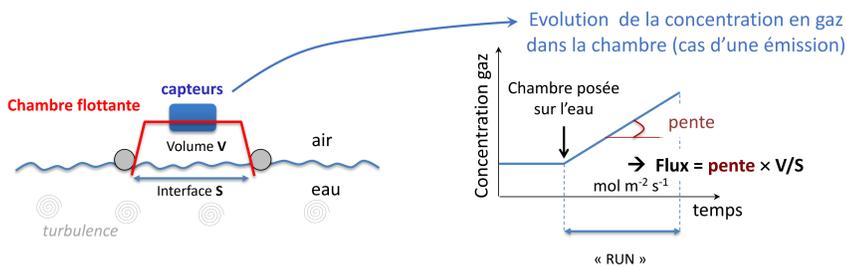
#### Verrous techniques :

- Développer un système de ventilation de la chambre fiable, à faible consommation d'énergie
- Intégration complète à coût réduit et à consommation minimale d'énergie, léger (transportable à dos d'homme)
- Fiabilisation de la réponse des capteurs à gaz sur le long terme (notamment dérive du signal, résistance vis-à-vis de l'humidité)
- Résistance à des conditions environnementales rudes à moindre coût (marinisation, gammes de températures étendues)

#### Niveau de TRL :

En 2021, la validation des composants sur une maquette en laboratoire nous a permis d'atteindre un niveau entre **TRL4** et **TRL5**. Les équipements commandés fin 2021 et reçus au premier trimestre 2022 vont rapidement aboutir à des essais dans un environnement représentatif, soit **TRL6**. L'objectif étant de valider le niveau **TRL7** d'une enceinte en environnement opérationnel à Thonon et Mayotte avant fin 2022.

### Rappel du principe de la détermination des flux de gaz à l'interface eau-air par la méthode de la chambre flottante



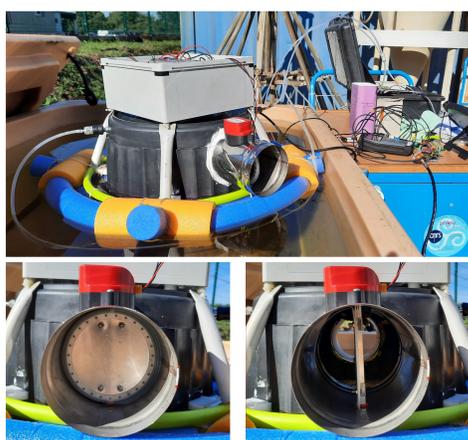
#### Cycle de mesure :

- 1) **phase de mesure** : 10 à 20 min. (chambre fermée)
- 2) **phase de ventilation** de l'enceinte (chambre ouverte) → renouvellement de l'air intérieur

NB : - Méthode directe de détermination des flux (pas d'hypothèse sur un paramètre) } +  
- Coût faible (capteurs low-cost) } -  
- Perturbation de la turbulence et de la température de l'air interne } -

### Ventilation de l'enceinte :

Prototype de chambre flottante à ventilation passive par 2 ouvertures à clapet (prototype DT V1)



Registres fermés

Registres ouverts

Registres motorisés 12V Yinsheng (30 €)  
diam. 125 mm  
joint silicone  
moteur électrique (2 x 35 mA)

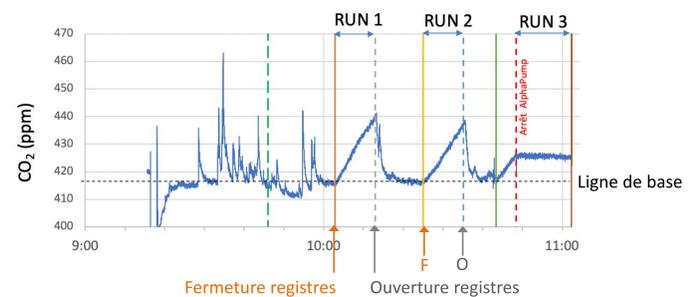
Enceinte PE noir 30 L (h 30  $\varnothing$ 38-43 cm)  
+ flotteurs

Capteurs  $CO_2$  :  
K30 Senseair (100 €) (intérieur)  
+ contrôle par LI 820 (extérieur de l'enceinte, circulation par pompage)

Bac d'eau douce  $\approx$  1100 L ; en extérieur  
+  $NaHCO_3 + HCl \rightarrow pCO_2 > atm.$   
→ flux  $CO_2$  sortant  
+ mesure T, pH et conductivité

NB : vent nul lors des essais

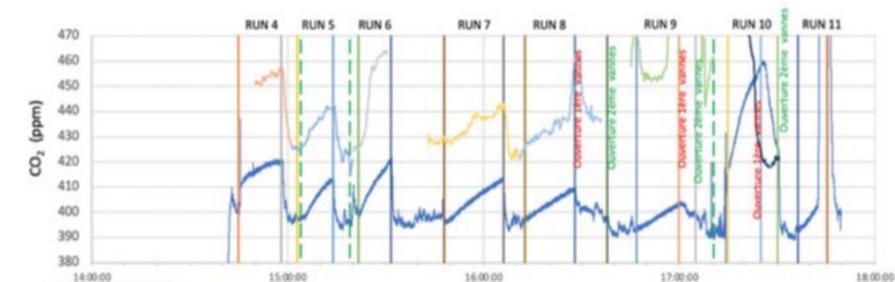
#### Ventilation de l'enceinte : tests Licor LI 820



Test de ventilation (RUN 1 & 2) → Bon retour à la ligne de base (<2') → Ventilation OK  
Fermeture/Ouverture des registres Augmentation linéaire de la pCO<sub>2</sub>

NB : ouverture d'un seul registre : ventilation insuffisante

### Comparaison d'un capteur CO<sub>2</sub> low-cost (K30 Senseair) vs. LICOR LI 820



→ Evolutions synchrones et parallèles de pCO<sub>2</sub>

Mais pas toujours...

2<sup>ème</sup> capteur K30 en // à prévoir

NB : Légère fuite (Registres fermés) → A améliorer (nouveaux registres)

### Prototype DT V2 : amélioration de l'étanchéité, intégration des capteurs



#### Nouvelle enceinte

Gilac PE blanc 55 L (h 33  $\varnothing$ 40-50 cm)  
Nouveaux registres + servomoteurs  
Belimo PVC (+ rigide, collable...)  
Panneau solaire 55 W (50 x 50 cm)

En cours de réalisation....

#### Capteurs CO<sub>2</sub> : 5 modèles

Senseair K30 et K33  
Tellair T6615 et T6615-50K  
Vaisala GMP252

#### Capteurs CH<sub>4</sub> : 2 modèles

Figaro NGM2611  
Cubic CU-SJH-5

#### Météo

Stations Airmar 200/220WX  
avec centrale d'altitude  
+ T, humidité, lumière

#### Microcontrôleurs

Arduino UNO Rev 3  
Arduino Shield  
Raspberry Pi Zero Modules 6 DoF  
Cartes ACME

+ Cartes SD

+ Antennes, Panneaux solaires...