

WP2.3 Métabolisme des milieux aquatiques



Institut des Géosciences de l'Environnement

Processus & flux de Carbone dans les milieux aquatiques

Isotopes stables $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

Mesure in situ, long terme

Vers des modèles de fonctionnement biogéochimique

Sophie Guillon, Roberto Grilli, Agnès Rivière, Thierry Labasque, Eliot Chatton, Guillaume Nord, Nicolas Flipo

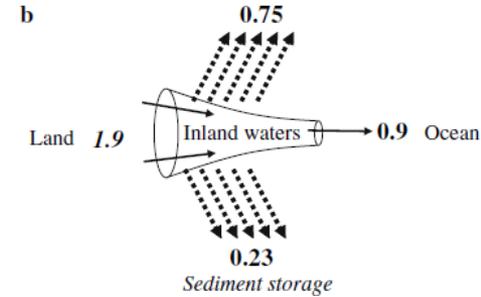


Cycle du carbone dans les hydrosystèmes continentaux: apports de la mesure haute fréquence

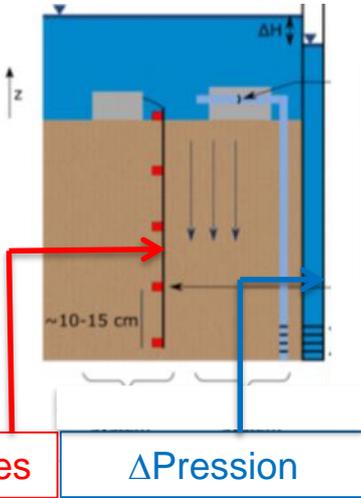
- Contribution des hydrosystèmes continentaux aux flux de GES et en particulier de CO_2 → active carbon pipe

Petites rivières et têtes de bassin (incertitudes)
rivières, fleuves, lacs,...

- Impact du changement global & des activités anthropiques sur les flux
- Développements instrumentaux: le suivi biogéochimique en continu devient accessible
- Métabolisme (respiration / prod primaire): O_2 / CO_2 + échange eau / atmosphère + échange eau / nappe + $\delta^{13}\text{C}$



Monitoring 1D des flux d'eau et d'énergie (MOLONARI mini)



Mini LOMOS (Local Monitoring System)

Quantifier les flux transitoires d'eau **et de chaleur** entre la rivière et z. hyporhéique

Cucchi et al (2018)

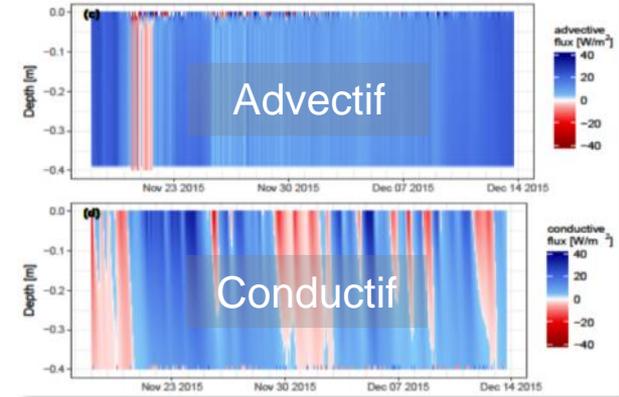
Systemes mini LOMOS

- **Projet intégré matériel et logiciel**
- **Développements continus dans le cadre d'un module pédagogique de MINES ParisTech (chaque année 3j/semaine pendant 5 semaines)**
- **Mesure continue (dt 15 min) et moyen terme (2 mois)**
 - **différence de pression entre la rivière et son lit**
 - **profil de température dans la rivière et son lit**
- **Inversion des flux d'eau et de chaleur entre la rivière et la nappe**
inversion des paramètres hydrodynamiques
- **Interface python de pilotage du système, de gestion des données, de pilotage des inversions et de visualisation des résultats**
- **Capteur robuste à bas coût (~ 600 à)**
Facilité d'installation / usage



Développements prévus

- Maîtrise du flux de données via la prise en main du datalogger (2022 test Arduino)
- Interfaçage avec une base de données (2022) stockée sur serveur distant (2023)
- Communication en temps réel (relais GSM ou autre) → 2023 et 2024
- Optimisation de l'algorithme d'inversion des données pour calculer des flux d'eau, de chaleur et les propriétés physiques de la zone hyporhéique sous hypothèse de milieu stratifié → 2023
- Développement permanent de l'interface



Sites de déploiement

- **Conditions requises**

- 📁 rivières de têtes de bassin accessibles à pieds (ordre de strahler 1 à 3)
- 📁 lit de rivière meuble (colluvions, alluvions, ...)

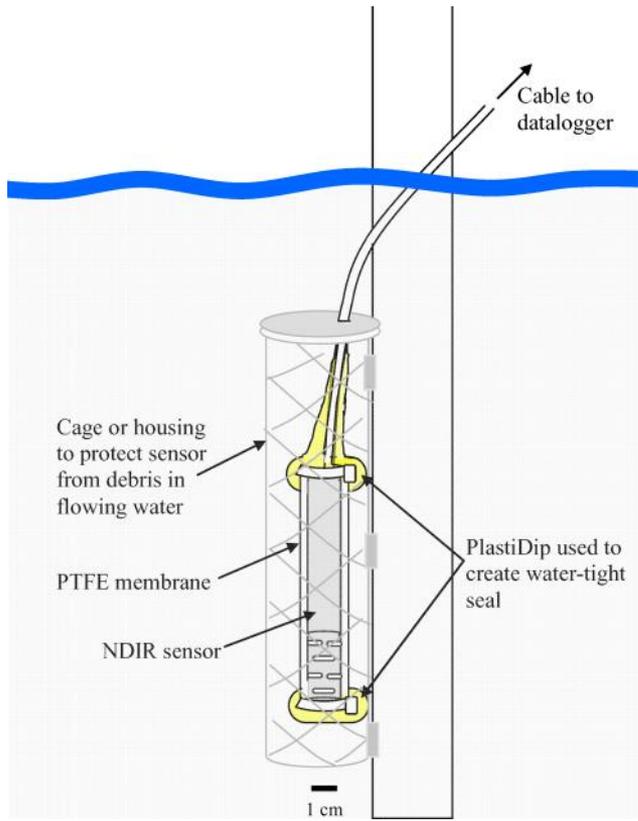
- **Sites déjà instrumentés**

- 📁 Orgeval
- 📁 Bretagne
- 📁 Sauer

- **Sites envisagés pour TF**

- 📁 Naizin
- 📁 Autres ? (Strengbach)





Johnson et al (2010)

Mesure continue des gaz dissous pour le métabolisme

O_2 / CO_2



Mesurer pCO₂ en continu en rivière

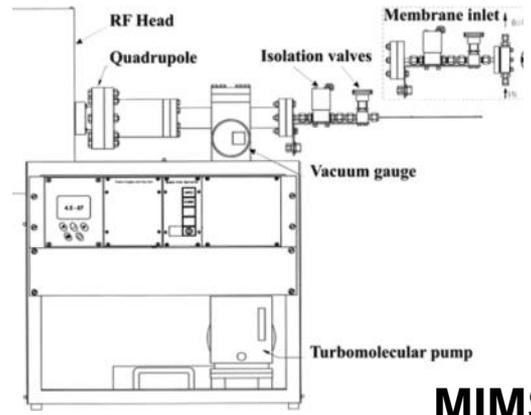
- **Oxygène dissous**
optode commerciale (minidot, hobo, 2 000 €)
robuste, précis (biofouling et calibration ~mensuelle?)
suivi continu / long terme
sonde autonome (batterie, stockage data)
pas de temps 15 à 30 min
- **pCO₂**
mesure optique NDIR (robuste, fiable, stable)
système d'équilibration (tube silicone + pompe / membrane)
capteurs commercial (Vaisala Carbocap GMT220 ou GMT443 + membrane semi perméable (ePDFE) (*Johson et al 2010, Horgbsy et al 2019*)
suivi continu / long terme (+ suivi pH / Alc?)
- **Originalité : couplage O₂ / CO₂**
Interprétation / inversion des données → métabolisme (ER / GPP) + dégazage

Développements et déploiement

- Liens avec la sonde multiparamètres du WP2.2 (beta testeur, validation, integration?)
- Validation de l'optode WP2.2 vs optode commerciale (validation optode river lab vs en rivière)
- Développement (membrane, datalogger) et test d'un capteur continu pCO₂ en rivière
- Développements d'une communication distante
- Développement des modèles conceptuel & numérique pour l'interprétation
- Déploiement colocalisé avec les 3 River Lab avec les LOMOS



In situ mass spectrometry
Membrane Inlet mass spectrometry - MIMS



**MIMS Mesure in situ & continue
des gaz dessous de la journée à
plusieurs mois :**

He, O₂, CO₂, N₂, CH₄, N₂O, Ar, Kr, Xe...

Chatton et al (2017)

Développements et déploiement

- Mesure Haute fréquence des gaz dissous dans la zone hyporhéique et dans le cours d'eau – journée au mois.

- A développer :

communication distante (< ordinateur)

gestion de l'énergie.

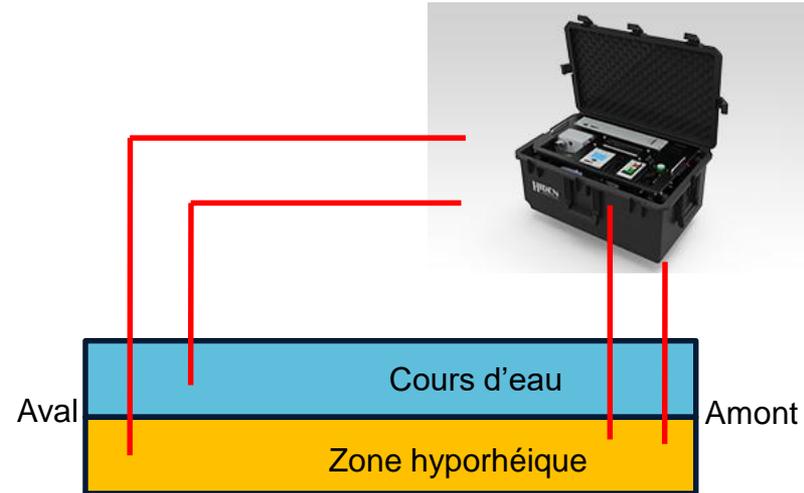
Echantillonnage - filtration

Stabilité de la mesure - Calibration

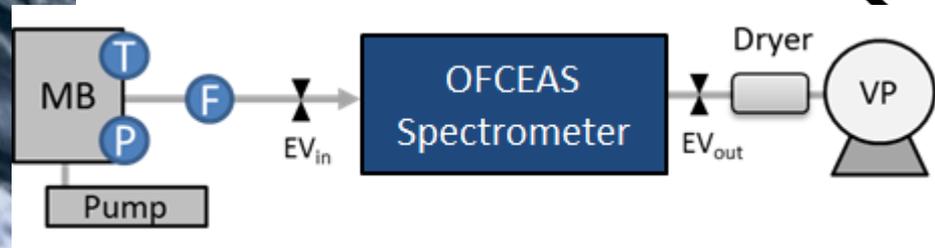
- A prévoir :

- Campagnes basse / haute eaux +
Coeff de dégazage
- Orgeval aval / amont
Naizin
Strengbach

...



Vautier et al (2020)



Mesure in situ $\delta^{13}\text{C}\text{-CO}_2$ et $\delta^{13}\text{C}\text{-CH}_4$

Contexte & développements : mesure in situ rapide et continue $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ et $\delta^{13}\text{C-CO}_2$

- Apport des isotopes stables $\delta^{13}\text{C-CH}_4$ et CO_2 pour discriminer les processus (minéralisation OM, méthanisation, dégazage, etc)
- Mesure par optique laser (vs spectrométrie de masse) : diminuer les coûts, miniaturiser, aller sur le terrain, mesure rapide ($T_{90} < 30 \text{ s}$)
- $\delta^{13}\text{C-CH}_4$: capteur + membrane existants (applications marin / lacs, *Grilli et al 2020*)
miniaturisation du casing (18 cm diam, 80 cm long, et consommation: 40W)
Range mesure CH_4 : 0-14 μM (idéal 25 – 1200 nM)
Précision CH_4 : 0.05 nM
Précision $\delta^{13}\text{C-CH}_4$: 2‰
- $\delta^{13}\text{C-CO}_2$: capteur en développement pour la mesure dans les inclusions des carottes de glace, membrane / casing repris de CH_4
vérifier la sensibilité à la température, déterminer la précision (< 0.5 ‰?) et non linéarité
- Déploiement; suivi continu $\delta^{13}\text{C-CO}_2$ dans un cours d'eau (Orgeval?) pendant quelques jours
autres sites?



Déploiement & défis

Sites de test & déploiement

- Suivis en rivière & dans la zone hyporhéique à l'exutoire de petits bassins versants bien instrumentés (Orgeval, Naizin, Strengbach)
- Élargir à d'autres points amont, affluents, de ces bassins
- Élargir à d'autres BV, systèmes lacustres (changement d'échelle?)
- Conditions requises pour les sites
 - 📁 petite rivière (niveau d'eau < 1m pour installer LOMOS, mais > 30 cm pour mesure isotope)
 - 📁 lit de rivière meuble (alluvions, colluvions...)
 - 📁 accès régulier
- Lien avec les modèles hydrogéologiques (échanges nappe rivière) et biogéochimiques
- Échelle locale / Echelle du BV

Défis instrumentaux

Gestion de l'énergie (LOMOS, MIMS, isotopes)

Déploiement court à long terme en rivière (turbidité, crues, biofouling...)

Archivage des données

Télétransmission

Choix des sites à instrumenter dans des rivières intrinsèquement hétérogènes

Méthodologie d'interprétation « intégrée » des données

Laboratoires impliqués : CARTEL, CEBC, CEFE, Centre de Géosciences, CERFE, CESBIO, Chrono-environnement, CRAL, CReSTIC, DT-INSU, Dynafor, ECOBIO, ECOLAB, EVS, GET, GR, GSMA, HABITER UR, IGE, IM2NP, IPAG, IPGP, IRISA, IRIT, ISM, ISTO, LAAS, LECA, LEMAR, LHYGES, LIG, LIRMM, LMGE, LPC, LRGP, LIS, RiverLy, SAS, Subatech.

Tutelles et partenaires non académiques : CNRS :INSU, INEE, INSIS, IN2P3, INP, INS2I, INSHS, INSB. **Autres organismes de recherche :** IRD, INRAE, IPGP. **Ecole d'ingénieur :** Mines ParisTech. **Universités :** Grenoble, Savoie-Mont-Blanc, Toulouse, Rennes, Clermont-Auvergne, Montpellier, Reims, Toulon, Franche Comté, Orléans, Strasbourg, Aix Marseille. **EPIC:** INERIS. **PME:** Extralab

Soutiens: CNES, OFB, BRGM, Agence de l'eau Loire Bretagne, Réseau RECOTOX, l'observatoire du sol vivant, Institut Carnot Eau & Environnement, Groupes Régionaux des experts du climat, Régions, Office régionales de la biodiversité, Fondation François Sommer

Remerciement aux autrices du livre TERRA FORMA qui nous ont laissé l'emprunt de leur titre.

Contact(s): terra-forma@services.cnrs.fr

terra-forma.cnrs.fr

anr®
agence nationale
de la recherche



ANR-21-ESRE-0014

