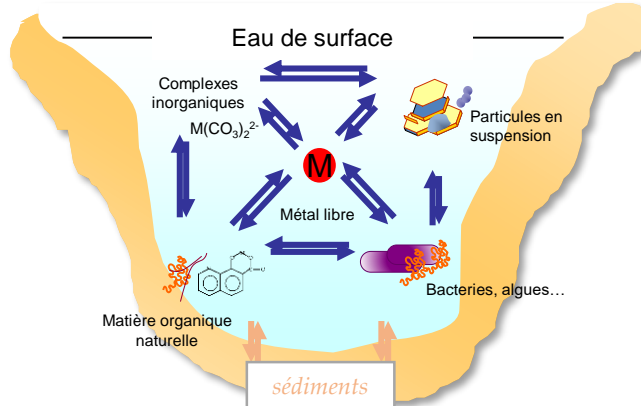


Modules d'Analyses Environnementales : Instrumentation Open-Source pour les eaux naturelles

Vincent Dutreuil, José-Paulo Pinheiro, LIEC, Metz-Nancy
Laurence Beaumont, Hervé Barrois, Benoit Arnold, DT / INSU, Meudon

Contexte et Objectifs :

Les **Éléments Traces Métalliques (ETM)** sont des composants impactant le fonctionnement des écosystèmes. La connaissance de la spéciation précise leur **biodisponibilité** et les différents cycles associés. L'analyse de ces métaux en laboratoire est délicate car sensible aux modifications des échantillons lors des phases de stockage et de transport. Afin de fiabiliser ces mesures, le LIEC développe depuis 2020 une instrumentation « On Site » adaptée avec une approche « **Open-Source Hardware** ». Aux termes du projet le laboratoire et la communauté SIC bénéficieront d'une instrumentation peu onéreuse et facilement répliquable pour augmenter le nombre de mesures.



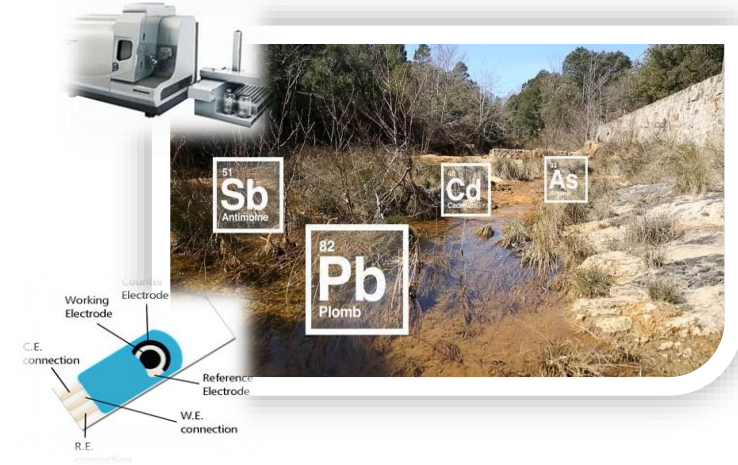
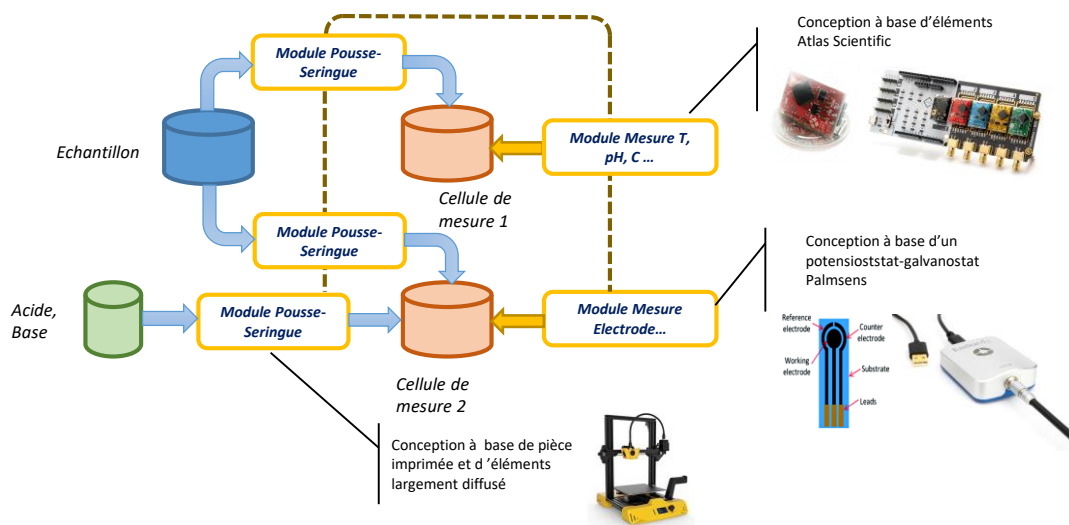
La mesure des ETM :

La mesure des ETM est classiquement réalisée par **ICP** (Inductive Current Plasma) en laboratoire et permet d'obtenir la concentration de métal-total. Des sondes in-situ sont également disponibles mais extrêmement onéreuse. Afin de réaliser une meilleure couverture, le LIEC développe des méthodes de mesure par électrodes⁽¹⁾ pour le pb/Zn et Cd. Les électrodes conçues par impression permettent une résolution de 0,06 nano Molaires pour le Pb. Les faibles coûts de production autoriseront la multiplication des acquisitions et des systèmes de mesure. Cette méthode ne permet pas la mesure de métal total ; elle vise les métaux avec un potentiel toxique pour l'environnement, domaine d'études du LIEC.

(1) Hackel, L.; Rotureau, E.; Morrin, A.; Pinheiro, J.P. Developing On-Site Trace Level Speciation of Lead, Cadmium and Zinc by Stripping Chronopotentiometry (SCP): Fast Screening and Quantification of Total Metal Concentrations. *Molecules* 2021, 26, 5502. <https://doi.org/10.3390/molecules26185502>

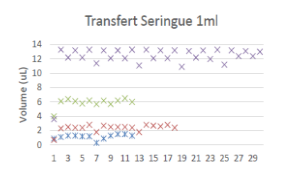
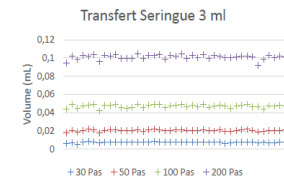
Développement de l'instrumentation :

Le système est divisé en modules indépendants ; la première étape vise à maîtriser les transferts de réactifs, d'échantillons dans notre système et de réaliser les mesures physico-chimiques associées à la mesure des ETM. Des prototypes de module pousse seringue et de pompe à flux continue sont actuellement en conception. L'objectif est de maîtriser des ajouts de 10 uL. Cette phase sera complétée par une évaluation de micro-pompe afin de disposer de la meilleure option avec des coûts maîtrisés.



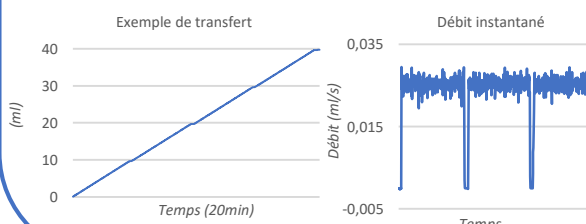
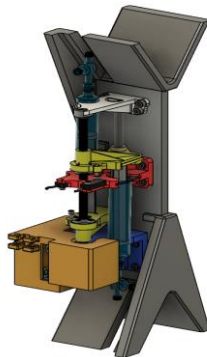
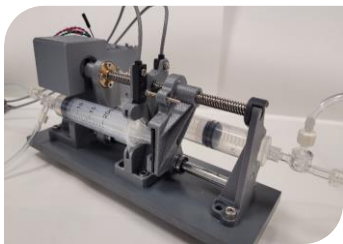
Module Pousse-Seringue :

- Accueil des seringues de 1ml à 5ml
 - Pièces imprimées en PETG/ASA avec support en PVC
 - Contrôleur Arduino et Shield stepper
 - Moteur pas à pas bipolaire, 400 pas
 - Vis mère 8mm, 1.5mm/tour
 - Coût actuel : 250 € avec une perspective* < 150 €
- (* Mise en place du driver avec micro-stepping et vis standard)



Module Pompe à flux continu :

- Accueil des seringues de 10ml ou 20ml
- Pièces imprimées en PETG/ASA avec support en PVC
- Contrôleur Arduino et shield stepper
- Moteur pas à pas bipolaire, 200 pas
- Vis mère 8mm, 10 mm/tour.
- Coût actuel ~200 €



Module Mesure Physico-Chimique :

- Mesure T,C,pH
- Intégration d'un quatrième capteur possible (DO, ORP...)
- Contrôleur Arduino et Shield Atlas Scientific
- Coût actuel ~400 €



Essai du module mesure avec le pousse-seringue

Prospective / Conclusion

- Le démonstrateur de Pousse-Seringue réalise des ajouts de 10ul avec des seringues de 1ml à 5ml
- Une première expérimentation a pu être menée avec le module Pousse-Seringue et le module mesure
- Identifier la meilleure stratégie pour des ajouts d'1 ul : Pousse seringue ou micro-pompe fluïdique
- Concevoir un prototype de pousse seringue avec la DT-INSU s'appuyant sur le retour d'expérience du démonstrateur
- Débuter les travaux d'automatisation des mesures