

RTCE Thème 1

> **Métrologie innovante** bas couts, libre et ouverte, à faible consommation énergétique, miniaturisation, ...

Navratil Oldrich¹, Cherqui Frederic², Namour Philippe³

1. Université Lumière - Lyon 2 (Bâtiment Europe), 5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron cedex, France
2. Claude Bernard University Lyon 1, INSA de Lyon, DEEP, 20 Av. Albert Einstein, 69100 Villeurbanne, France
3. INRAE Lyon-Grenoble Auvergne-Rhône-Alpes, UR RiverLy 5 rue de la Doua, CS 20244, 69625 Villeurbanne Cedex, France

➤ Philosophie de l'approche

Projet Cheap'Eau

Solutions innovantes à bas coûts, libres et connectées
pour le suivi des eaux urbaines



Avec le soutien du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation, de la Métropole de Lyon, de la Région Auvergne Rhône-Alpes, tant scientifique que financier, au sein de l'OTHU



Une métrologie environnementale actuelle coûteuse & insuffisante

Suivi actuel des hydro-systèmes : trop peu de mesures

Réalité structurée



Métrologie →



Vision du "réel"



**Métrologie environnementale actuelle
ne permet
ni la connaissance, ni l'action**

Besoin d'une métrologie opérationnelle

IN Nécessité d'une réappropriation métrologique



Écosystème => Système Structuré, Dynamique & Cohérent

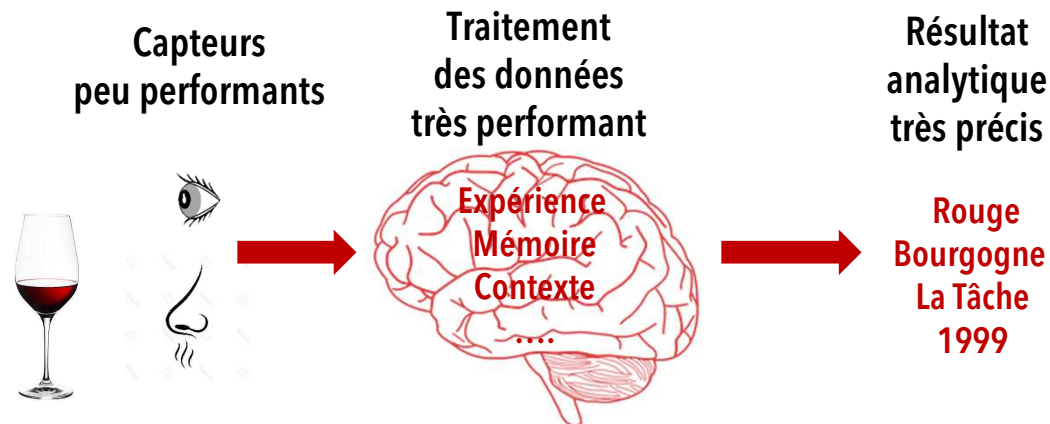
Demande une nouvelle métrologie capable de :

- **Densifier** les points de mesures (intégrer la structuration du milieu)
- **Mesurer en continu** (intégrer la dynamique du milieu)
- **Améliorer l'exploitation des données** (capteur virtuel)
- **Maitriser la chaine de mesure** (fiabilité des données)
- **Alerter** d'une situation singulière (seuils)
- **Partager la donnée** avec les parties prenantes



Approche biomimétique :

Métrologie humaine :
des capteurs peu performants,
mais
un système de traitement des données très performant



Capteur virtuel :
Analyse des signaux de nombreux capteurs bas coûts, de large sélectivité
par logiciels et modèles sophistiqués

Vers l'outil rêvé ...

- **Multiplier les mesures pour saisir la structure**
 - **Balayer** largement le **domaine observé** (détecter moments & points actifs transitoires)
 - **Multiplier les capteurs robustes et bas-coûts (5-50 €)**
 - **Maitriser la chaine de mesure** afin de garantir la valeur de la donnée
- **Concentrer l'effort sur le traitement de la donnée**
 - **Injecter des données orthogonales** (ex. IdO, *data mining*)
 - **Concaténer l'expérience acquise** (ex. réseaux de neurones, *machine learning*)



➤ Exemples d'approche bas coût

Projet Cheap'Eau

Capteurs et système d'acquisition bas coûts

Instrumentation de sites expérimentaux



CHEAP'EAU
SOLUTIONS INNOVANTES
BAS COÛT - LIBRES - CONNECTÉES
| SUIVI | EAUX PLUVIALES |



INRAE

Prototypes en évaluation / terrain

Chaine complète d'acquisition & transmission de données

1^{ère} gamme de capteurs <5€

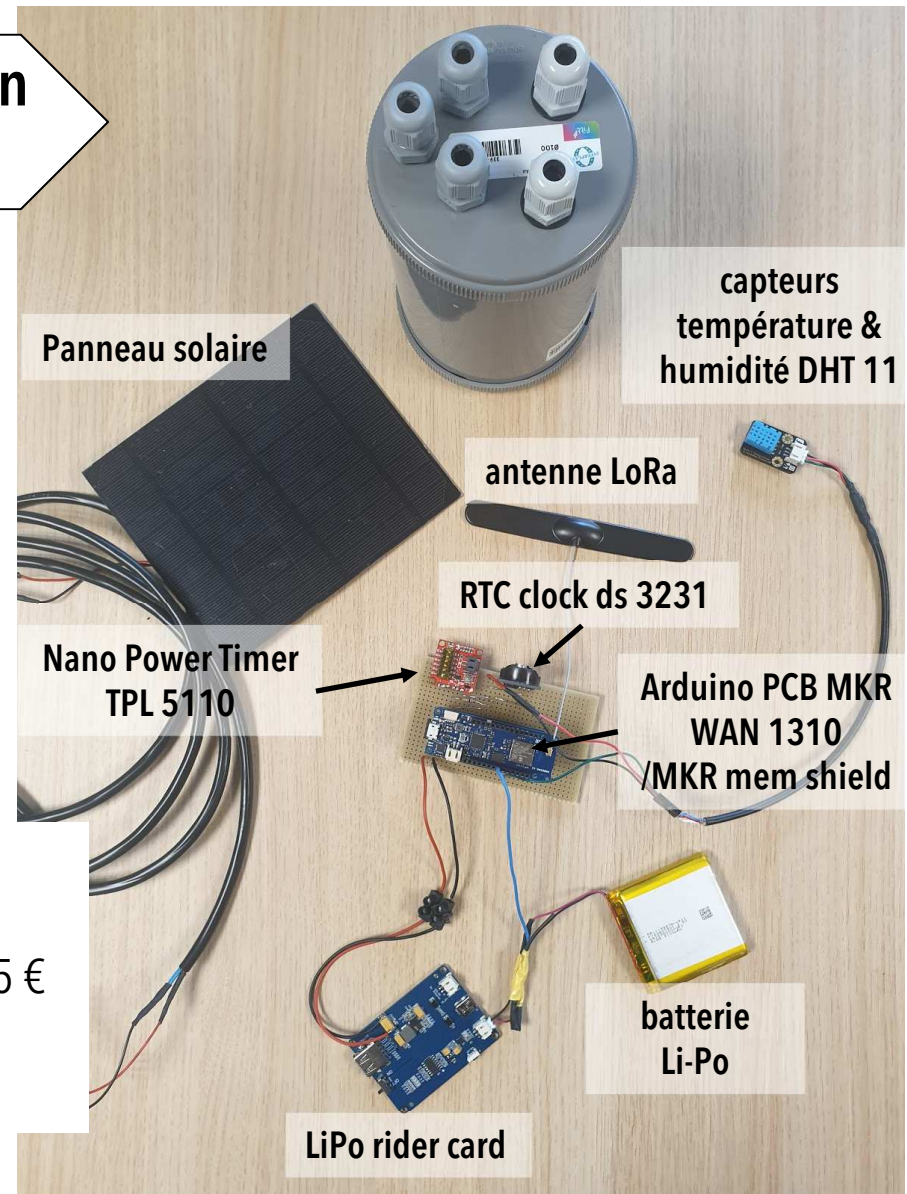
- Hauteur d'eau
- Turbidité
- Température
- Humidité

Modules de mesure ajoutés au système

- Vitesse du vent < 20 €
- Radiations solaires ≈ 100 €
- Pression atmosphérique < 5 €
- Pluviométrie < 20 €
- Géophone ≈ 50 €

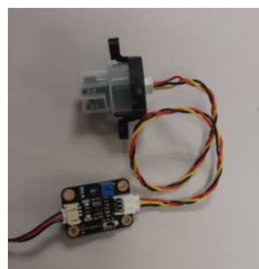


Station météo

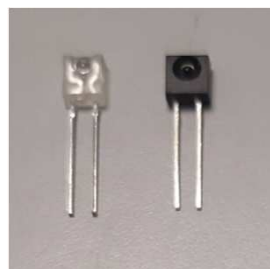
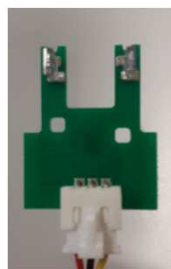


Amélioration d'un capteur bas-coûts

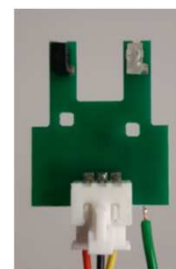
Capteur de turbidité



Capteur de turbidité
SKU SEN0189,
non étanche
sensible au soleil



Remplacement
LED QEE113
& TEKT5400S



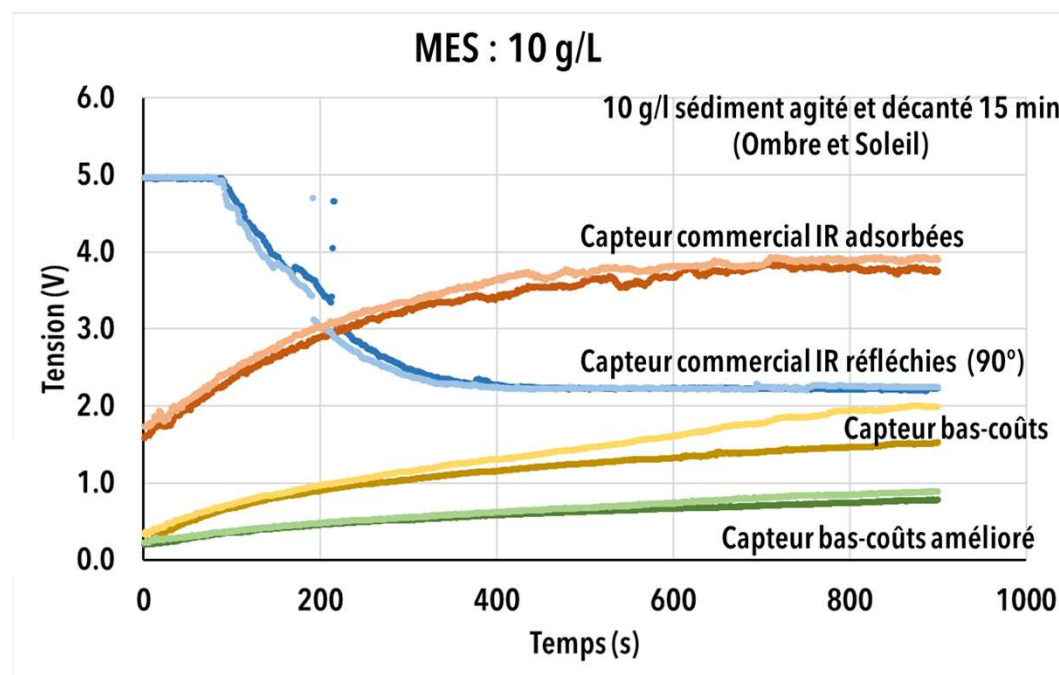
LED alimentée par un
signal carré (0-3,3 V)
Soustraction IR solaires



Capteur bas-coûts
(modification <1€)

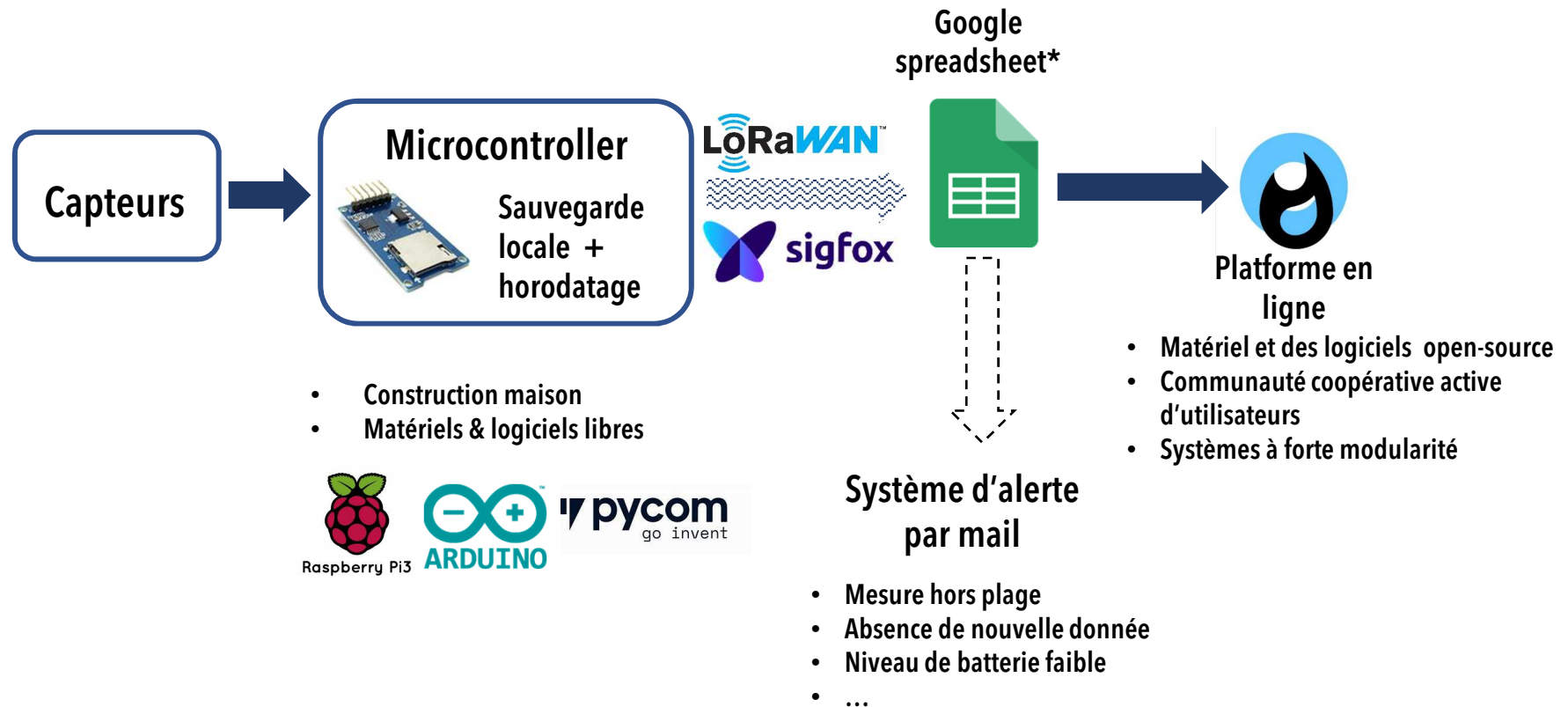
Amélioration par
amplification synchrone du signal
-> plus d'interférence solaire

Sensibilité suffisante
pour surveiller un hydro-système



INRAE

Acquisition - Transmission - Analyse

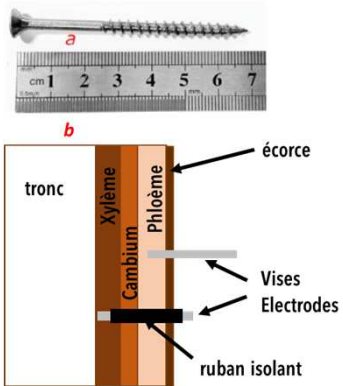


INRAE

signaux électro-physiologiques végétaux

Suivi environnemental sur site (TRL 6-7)

électrodes
vis en acier inoxydable
de 70 mm



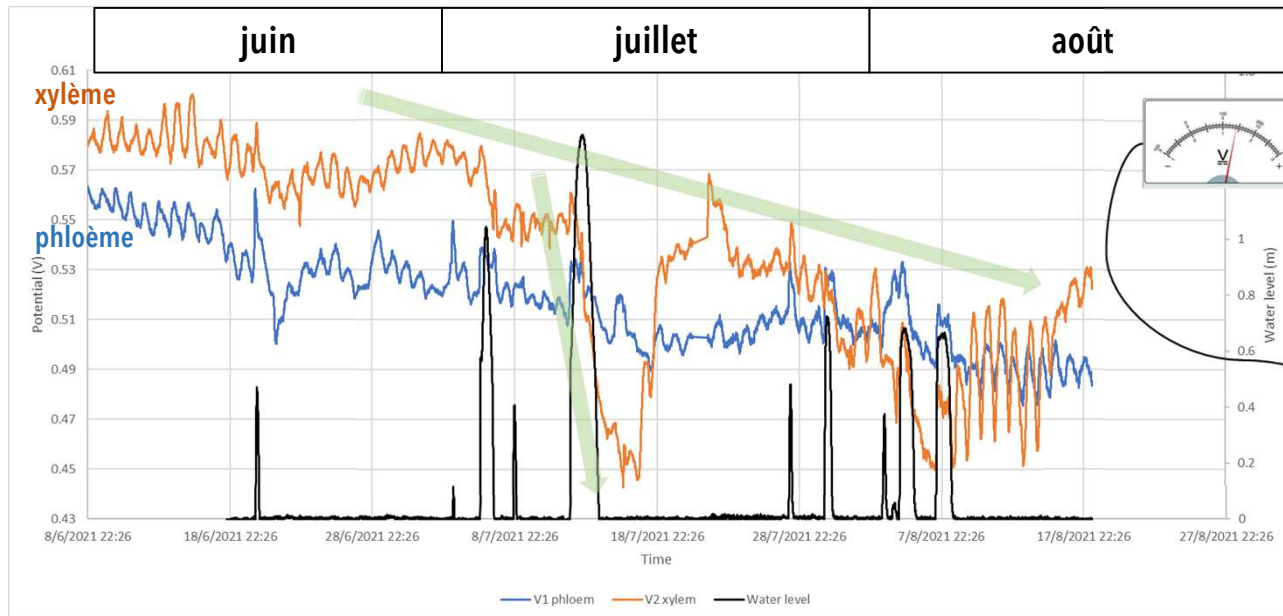
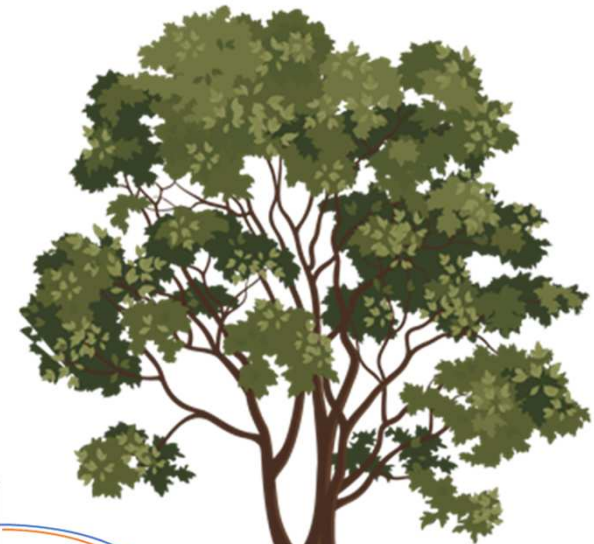
Electrodes
connectées au
capteur (arbre)



Système d'acquisition
& transmission
des données



Système en
place sur site



Water level (m)

Acer platanoides
Berge du bassin
d'infiltration d'eau
pluviale de Lyon 2

Plateforme en ligne (OpenDataEau)

Publication en temps réel et libre accès à la donnée produite

OPENDATAEAU

Accueil

Carte des sites

Liste des sites

- Arbre ARTISAN
- Canal de Miribel
- Chassieu-Infiltration
- Chassieu-Retention
- Doua Grand Lyon
- Doua Green Roof
- La Bienne
- Porte des Alpes

Graphiques

Contact

Carte des sites

Geophone Crépieux

Arbre-centre-ville

Geophone Jons

G01_Geophone[V] - 28.03.2022 16:50 - 0.51

V01_Batterie[V] - 28.03.2022 16:50 - 4.11

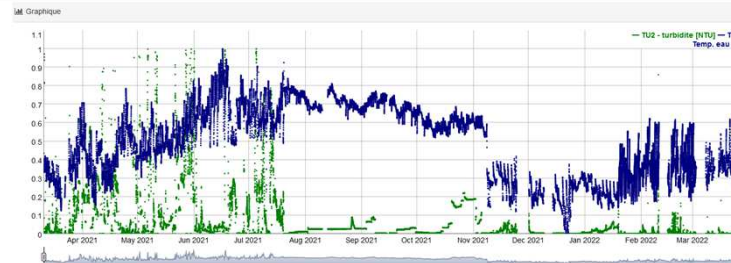
Graphique

TU2 - turbidité [NTU] — T02 - Temp. eau [C]

Sites et projets

Données en temps réel

Graphiques multi-paramètres



> Déjà sur étagère

Capteurs < 5 € (formation d'une "senso-thèque" format revue HardwareX)

- Hauteur d'eau
- Turbidité
- Température
- Potentiel électrique (électrophysiologie végétale)

Système d'acquisition & transmission <200€

- Adaptable à différents capteurs
- Modulaire (possibilité de combiner différents éléments)
- Durci pour application terrain

Plateforme d'échange OpenDataEau

- <http://mind4stormwater.online/opendataeau/see/>

Communication & transfert

- Livrables disponibles pour opérationnels juin 2022



> Perspectives

Imaginer de nouveaux capteurs bas-coûts

- Capteur sans contact par spectroscopie micro-ondes
- Intégration du taux de renouvellement technologique rapide

Développer une "intelligence Cheap'Eau"

- Apprentissage statistique (*machine learning*)
- Recruter d'autres données (IdO, *data mining*)

Impact environnemental (prolifération de capteurs/terrain)

- Système de prêt et de suivi du matériel
- Matériaux non toxiques
- Électronique organique (biodégradable, compostable)

Science participative

- Motivation et animation de réseaux d'utilisateurs
- Site web Cheap'Eau d'échange avec tutos et animations
- FabLab Cheap'Eau & Capteur impression 3D
- Collaboration avec des réseaux métiers & technologiques (RTCE, RDE, ...)
- Collaboration SHS, réseau Capteur & Science participative (CASPA)





CHEAP'EAU
SOLUTIONS INNOVANTES
BAS COÛT - LIBRES - CONNECTÉES
| SUIVI | EAUX PLUVIALES |



➤ **Merci pour votre attention**

des questions ?



INRAE