



HAL
open science

Cheap'Eau Conception et évaluation terrain de systèmes bas-couts & open-source pour le suivi des eaux urbaines

Philippe Namour, Frederic Cherqui, O. Navratil, Latifa Bouchet-Fakri

► To cite this version:

Philippe Namour, Frederic Cherqui, O. Navratil, Latifa Bouchet-Fakri. Cheap'Eau Conception et évaluation terrain de systèmes bas-couts & open-source pour le suivi des eaux urbaines. Conseil Scientifique OTHU, OTHU, Dec 2021, Villeurbanne, France. hal-03499587

HAL Id: hal-03499587

<https://hal.science/hal-03499587v1>

Submitted on 14 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CHEAP'EAU

SOLUTIONS INNOVANTES
BAS COÛT - LIBRES - CONNECTÉES
| SUIVI | EAUX PLUVIALES |

Cheap'Eau

Conception et évaluation terrain
de systèmes bas-couts & open-source
pour le suivi des eaux urbaines



Une métrologie 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
Nécessité d'une réappropriation métrologique**

Hydro-système => Système Structuré, Dynamique & Cohérent

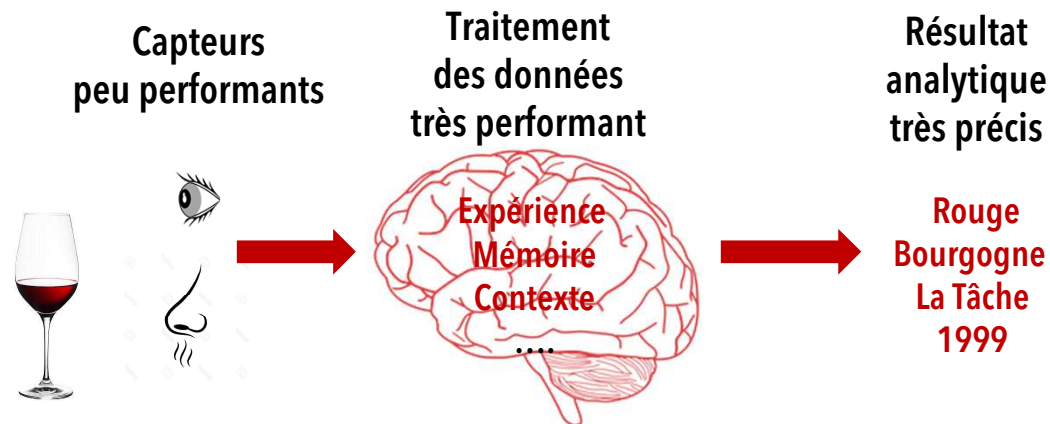
Demande une nouvelle métrologie capable de

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



Approche biomimétique :

l'humain :
des capteurs peu performants,
mais
un système de traitement des données très performant

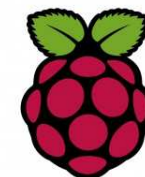


Cheap'Eau : le programme

- **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*)

Métrologie ouverte

Matériel et logiciels bas-coûts et libres



Raspberry Pi3

Plate-forme électronique open-source
fondée sur du matériel et des logiciels soutenus par
une communauté coopérative active d'utilisateurs
Systèmes à forte modularité

Transfert de données via protocole



Partage des données sur la plateforme OpenDataEau

Cheap'Eau
Nouveaux outils

Prototypes en évaluation / terrain

Cheap'Eau
Avancés

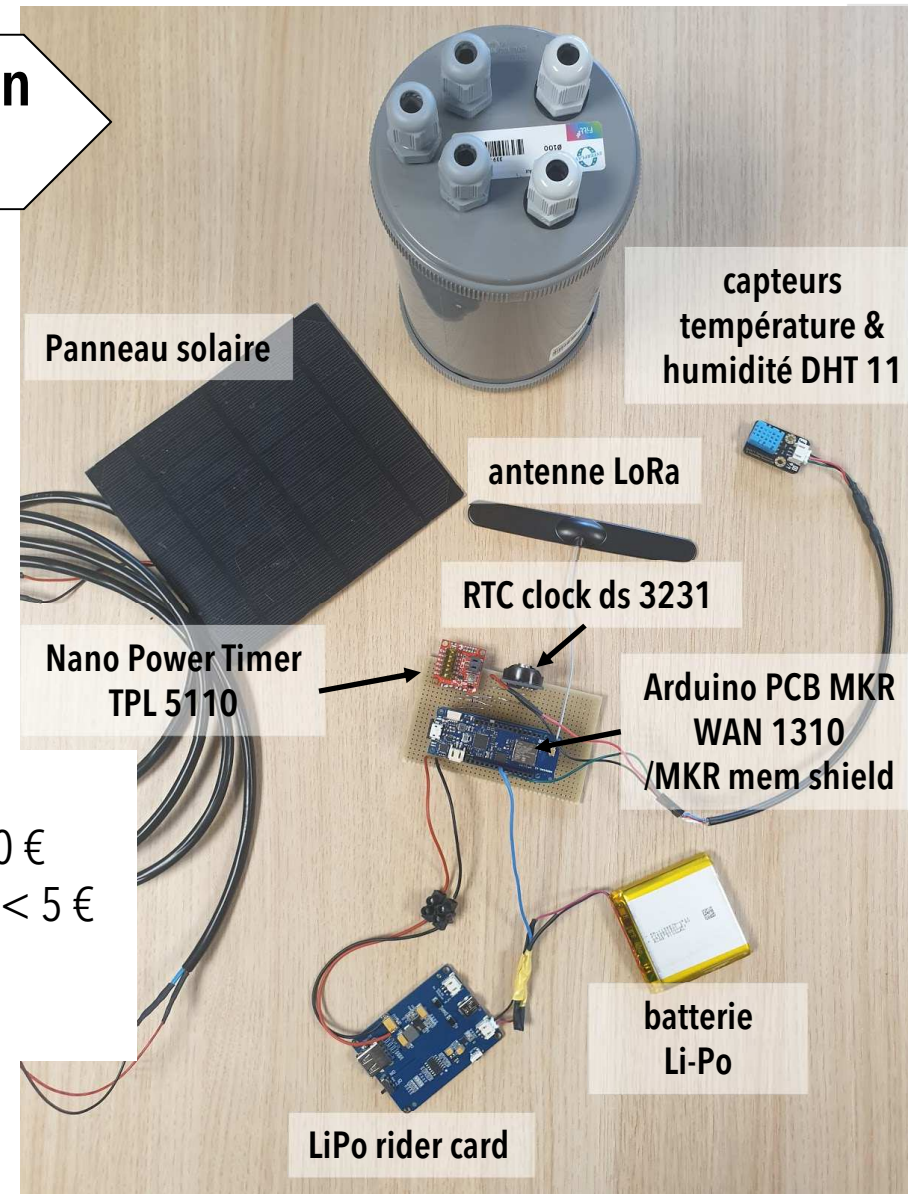
Chaine complète d'acquisition & transmission de données

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 €

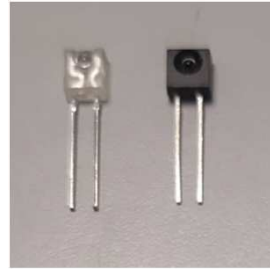
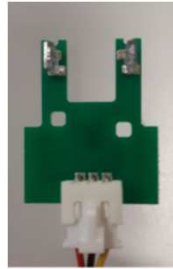


Amélioration d'un capteur bas-coûts

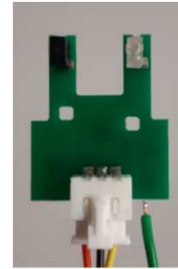
Capteur de turbidité



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

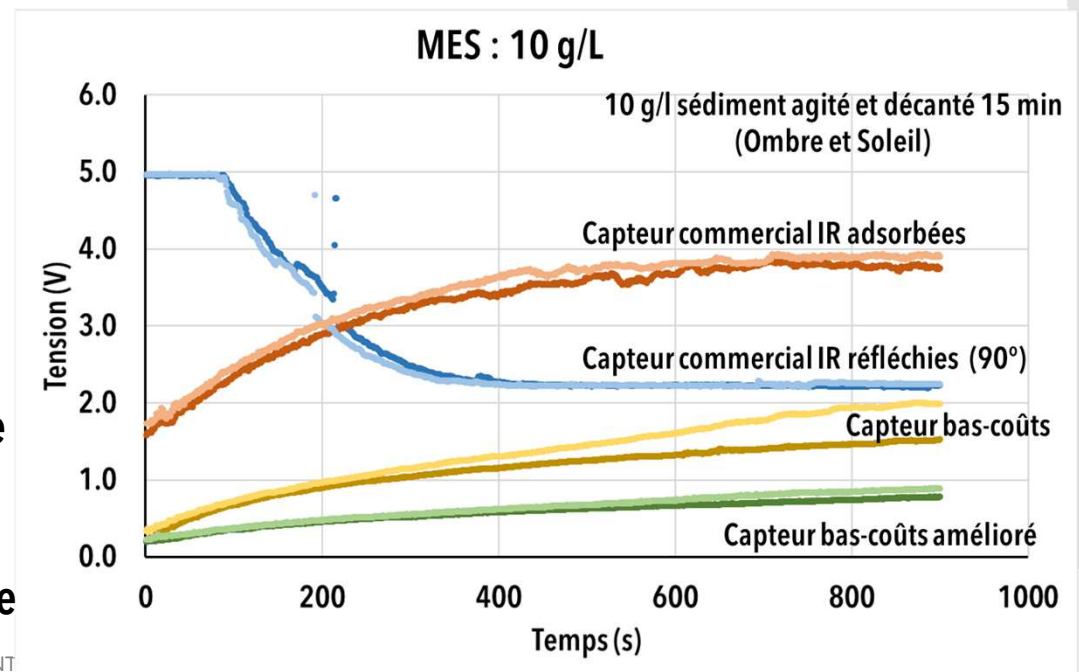


Cheap'Eau
Avancés

Capteur bas-coûts
(modification <1€)

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

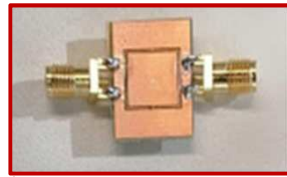
Sensibilité suffisante
pour surveiller un hydro-système



Capteurs micro-ondes (0,2 - 6,0 GHz)

Résultats préliminaires (TRL 3-4)

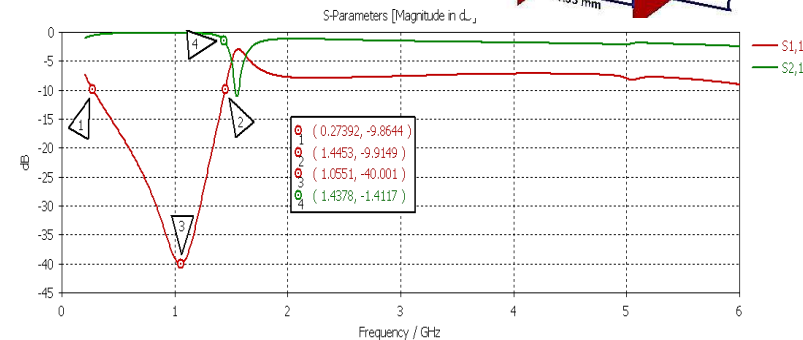
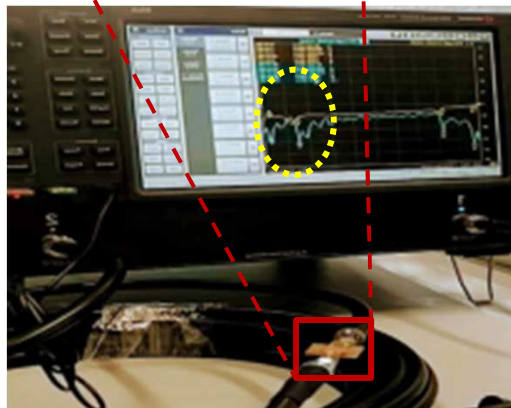
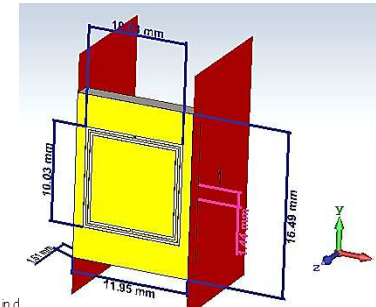
Résonateurs
à anneaux fendus
complémentaires
(Complementary Split Ring
Resonator : CSRR)



Fabrication labo bas-coûts
(25 - 30 €)

Gravure électrochimique
film Cu/plaque de prototypage
simple ou double face FR4
+ connecteurs SMA

Montage du résonateur



Présence/Absence (eau + contaminants) => variation pics de résonance & réflexion

- Développer logiciel sous Matlab pour extraire variable qualité (ex : pH, turbidité)
- Fonctionnaliser la surface pour augmenter la spécificité

Cheap'Eau
innovation

signaux électro-physiologiques végétaux

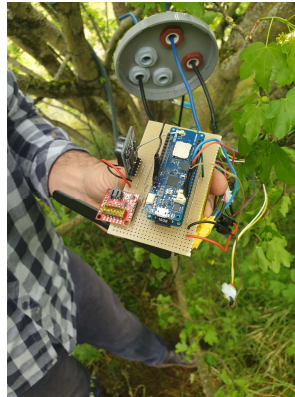
Suivi environnemental sur site (TRL 6-7)

Cheap'Eau
innovation

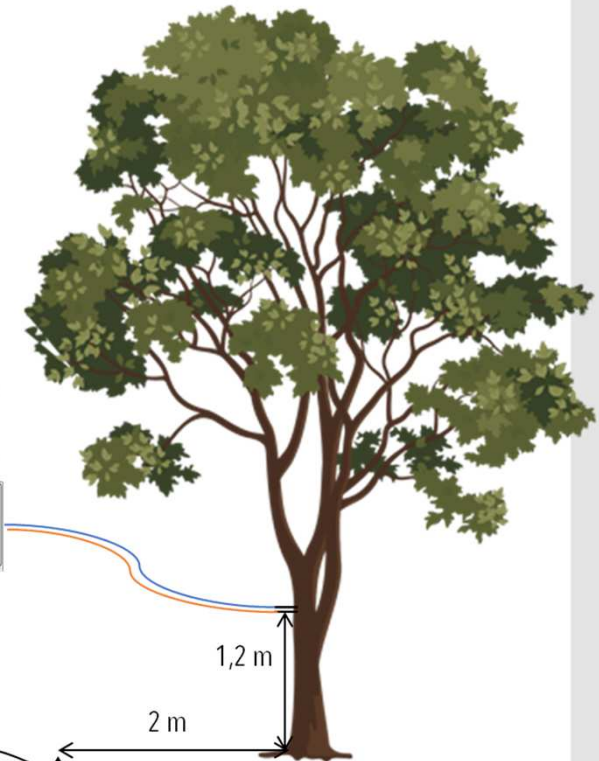
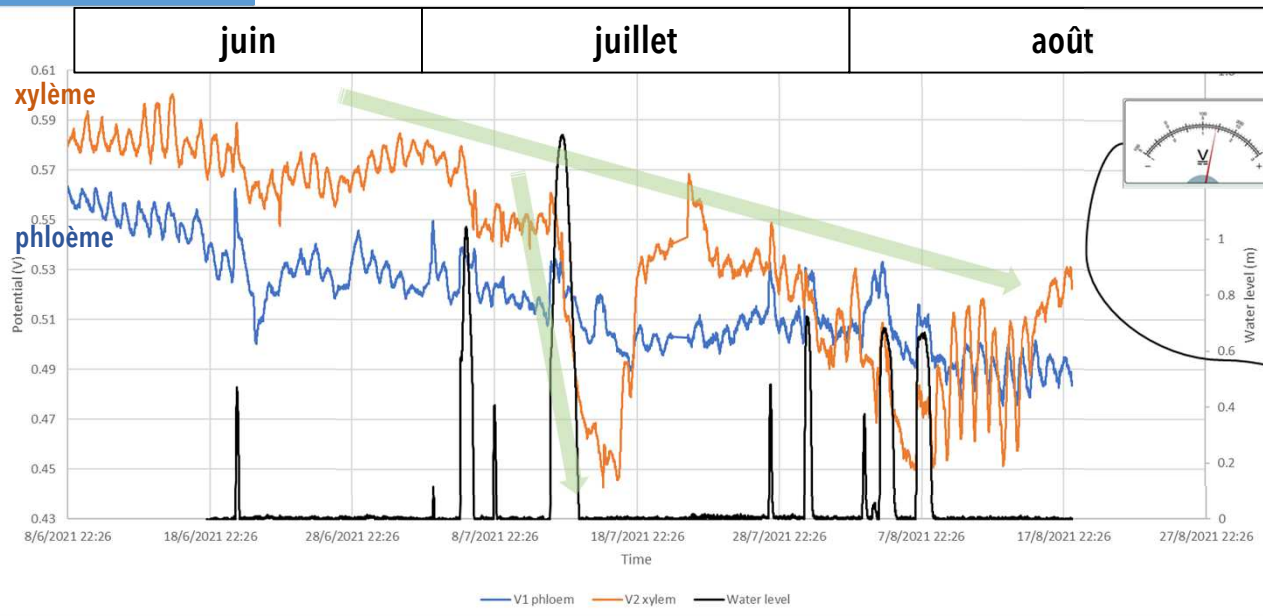
Electrodes connectées au capteur (arbre)



Système d'acquisition & transmission des données



Système en place sur site



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

Cheap'Eau 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

Cheap'Eau anticipe le futur

Imaginer de nouveaux capteurs bas-coûts

- Capteur sans contact par spectroscopie par 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 SHS, réseau Capteur & Science participative (CASPA)



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

Merci pour votre attention



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