

Partenariats & co-financements : La première phase du projet micro-capteur est menée en partenariat entre le Cemagref (Philippe Namour, Groupement de Lyon) l'Université Claude Bernard-Lyon 1 (Loïc Blum, UMR 5013 CNRS), l'École centrale de Lyon (Nicole Jaffrezic, UMR 5621 CNRS) et EFS électronique (Christine Agnel). Il est soutenu par des aides Piti (pré-incubation transfert innovation) du Cemagref ; de l'action concertée "nouvelles technologies analytiques & capteurs" du ministère de la Recherche/CNRS et du projet européen URBEM (Urban River Basin Enhancement Methods) ainsi que celles de la Région et du Grand Lyon via l'OTHU (Observatoire de terrain en Hydrologie Urbaine).



## ■ Développements futurs :

### Métrologie de terrain :

Optimiser et compléter le réseau de sites instrumentés lyonnais. Développer de nouveaux systèmes de micro-capteurs (micro-électrodes, optodes,) fonctionnant en réseau de capteurs, adaptés aux milieux hyporhéiques et aux systèmes d'assainissement, afin de suivre plus précisément et en temps réel la dynamique d'événements transitoires. La première phase du projet micro-capteurs (étude de marché et de faisabilité) doit conduire, en partenariat avec l'OTHU, au montage d'un dossier auprès du RITEAU afin de développer un micro-capteur de terrain répondant aux attentes identifiées des utilisateurs.

Le développement de mesures in situ, par les micro-méthodes (spectrophotométrie) ou les analyseurs en ligne, permettront un suivi en continu et en temps réel (ou très légèrement différé) de paramètres globaux comme la DCO ou la matière organique.

### Démarche qualité :

Formaliser et étendre la démarche qualité retenue à l'ensemble des installations de terrain, permettant ainsi une traçabilité des données fournies par l'Observatoire. Elaborer un plan qualité de site. Assurer la pérennité du système en formant des agents aux tâches de maintenance de l'Observatoire.

## ■ Documents publiés :

- Arkhytova V.N., Dzyadevych S.V., Soldatkin A.P., El'Skaya A.V., Jaffrezic-Renault N., Jaffrezic H., Martelet C. (2001) Multibiosensor based on enzyme inhibition analysis for determination of different toxic substances *Talanta* 55, 919-927
- Barraud S., Bertrand-Krajewsky J. L., Alfakih E., Boisson J. C., Wisniarsky T., Breil P., Lafont M. & Namour Ph, (2001). Analyse des échelles spatio-temporelles de scrutation d'un hydrosystème soumis aux rejets urbains de temps de pluie. *Actes du séminaire "Métrologie dans les Milieux Aquatiques et les Eaux Urbaines"*, Nancy, 26-27 avril 2001, MATE : 55-63.
- Halary L. (2002) *Utilisation des électrodes interdigitées: principe de fonctionnement et applications environnementales*, mémoire de DESS Mesures physiques, Analyse & Contrôle de Université Claude Bernard-Lyon 1, 50p
- Jaffrezic-Renault N. (2001) New trends in biosensors for organophosphorus pesticides, *Sensors*, 1, 60-74.
- Orczyk C. (2001a) *Etude du devenir de la matière organique apportée par les rejets urbains de temps de pluie dans un ruisseau périurbain : Développement d'une démarche méthodologique et application à la Chaudanne*. Mémoire de D.E.S.S. Diagnostics, Prévention & Traitement en Environnement de la Faculté Libre des Sciences de Lille, 105 pp.
- Orczyk, C., 2001b. Dispositif GEDO Grézieu-la-Varenne ; guide technique version 0. *Cemagref Lyon* : 49 pp.

### Résumé:

Une mesure en continu optimale de l'évolution des hydrosystèmes étudiés dans le cadre du projet OTHU nécessite une organisation et une gestion spécifiques garantant la qualité de données fournies. La démarche retenue est multiple : conception et réalisation de l'instrumentation des sites, mise en œuvre d'une démarche qualité à tous les niveaux de la chaîne de mesure pour garantir la qualité des résultats et développement de micro-capteurs destinés à répondre aux besoins spécifiques des chercheurs.

## ■ Cadre Général et contexte

Décrire finement le fonctionnement d'un hydrosystème naturel ou d'un réseau d'assainissement nécessite de réaliser des mesures en de nombreux points, dans des conditions difficiles et sur une longue période. Cela, demande une métrologie adaptée avec des dispositifs autonomes, fiables, précis, non destructifs voire non perturbant et d'une grande dynamique de réponse (phénomènes transitoires).

Les méthodes classiques, avec prélèvement puis analyse en laboratoire, ne permettent pas un suivi en continu de la dynamique de phénomènes brefs mais à fort impact sur le milieu, comme les déversements de temps de pluie. De plus, les incertitudes sur la chaîne de mesure, depuis la représentativité du prélèvement, sa conservation, son transport puis son analyse en laboratoire, peuvent être importantes.

La mesure environnementale nécessite donc des moyens d'investigation in situ, économiques, autonomes et fiables. Les micro-capteurs *in situ* semblent posséder les qualités requises pour suivre la dynamique d'événements transitoires

En effet, ils permettent de longues séries de mesures séquentielles entièrement automatisées aux endroits précis de l'événement.

Aussi, en complément de l'utilisation des sondes de mesure déportée existantes, il est prévu de développer un micro-capteur permettant la mesure en continu de la teneur en matière organique des milieux difficilement accessibles comme les zones hyporhéiques (milieux saturés situés sous le lit des cours d'eau).

L'ensemble du matériel de l'observatoire OTHU est l'objet d'une démarche qualité rigoureuse afin de garantir la qualité des résultats de mesures.

La gestion du parc de matériel permet de fournir une traçabilité ainsi que les éléments nécessaires à une comparaison maîtrisée dans le temps des données acquises sur le long terme.

## ■ Contacts

Philippe NAMOUR, Cemagref de Lyon, 3<sup>bis</sup>, quai Chauveau, 69336 Lyon Cedex 09, Tel : 04 72 20 87 56, Fax : 04 78 47 78 75, E-mail : philippe.namour@cemagref.fr

Yvan BERANGER, INSA LYON, URGC-HU, bâtiment Coulomb, 20 Av Albert Einstein 69621 Villeurbanne cedex Tel : 04 72 43 62 83, Fax : 04 72 43 85 21, E-mail : beranger@urgc-hu.insa-lyon.fr

Nicole Jaffrezic, Ecole centrale de Lyon, 36 av. Guy de Collongue, BP 163, 69131 Ecully, Tel : 04 72 18 62 43, Fax : 04 78 33 15 77 ; E-mail : nicole.jaffrezic@ec-lyon.fr

## ■ Objectifs spécifiques de l'étude :

- 1) Métrologie de terrain :** assurer l'adéquation entre l'instrumentation et les besoins des chercheurs. Le thème est vaste et se décline à plusieurs niveaux. Quels paramètres mesurer et avec quels capteurs pour caractériser les phénomènes que l'on veut décrire ? Où implanter les capteurs par rapport aux spécificités spatiales et temporelles des objets mesurés afin de fournir une mesure représentative du phénomène étudié ? Comment caractériser les capteurs en service et développer de nouveaux capteurs plus adaptés ?
- 2) Démarche qualité :** garantir le fonctionnement homogène des différents capteurs installés sur chaque site. Cela implique une gestion centralisée des capteurs de l'OTHU, l'élaboration de protocoles de maintenance (entretien, autocontrôle, vérification et calibration) et l'archivage des données afférentes au fonctionnement du matériel. La finalité est de garantir la constance de la qualité des données issues de ces capteurs et de détecter rapidement des dérives éventuelles.

## ■ Les avancées de l'OTHU :

Création d'un "groupe métrologie" conçu comme un lieu d'échange et d'élaboration de recommandations, de procédures ou de guides portant sur les stratégies d'échantillonnage, les modes de prélèvement et l'instrumentation de terrain, applicables sur les différents sites de l'OTHU. Le groupe crée des ateliers réunissant les acteurs intéressés par des thèmes spécifiques.

Atelier	Objectif	Résultats attendus	Dénomination
1	S'assurer du fonctionnement homogène des différents capteurs	Procédures de gestion des matériels (entretien, vérification et calibration) Procédures d'habilitation des personnels Dossiers de suivi de site	Démarche qualité sur les sites de l'OTHU
2	Stratégies d'échantillonnage et des modes de prélèvements	Guide pratique de prélèvement et d'échantillonnage	échantillonnage et prélèvements en zone hyporhéique
3	Capteurs de grandeurs physiques, physico-chimiques et biochimiques	Micro-capteurs hyporhéiques non perturbant et économiques.	Développement d'un bio-capteur de matière organique

Tableau 1 : objectifs et résultats attendus en métrologie de terrain

### 1) Métrologie de terrain :

Dans un premier temps, la conception et réalisation de l'instrumentation des sites de l'OTHU (mesures du pH, de la conductivité, de l'oxygène et surtout de la turbidité, liée aux MES), permettent de qualifier et de suivre en continu les événements pluvieux (cf. schéma de principe de l'installation d'un site, figure n°1).

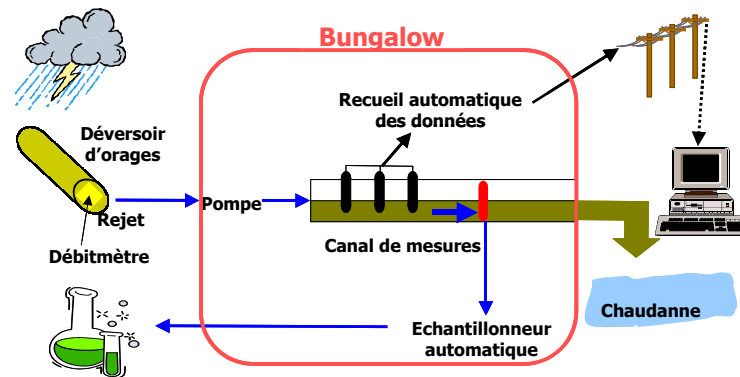


Figure 1: instrumentation type d'un site (ici déversoir d'orage de Grézieu-la-Varenne) montrant le principe de mesure en dérivation d'un rejet transitoire pompé depuis le déversoir dans un canal de mesure, abrité dans un bungalow et situé à proximité immédiate du point d'étude.

Chaque rejet du déversoir est l'objet d'un rapport contenant l'ensemble des enregistrements, des observations de terrain et des éventuelles photographies prises sur le site. Ce rapport sur événement est analysé, discuté et validé lors d'une réunion.

Parallèlement à la réalisation de l'instrumentation des sites, l'identification des spécificités de la mesure environnementale (Barreau *et al*, 2001) devrait permettre de développer des capteurs plus appropriés aux suivis environnementaux.

Le travail a ensuite porté sur la possibilité d'utiliser des micro-capteurs pour suivre l'évolution des paramètres physico-chimiques et biochimiques. Pour cette première phase exploratoire, un micro-capteur de conductivité (couple d'électrodes interdigitées) va être testé.

Cela permettra d'évaluer les possibilités d'utilisation d'un micro-capteur sur le terrain et également de régler les problèmes de connexion, intégration électronique, conditionnement pour mesures *in-situ* et télétransmission des données. Une seconde phase abordera l'étude d'un bio-capteur enzymatique ou/et cellulaire de caractérisation et quantification de la matière organique aquatique (action concertée CNRS/Recherche).

### 2) Démarche qualité :

L'objectif est de garantir les caractéristiques des capteurs de l'OTHU lors de leur installation sur site, puis d'assurer la constance de la qualité des données issues de ces capteurs par diverses opérations formalisées (entretien, vérification et calibration) et selon une série de protocoles homogènes. Toutes ces opérations sont réalisées par du personnel habilité.

Les documents déjà rédigés dans le cadre de la démarche qualité sont les suivants :

- **Gestion des matériels** (description, fiches de vie):  
Un classeur décrit le matériel en place, son mode d'utilisation et contient une fiche de vie permettant de connaître, dater les observations et les opérations relatives à l'installation et la maintenance des appareils de la chaîne de mesures.
- **Procédures de maintenance des matériels** (entretien, vérification et calibration)  
Des procédures de maintenance décrivent les opérations d'entretien et leur périodicité. La vérification de la chaîne de mesure permet de contrôler si un résultat de mesure est compris dans un intervalle de confiance, préalablement déterminé par calcul d'un écart type à partir d'une vingtaine de mesures effectuées sur 3 ou 4 valeurs étalons (carte d'auto-contrôle). Une fonction de correction, peut être calculée par régression et appliquée à la valeur mesurée pour obtenir la valeur corrigée. En cas de dépassement de l'écart toléré le matériel est à nouveau calibré selon la procédure définie. Les cartes de contrôle et les constats de maintenance, renseignés à chaque passage, permettent de suivre chronologiquement l'état du capteur, de connaître les opérations réalisées ainsi que les valeurs enregistrées lors des vérifications et calibration.
- **Procédures d'habilitation des personnels** (permanents et stagiaires)  
Décrit comment habiliter les techniciens. La liste des personnels habilités et des dates d'habilitation est tenue à jour.
- **Dossiers de suivi de site** (maintenance, rapports d'événements, fiche d'anomalies, ...)  
Ce dossier regroupe la totalité des données concernant chaque site tant du point de vue matériel qu'événementiel (description des matériels, leur maintenance et les événements survenus). Chaque site est l'objet d'une maintenance périodique au cours de laquelle l'agent habilité remplit un constat de maintenance global pour le bungalow et une carte d'auto-contrôle par capteurs en fonctionnement.

La démarche qualité actuelle devra être prochainement totalement formalisée dans un plan qualité qui assurera la cohérence entre procédures et fiches.

## ■ Le cadre d'utilisation :

La mise en place de sites de terrain instrumentés sur de longues périodes (la décennie) est un préalable à la connaissance puis à la modélisation du fonctionnement des hydrosystèmes. Il est indispensable de se donner les moyens d'obtenir des résultats de mesures représentatifs des événements et une qualité de données constante. La démarche qualité mise en œuvre devrait y contribuer par son adaptation aux problématiques spécifiques des chercheurs en écologie fonctionnelle des hydrosystèmes et en hydrologie urbaine.

On peut attendre de ces travaux au sein de l'OTHU de nombreuses avancées, notamment :

- L'étude de la dynamique réelle de la chimie des rejets après déversement dans les milieux récepteurs ;
- Une meilleure évaluation de l'aptitude de cours d'eau à accepter des rejets urbains ;
- La surveillance de bassin versant et le suivi de mesures de réhabilitation ;
- La connaissance des rejets en temps réel et la mise en œuvre de l'autosurveillance des déversoirs d'orage ;
- Une aide à la décision publique et à la gestion des ouvrages (directive cadre européenne sur la qualité écologique des milieux aquatiques (Eau 2000).

En ce qui concerne le développement de nouveaux micro-capteurs de grandeurs physico-chimiques ou biologiques, économiques et fiables, une étude de marché est programmée pour fin 2002 début 2003. Elle permettra de mieux cerner les utilisations potentielles des micro-capteurs.