

# Qualité chimique des eaux Application de la DCE développement d'un Micro- système de mesure

**Ph. Namour, N. Jaffrezic**  
**Université de Lyon/Cemagref**

# Micro-capteur Environnementaux

- **Besoins métrologiques**
- **Dispositif OTHU 1999**
- **Solution micro-capteur**
- **Exemple projet INTEGREAU**
- **Résumé - Conclusions**



# Besoins de mesures

- **Besoins réglementaires**
  - **DCE & LEMA**
  - **États chimique et écologique**
- **Besoins cognitifs**
  - **Défis méthodologies**



# Besoins réglementaires

**La Directive Cadre  
sur l'Eau  
23/10/2000**

**Déclinaison en droit français :  
la LEMA (2006)**

OTHU

## Objectifs de la DCE

### Prévenir la détérioration des masses d'eau Atteindre le "bon état" en 2015

- Chimique
- Écologique

### Réduction des rejets toxiques

- Liste de 41 substances prioritaires
  - Les rejets doivent être réduits
- Liste de substances dangereuses prioritaires
  - Les rejets, émissions et pertes doivent cesser d'ici 2020

OTHU

## la DCE & ses États

### •État chimique

- Textes normatifs : Normes de  
Qualité Environnementale

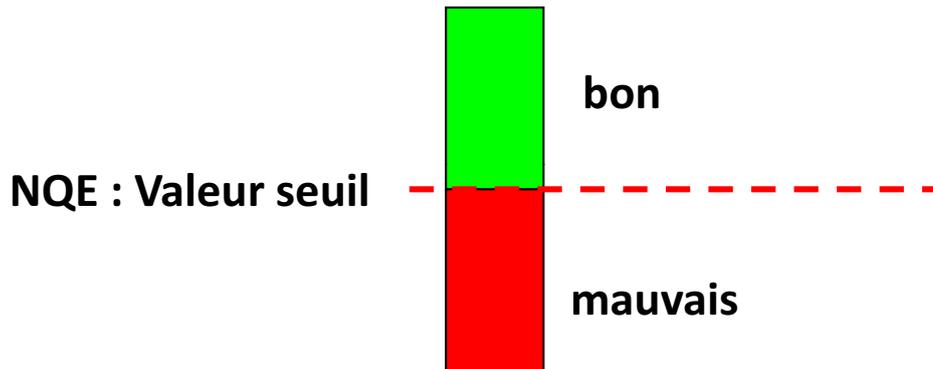
### •État écologique

- "*qualité de la structure et du  
fonctionnement des  
écosystèmes aquatiques*"

OTHU

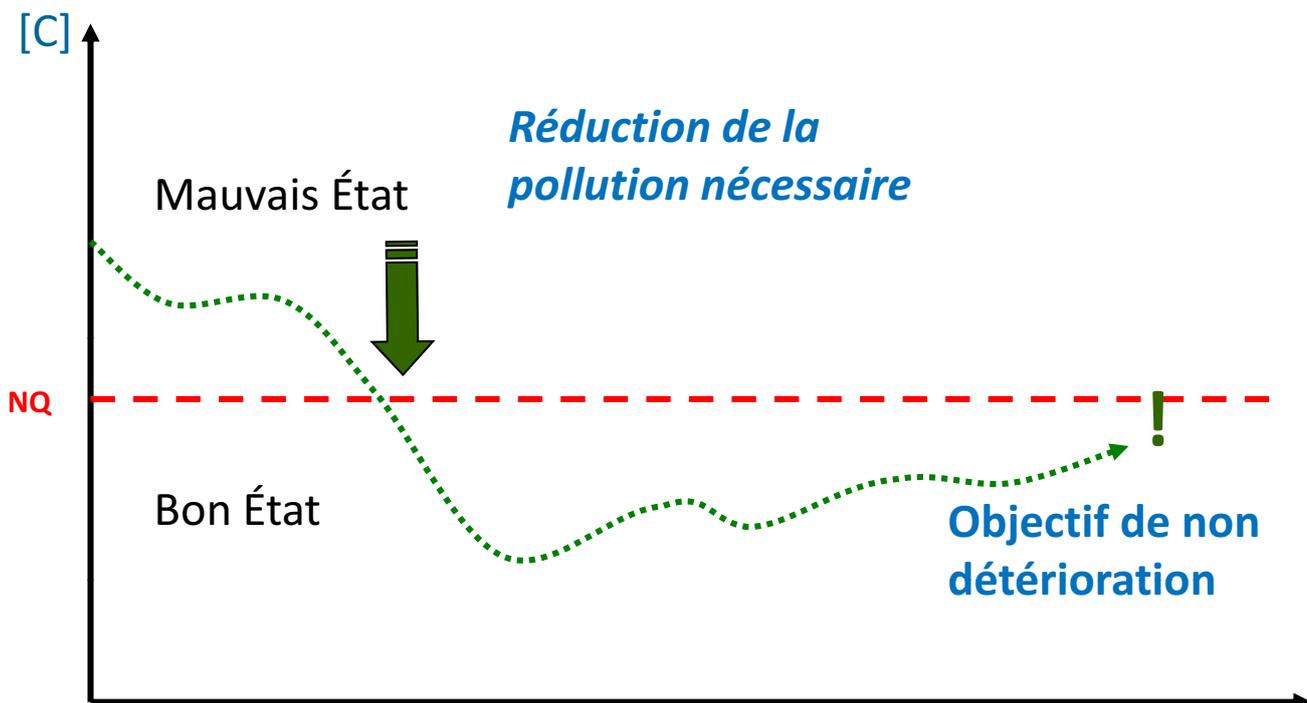
# États chimiques des masses d'eau

Liste de 31 "substances prioritaires" avec  
définition d'un seuil (NQE)



OTHU

# Objectifs Qualité Chimique



# Besoins cognitifs

## Défi méthodologique en Hydro-chimie

d'une approche anatomique ...

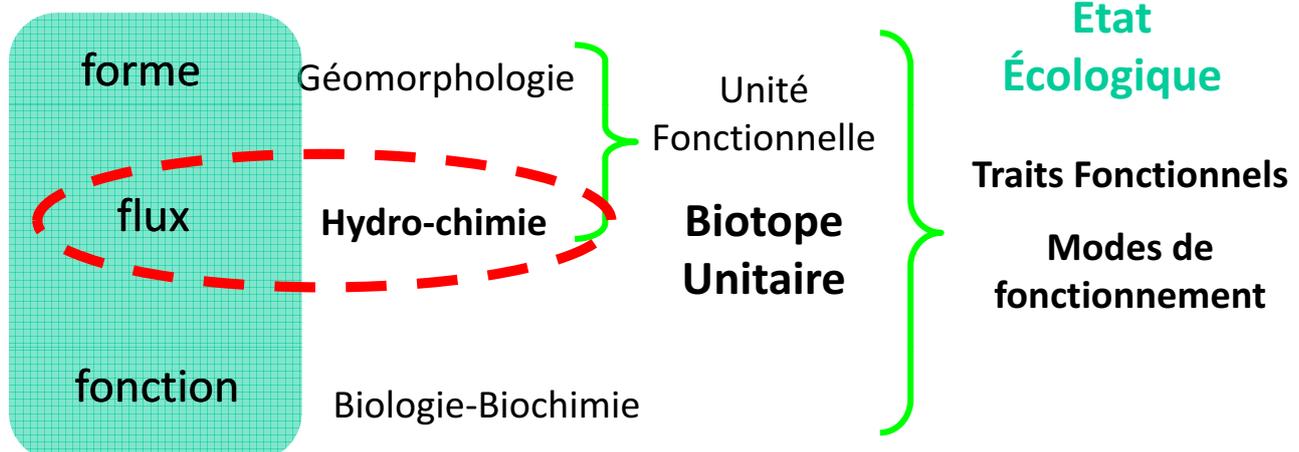
... à une approche physiologique

- Fonctionnalités écologiques
- Étude des flux de matière & d'énergie

# Écosystème

## des logiques emboîtées

### Logiques



OTHU

# Comparer des métriques comparables



## Écotoxicologie & Hydrobiologie

Comparent des

### Concentrations & Organismes Vivants

(Mesures Ponctuelles & Mesures Intégrées)

=>

### Problèmes d'interprétation

Comparer flux de matière & organismes vivants

OTHU

# Dimensions spatiales

Ambiance physico-  
chimique microbienne &  
microfaune



*Chaetogaster diaphanus*

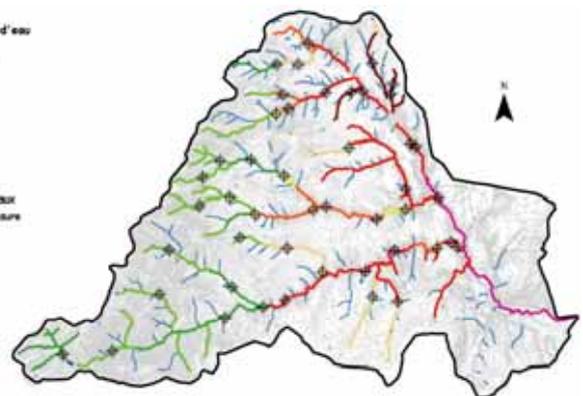
mm<sup>3</sup> – cm<sup>3</sup>

Mesures faibles volumes

Niveau de contamination d'un  
bassin versant

Types de cours d'eau

- Non classé
- A1
- A2
- B1
- B2
- B3
- B4
- B5
- C
- courbennieux
- ◆ Site de mesure

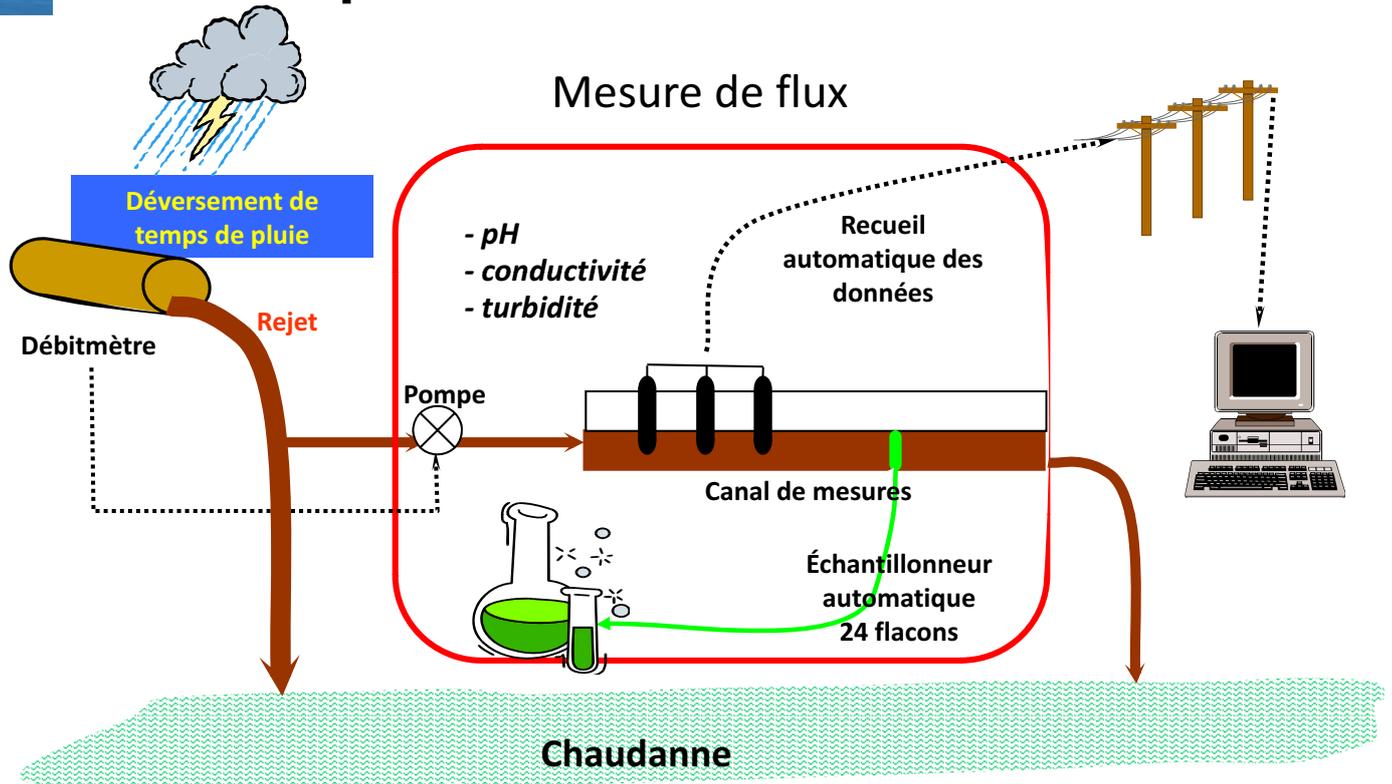


km<sup>2</sup>

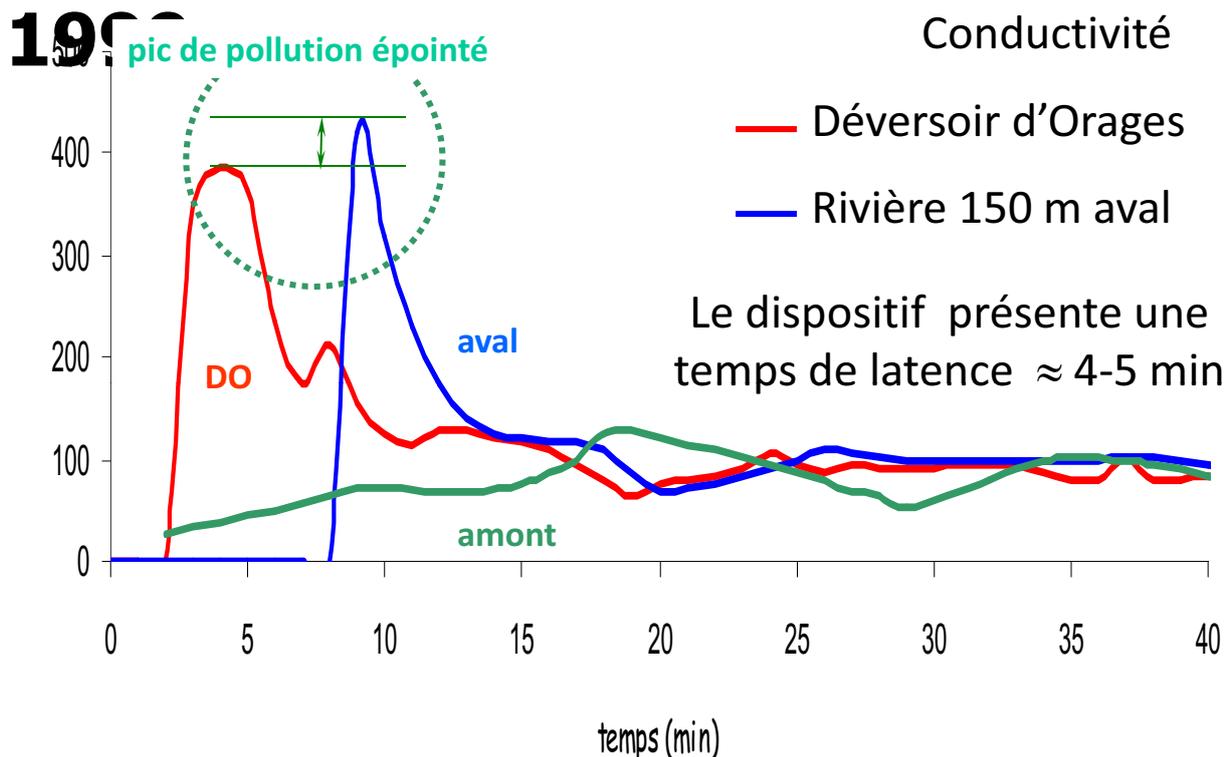
Nombreuses mesures



# Dispositif "OTHU 1999"

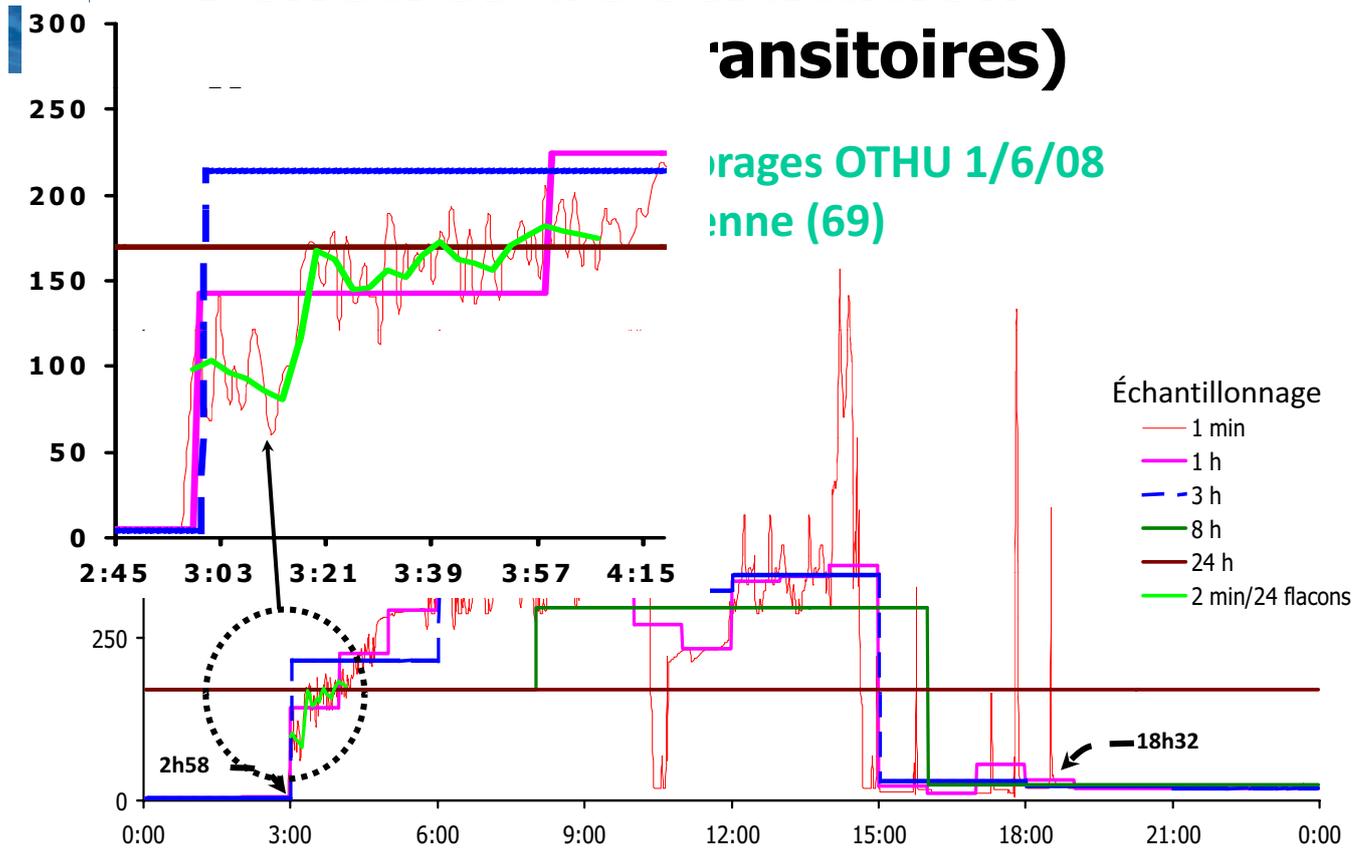


## Temps de latence du dispositif



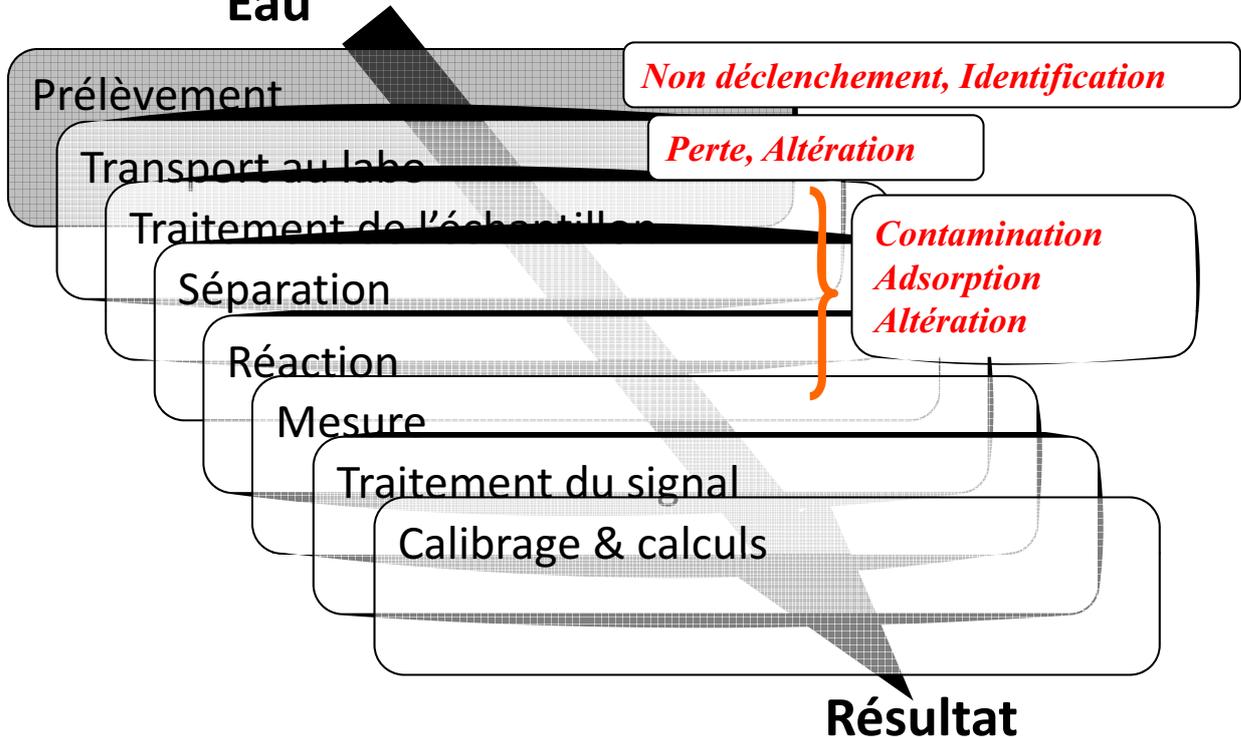
OTHU

# Fenêtres de scrutation (transitoires)



OTHU

# Processus analytique conventionnel



OTHU

# Solution Micro-capteur

Processus  
Analytique Intégré

Eau

Prélèvement  
Transport au labo  
Traitement de l'échantillon  
Séparation  
Réaction  
Mesure

Traitement du signal

Calibrage & calculs

Résultat

GRANDLYON **graie**

Hôtel de la communauté urbaine de Lyon – Mardi 20 octobre 2009

OTHU

# Mesures intégrées en continu

**Simple** : moindre risques d'erreurs

**Économiques** : multiplication des mesures

**Autonomes** : limite la maintenance

**Temps réel** : événements transitoires

**Fiables & précises** : qualité de mesure

**Non destructifs** : pas modifier le milieu de mesure

GRANDLYON **graie**

Hôtel de la communauté urbaine de Lyon – Mardi 20 octobre 2009



# Exemple système INTEGREAU

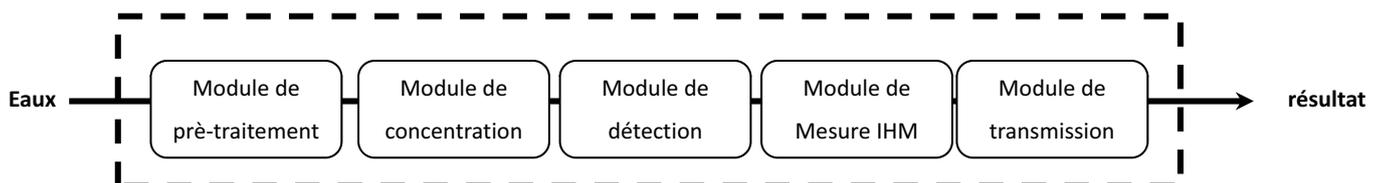
*micro-système générique pour l'application de la  
Directive Cadre européenne sur l'eau ANR Precodd  
2007*

- **Démontrer** la possibilité d'un **micro-système** intégrant
  - système micro-fluidique de **filtration & concentration**
  - module de **micro-détection**
- **Définir** une méthodologie de validation *in situ* du micro-système (rivière)
- **Illustrer** la validité du concept, pour métaux prioritaires DCE : Cd, Hg, Ni & Pb



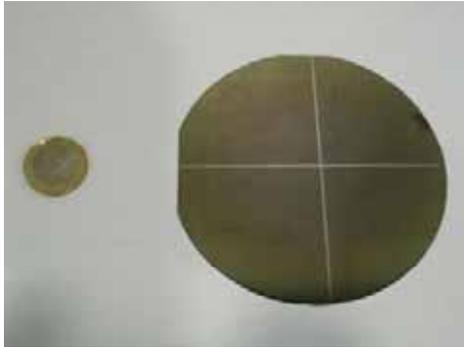
# La chaîne modulaire de mesure

- 1) Pré-traitement (décantation & filtration)
- 2) Extraction & concentration
- 3) Détection
- 4) Mesure & interface homme-machine (IHM)
- 5) Télétransmission



Micro-système Intégreau

# Dépôts PLD de DLC pur sur substrat Si(100) « grandes dimensions »

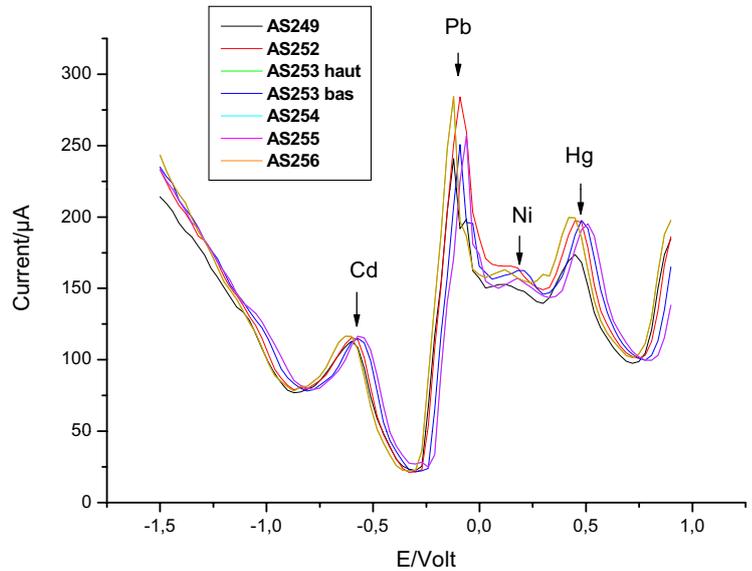


Carbone adamantin/Silicium (100)

∅ = 10,16 cm (4 pouces)

Épaisseur ~ 50 nm

adhérent



Voltampérométrie à redissolution anodique  
par vagues carrées sur carbone adamantin à  
0,1M acétique pH 4,2

## Limites de détection

	LD µg/L	Linéarité µg/L	Sensibilité µA/µg	UE (2008) µg/L	Extracteur/ Concentrateur
<b>Cd<sup>2+</sup></b>	<b>1</b>	<b>1 - 20</b>	<b>6,8</b>	<b>0,08 – 0,25</b>	<b>X 15-20</b>
<b>Pb<sup>2+</sup></b>	<b>1</b>	<b>1 - 30</b>	<b>16,2</b>	<b>20</b>	<b>OK</b>
<b>Ni<sup>2+</sup></b>	<b>2</b>	<b>2 - 15</b>	<b>1,5</b>	<b>7,2</b>	<b>OK</b>
<b>Hg<sup>2+</sup></b>	<b>1</b>	<b>1 - 25</b>	<b>5,5</b>	<b>0,05</b>	<b>X 20-25</b>

**Objectif Integreau: Baisser d'un facteur 25 la LD**

- Module Détection (Optimisation)
- Module Extraction/Concentrateur



# Validation

des matériels de mesure en continu

## NF EN ISO 15839 (2006)

Déclinaison nationale de la norme ISO 15839 (2003)

### Validation laboratoire & terrain

- Caractéristiques générales (LD, linéarité, répétabilité, dérive)
- Dynamique de la réponse (latence, temps de montée & descente)
- Disponibilité & temps de fonctionnement (prévue & avaries)



# Contraintes du terrain

## Axes d'évolution des micro-capteurs

- Climat
  - Micro-organismes
  - Abrasion & chocs
  - Autonomie
  - Milieu ouvert
  - Vandalisme
  - Collecte des données
  - Stockage & extraction
- } Durcissement
- } Miniaturisation  
Communication sans fil  
Éco-conception
- } Bases de données  
Modèles Mathématiques  
TIC

# Bilan & Perspectives Micro-capteurs & Terrain

## Besoins réels

- Normatifs (réglementation, surveillances)
- Cognitifs (écologie fonctionnelle)

## Solution adaptée : micro-capteurs

- Résolution spatiale & temporelle
- Faible coût

## Recherche & Développement

- Durcissement des systèmes
- Alimentation & Communication
- Validation automatique
- Stockage & extraction d'indicateurs


 UNIVERSITÉ DE LYON

 Université Claude Bernard  Lyon 1

# Merci de votre aimable attention