

WP2.2 – Sonde multiparamètre

Florent Arthaud (CARRETEL)

Laure Gandois (LEFE)

Guillaume Nord (IGE)

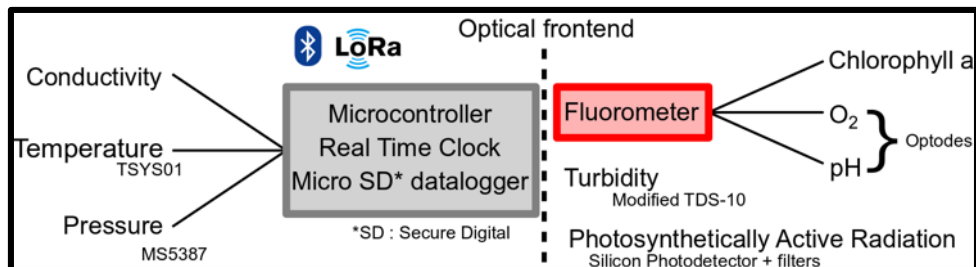
Marie-Noëlle Pons (LRGP)

Vincent Raimbault (LAAS CNRS)

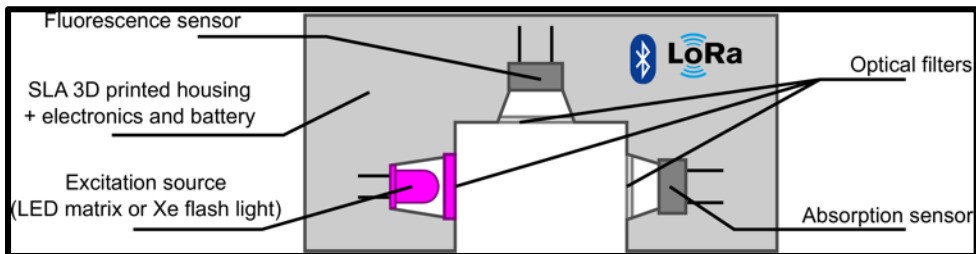
18 mars 2022



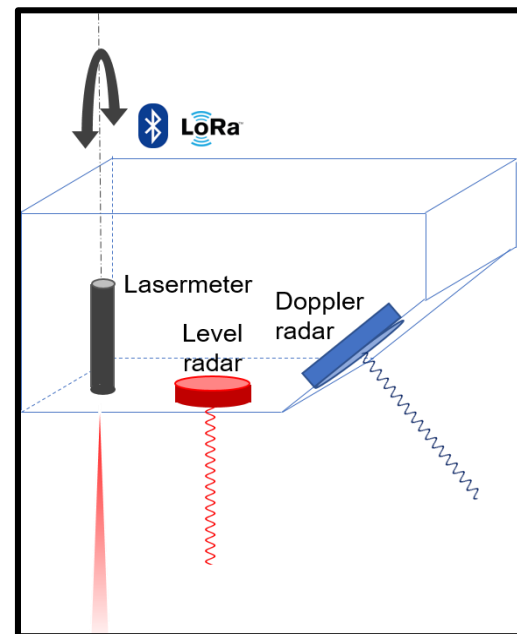
Les capteurs à développer dans le WP2.2



Sonde Multiparamètres (Vincent Raimbault)

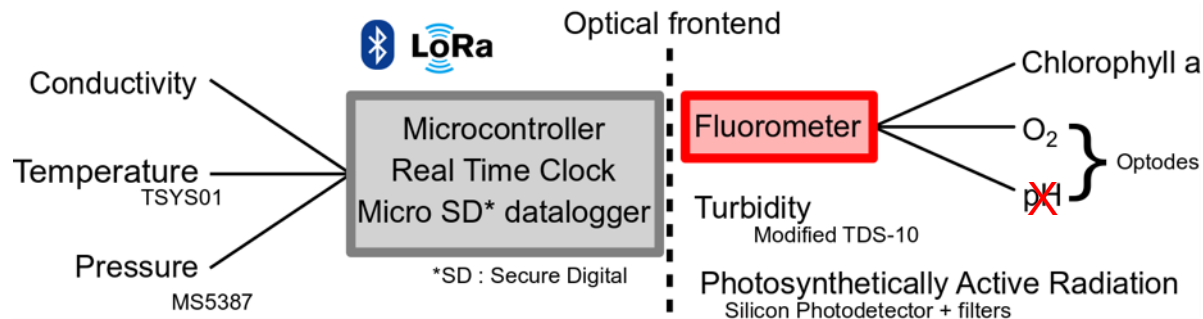


Sonde Matière Organique Dissoute (Marie-Noëlle Pons)



Sonde *River Discharge* (Guillaume Nord)

Sonde Multiparamètres



- Coût total (matériel) visé : 100 €.
- Sélection des paramètres : compromis pertinence/faisabilité low-cost.
- Détournement de composants sur étagères (COTS) : smartphones, montres connectés, détecteurs d'incendie ...
- Philosophie open source/open hardware.
- Technos « simples » : fabrication additive SLA, xurographie, cartes modulaires ...

Raul Sanchez (doct. LAAS)

Mireille Pujo Pay (LOMIC)

Renaud Vuillemin (OOB)

Michel Groc (OOB)

Pierre Groc (LAAS 2021)

<https://miti.cnrs.fr/projet-multi-quipe/openprobe/>

<https://econnect.cnrs.fr/>

Température, pression

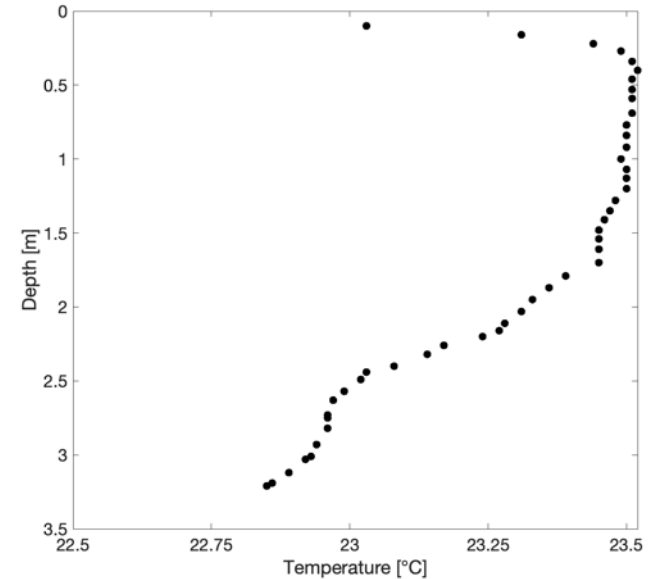
- Composants sur étagères (idem Blue Robotics).
- Perfs OK, coût trop élevé vs objectif (130 € T° + Pres.)

Améliorations en cours (T°) :

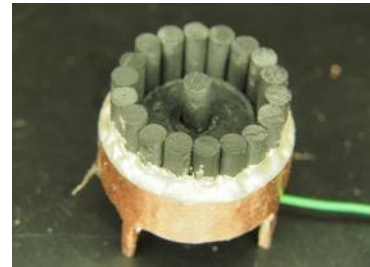
- PCB et marinisation « maison » pour version plus économique (10 € T° + 10 € Pres.).
- Substrat flexible (300μm vs 1.6mm) : inertie thermique ↓, temps de réponse ↓ = profils plus fidèles et plus rapides.
- Encapsulation résine epoxy thermo-conductrice + SLA



Hard day at the office.



Conductivité



Ex. d'électrodes graphites concentriques DiY (C. Rada)

Cadre 80PRIME OpenProbe :

Y. Kandur et al. *Eng. Proc.* **2021**, 6,52. doi:10.3390/ I3S2021Dresden-10145

- Salinité élevée (côtier eau de mer) = capteur inductif

Cadre Terra Forma :

- Eau douce = électrodes (2, 4, 6 ?)
- Électrodes de graphite, marinisation SLA + surmoulage
- Schémas et composants identifiés pour l'électronique des 2 configs.
- En attendant, sondes Atlas marinisées = OK (CTD ...)



Conductivité

Atlas Scientific Conductivity Probe K1.0

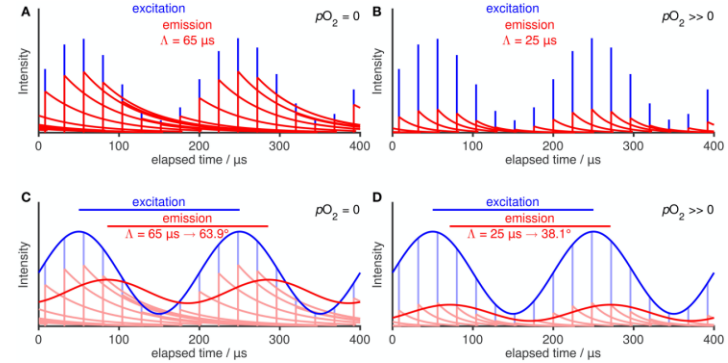
Sonde graphite (excitation AC)

Précision +/- 2% - Temps de réponse 1s (90%)

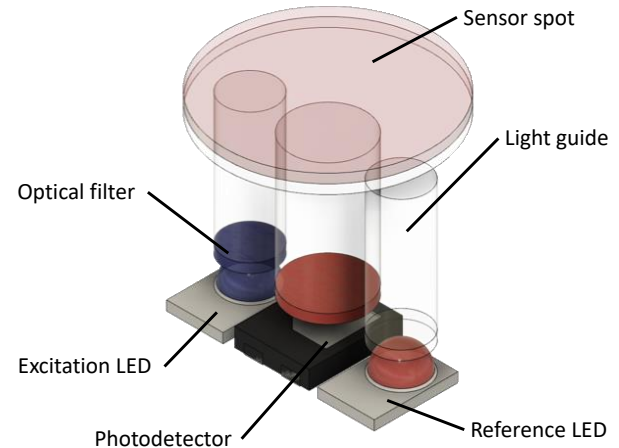
Proto de sonde CTD+pH+ORP+O₂+PAR Econect

Oxygène dissous

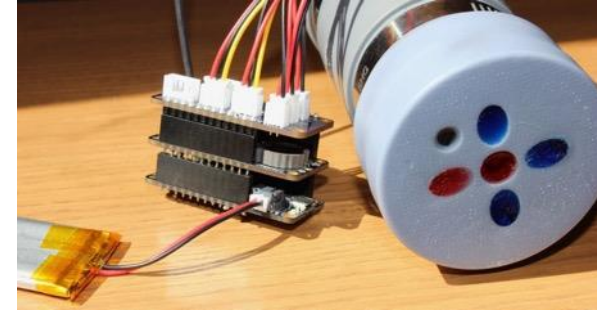
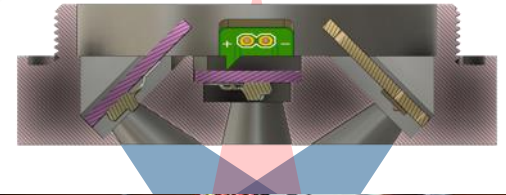
- Mesure optique : optode O_2
- Utilisation des spots Presens Pst3 (validés pour BGC)
- Conception + réalisation du lecteur à base d'architectures de la littérature (coût/consommation/simplicité/performances)
- Filtres optiques low-cost (cf. fluorimètre chl. a)
- Miniaturisation ($\searrow$ taille de spot = $\searrow$ coût)
- Mise en forme des spots Pst3 par xurographie
- Guides optiques polymères (imprimés ou moulés)
- Compensation température (+ pression si nécessaire)



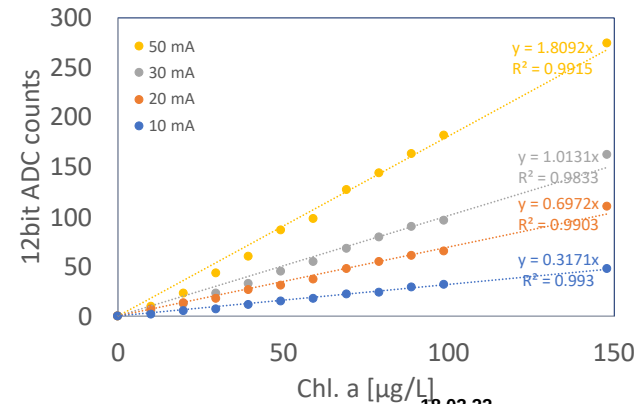
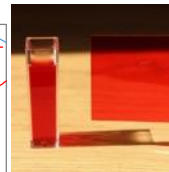
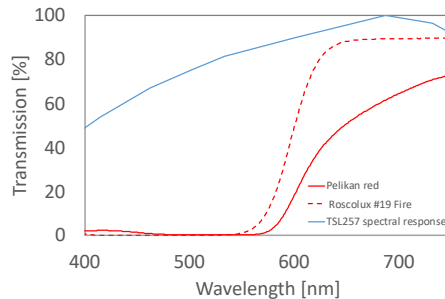
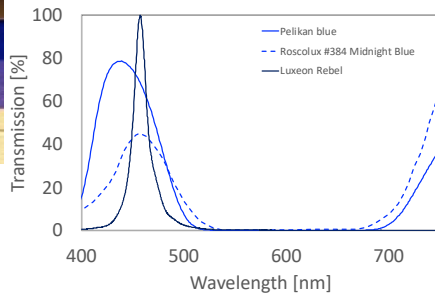
Bittig et al. (2018). *Front. Mar. Sci.* 4:429. doi:10.3389/fmars.2017.00429



Fluorimètre chlorophylle A

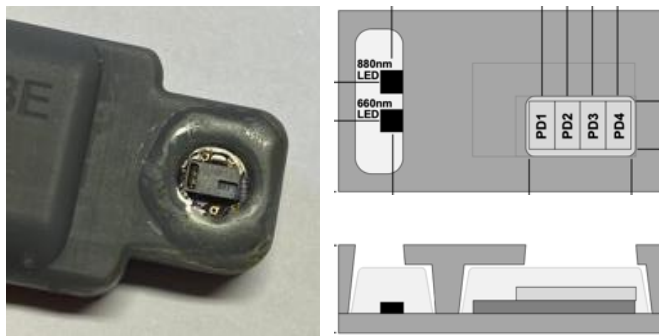


- Design « flat face »
- Excitation 450nm – Emission 685nm
- Validation de filtres optiques low cost
- Réjection de lumière ambiante :
 - Mutualisation du circuit PPG utilisé pour la turbidité
 - Remplacement du TSL257 (lent, et fin de cycle probable)
- Quelques difficultés pour atteindre $S = 0.1 \mu\text{g/L}$...

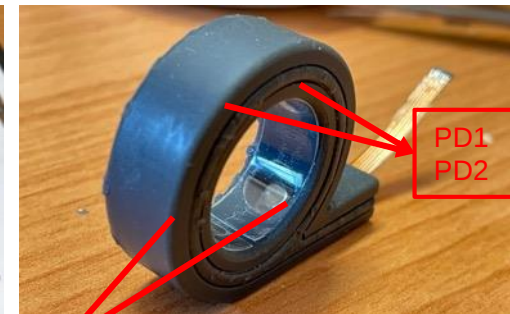
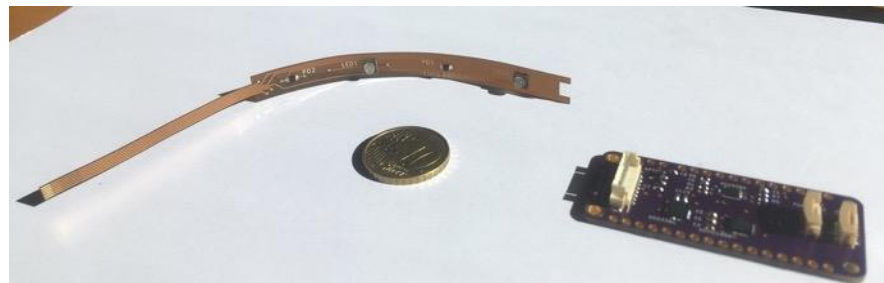


Évaluation de deux méthodes vs. turbidimètre de labo (néphélométrie)

- Détournement de composants PPG.
- Réjection de lumière ambiante intégrée.
- Coût de revient 10 à 20 € typ.



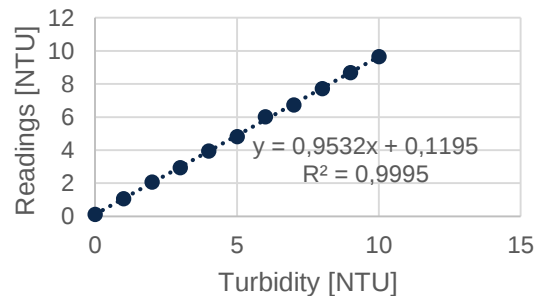
Backscattering* @ 880 nm



GLI-2 @ 850 nm

LED1
LED2

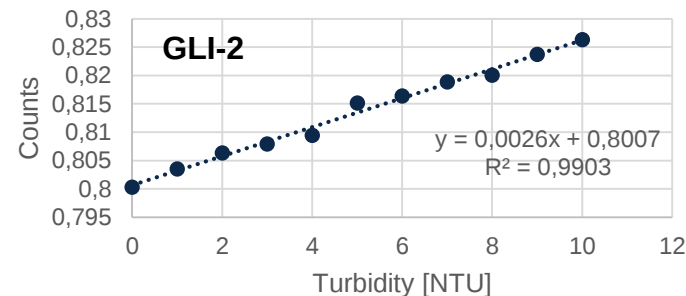
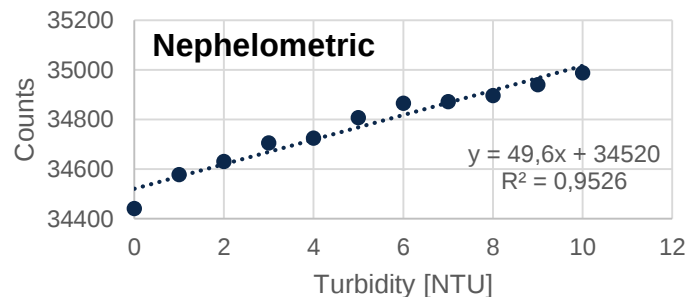
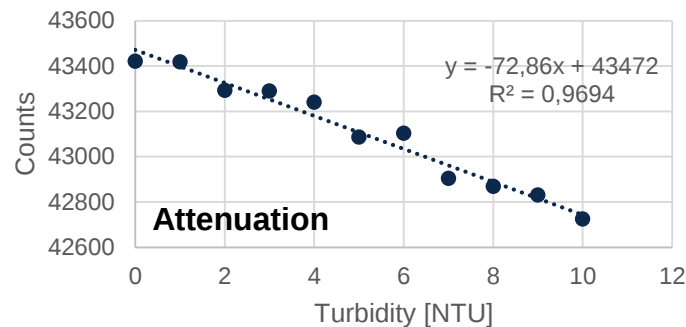
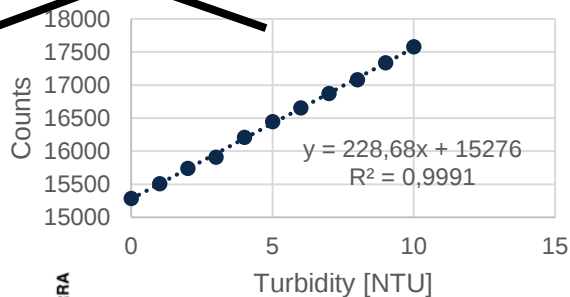
Turbidité : évaluation



Commercial turbidimeter

~~Backscattering*~~

Attenuation !



Turbidité : intégration



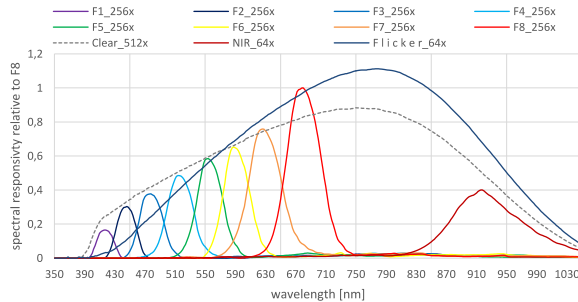
Bientôt prêt pour les essais terrains et intercomparaisons in-situ.



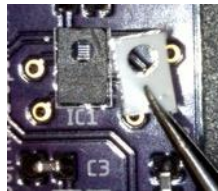
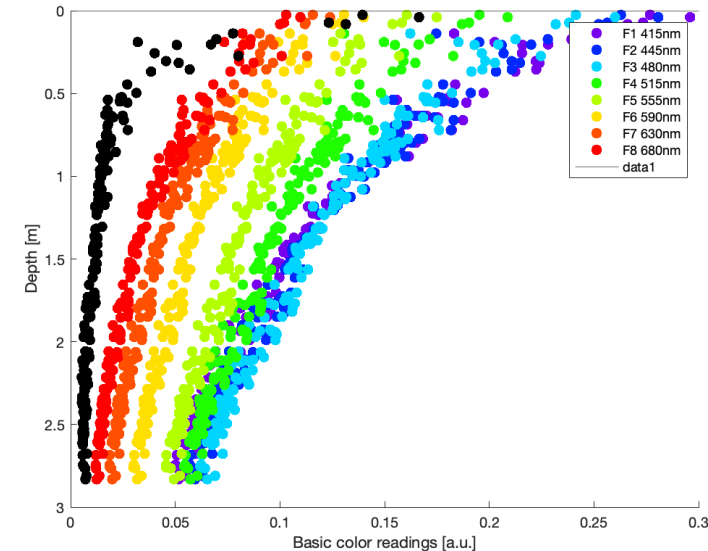
PAR + “couleur de l'eau”

Détournement d'un capteur multispectral

- Ajout d'un diffuseur (xurographie).
- Travail sur le soft : contrôle automatique de gain et temps d'intégration.
- Premiers tests en mesure d'irradiance vs. profondeur.



Another hard day at the office



Infos sonde multiparamètres

Coût de revient à 100 € = gros challenge !

Développeurs actuels : Vincent R. + Raul Sanchez (doctorant 80Prime) :

Toute suggestion d'amélioration sur les développements évoqués, et toute implication sur le développement est la bienvenue.

Si quelqu'un possède un luxmètre-spectrophotomètre de ce type, ça m'intéresse !



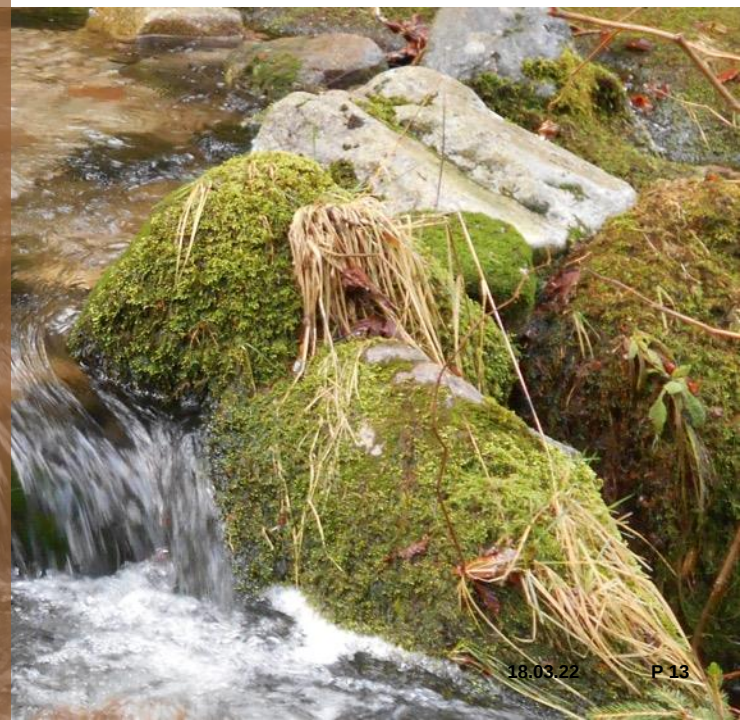
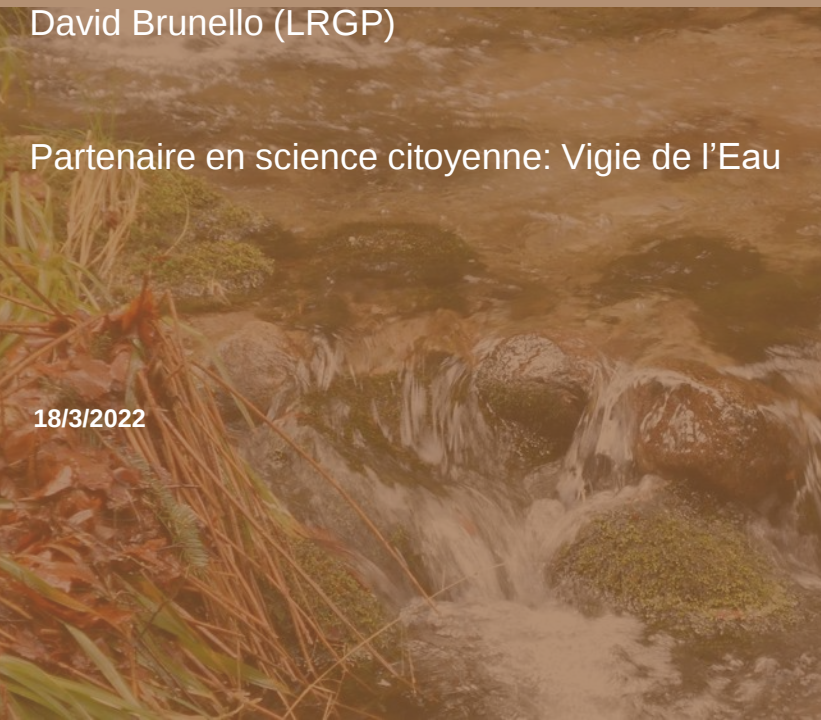
WP2.2: Sonde MOD

Marie-Noëlle Pons (LRGP)

David Brunello (LRGP)

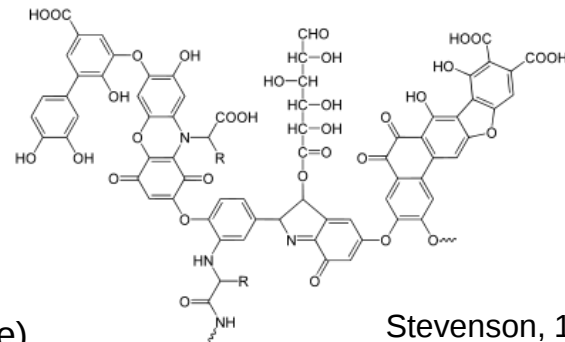
Partenaire en science citoyenne: Vigie de l'Eau

18/3/2022



Matière organique dissoute ?

- Substances organiques dissoutes
- Plusieurs origines
 - Naturelle
 - Origine terrestre: pédogénique (ou allochtone)
 - Origine aquatique: aquagénique (ou autochtone)
 - Anthropique
 - Rejets urbains
 - Rejets agricoles
- Comment la caractériser ?
 - Plusieurs méthodes, plus ou moins complexes
 - Carbone organique dissous pas suffisant
 - RMN, spectrométrie de masse haute résolution, etc.
 - « routine »: méthodes optiques: spectroscopie UV-visible, fluorescence



Principe des mesures optiques pour la caractérisation des matières organiques dissoutes + nitrates

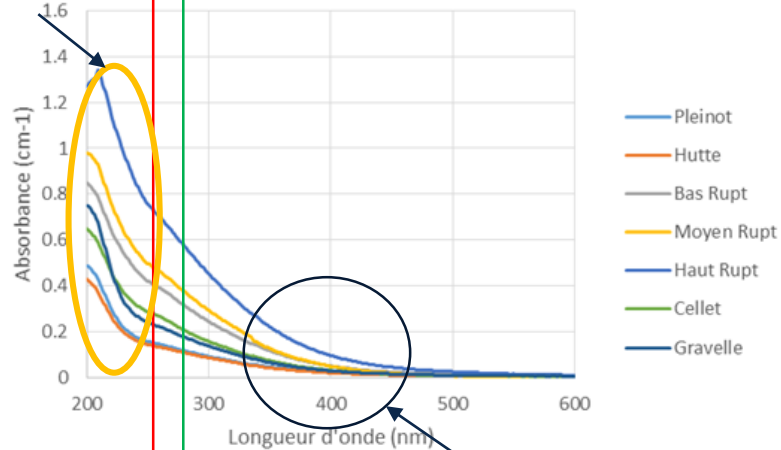
Spectroscopie UV-visible

Corg, aromaticité

254 nm = longueur d'onde « historique »

≈ 270 nm = longueur d'onde souvent d'intérêt

Nitrates



Indices liés à la masse moléculaire

Principe des mesures optiques pour la caractérisation des matières organiques dissoutes + nitrates

Fluorescence: matrice excitation-émission

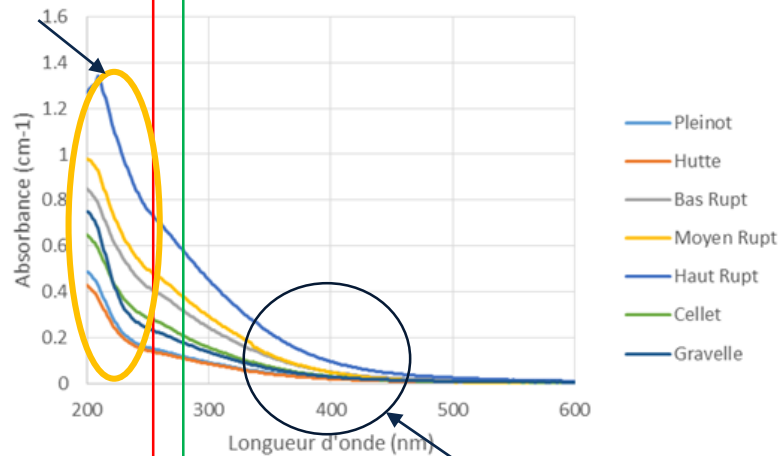
Spectroscopie UV-visible

Corg, aromaticité

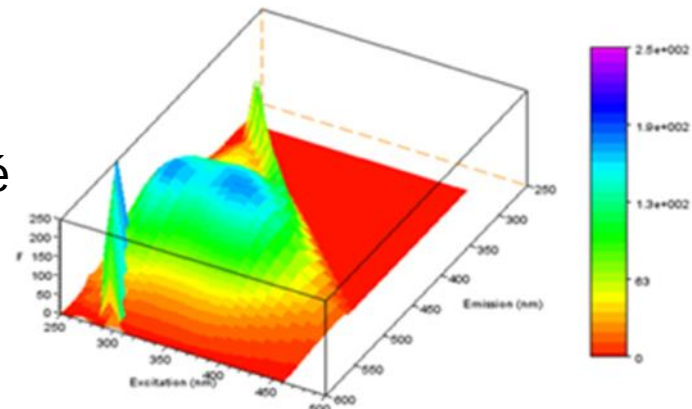
254 nm = longueur d'onde « historique »

Nitrates

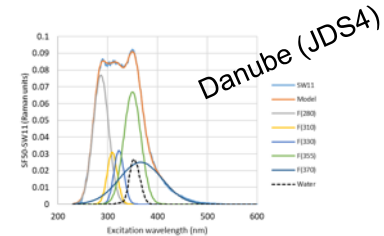
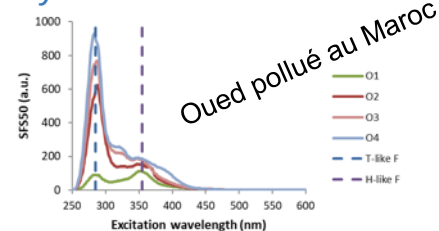
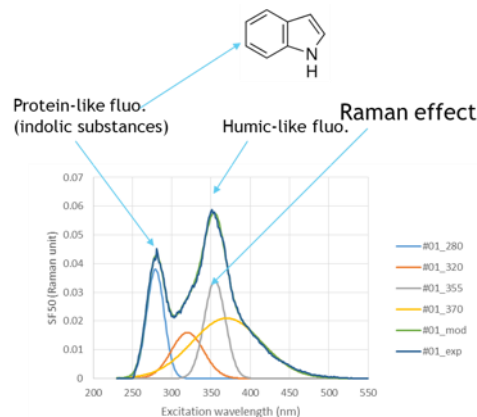
≈ 270 nm = longueur d'onde souvent d'intérêt



Indices liés à la masse moléculaire

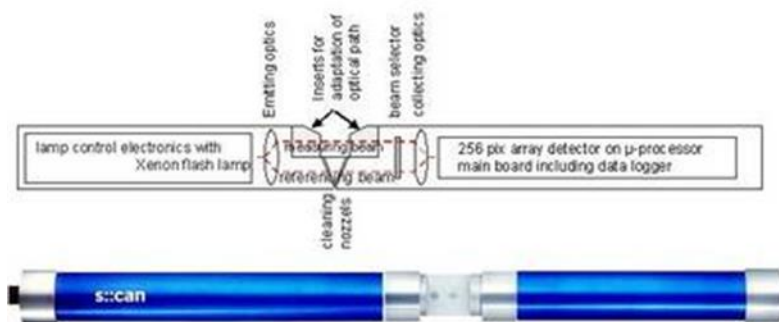


Fluorescence synchrone



Sondes commerciales existantes (entre autres)

Spectrophomètre submersible S::can



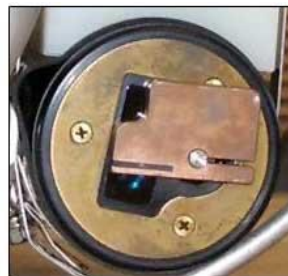
- Carbone dissous
- Nitrates
- Paramètres fixés
- Spectre discret

Applis: STEUs, rivière

Sondes fluorimétriques



Turner Design



Wetlabs

Applis: drone, bouée

Captain River

laVigie
del'Eau



INRAE



pH
Conductivité
Température
Turbidité



Développement des sondes

Deux étapes:

Une sonde « recherche citoyenne » permettant de valider le concept, avec données transmises via application sur smartphone

Une sonde permettant un déploiement « longue durée » avec protection anti-biofouling avec données télétransmises

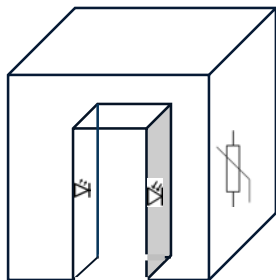
Deux options:

Sonde MOD seule

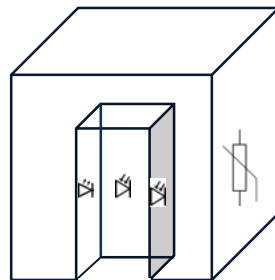
Sonde MOD + nitrates

Principe de base

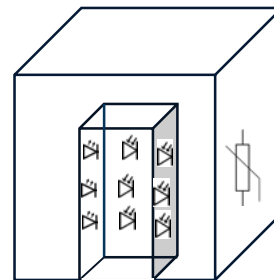
Source d'idées



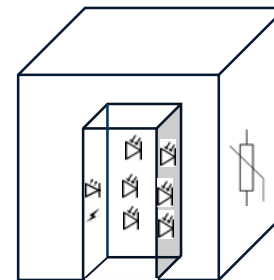
Emission/réception UV/vis: 270 nm
Fenêtre PMMA optique
Plastique (sonde et cache (?)) noir



Emission/réception UV/vis: 270 nm
Réception fluo: ≈ 330 nm
Fenêtre PMMA optique
Plastique (sonde et cache (?)) noir



Emission/réception UV/vis multi: 270, 320, 370 nm
Réception fluo multi : 330, 370, 420 nm
Fenêtre PMMA optique
Plastique (sonde et cache (?)) noir



Emission/réception UV/vis : LED flash, barrette diodes?
Réception fluo multi : barrette diodes ?
Fenêtre quartz
Plastique (sonde et cache (?)) noir

Données

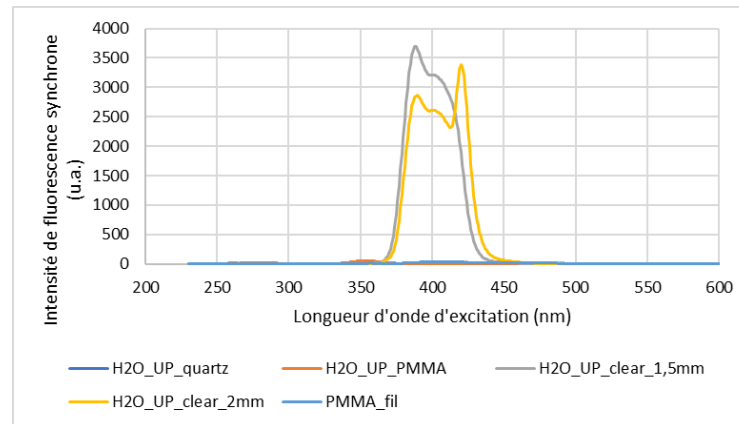
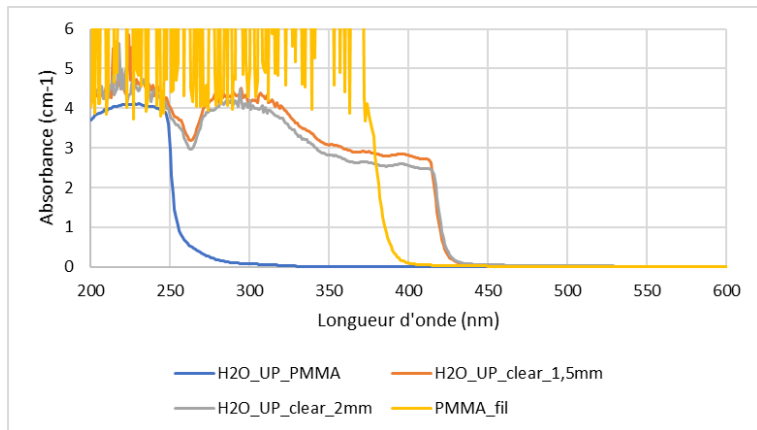
1 mesure d'absorbance
moyennée + T

1 mesure d'absorbance
moyennée + 1 mesure de
fluorescence (type
protéine) + T

3 mesures d'absorbance
moyennées + 3 mesures
de fluorescence (type
protéine + subs.
humiques) + T

mesures d'absorbance
moyennées + mesures de
fluorescence (type protéine
+ subs. humiques) +
nitrates + T

Recherche de PMMA optique

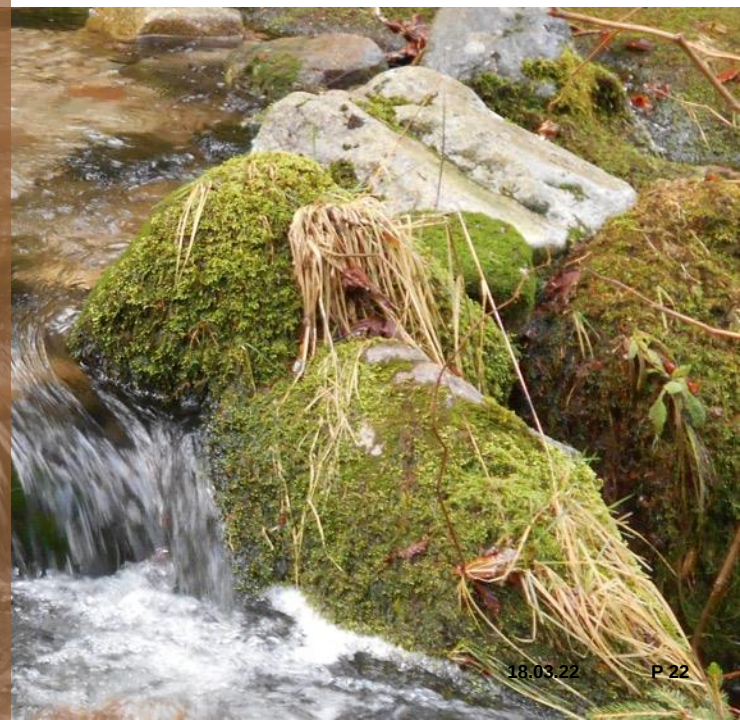


WP2.2: Radar discharge

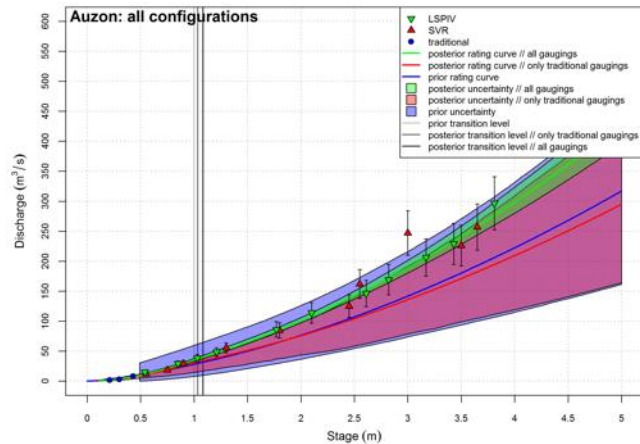
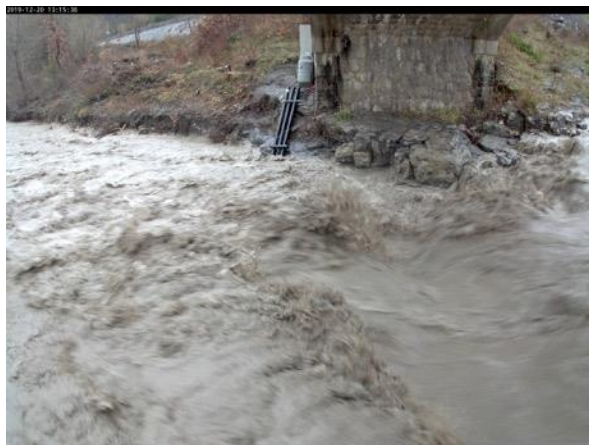
Guillaume Nord (IGE)

Service technique de l'IGE : Romain Biron,
Hervé Denis, Guilhem Freche, Hélène Guyard,
Luc Piard, Christophe Rousseau

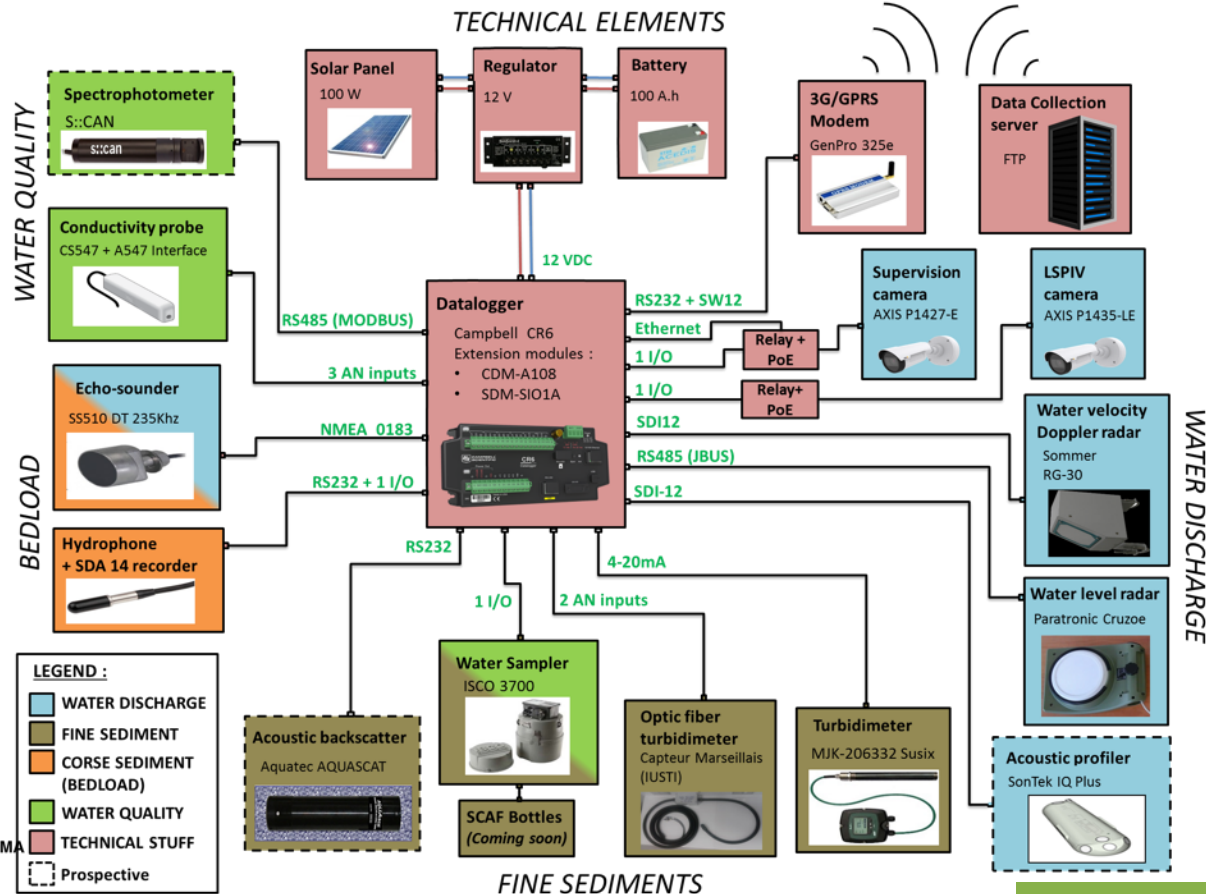
18/3/2022



Contexte

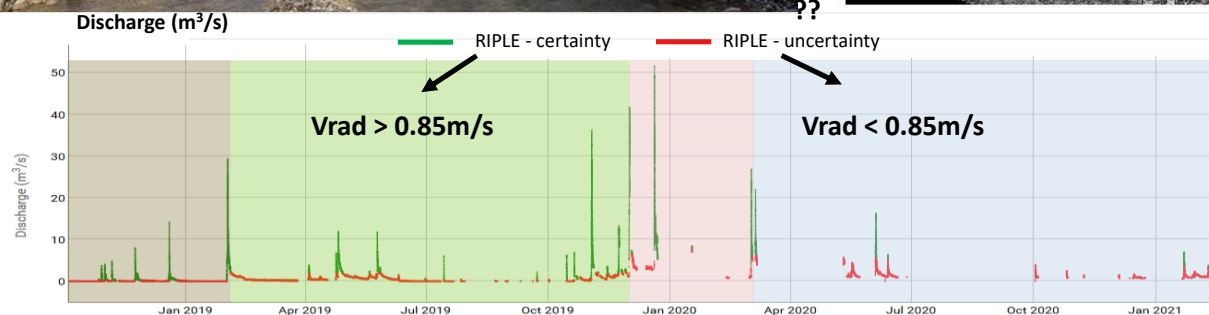
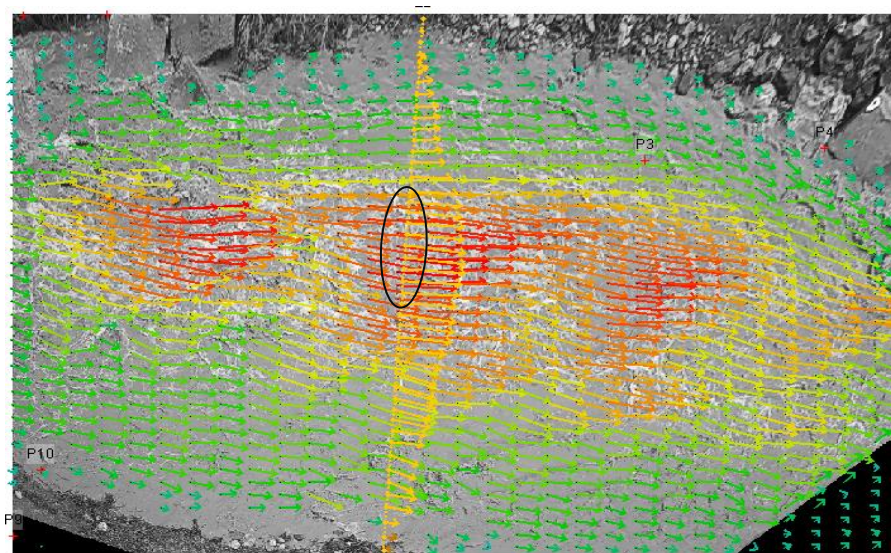
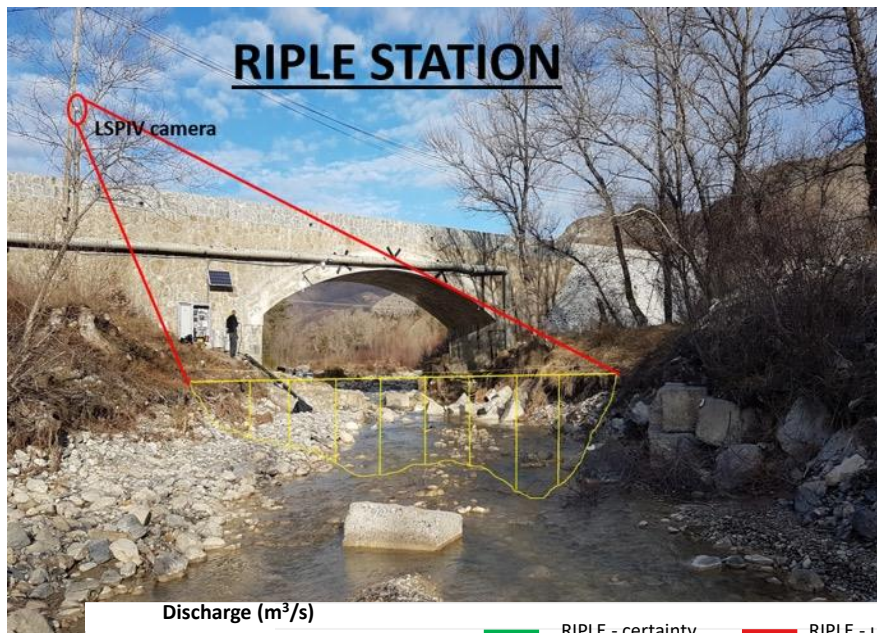


Plateforme RIPLE (Equipex CRITEX)

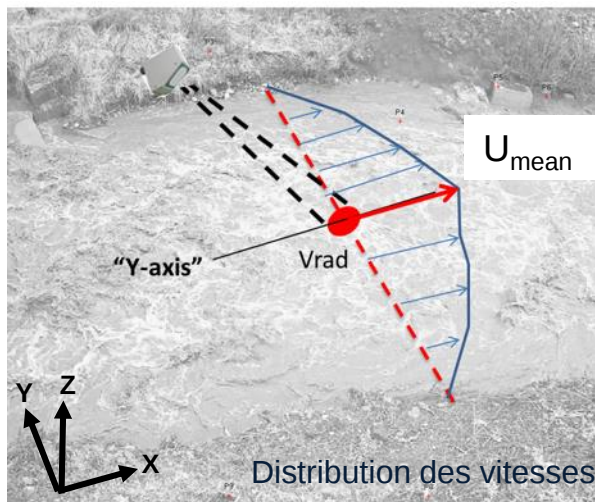


Galabre (Observatoire Draix-Bléone)

Méthode d'estimation directe et continue des débits (en crue)

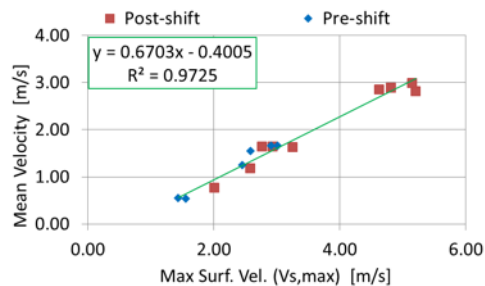
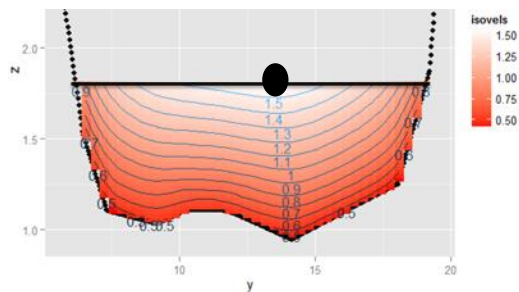
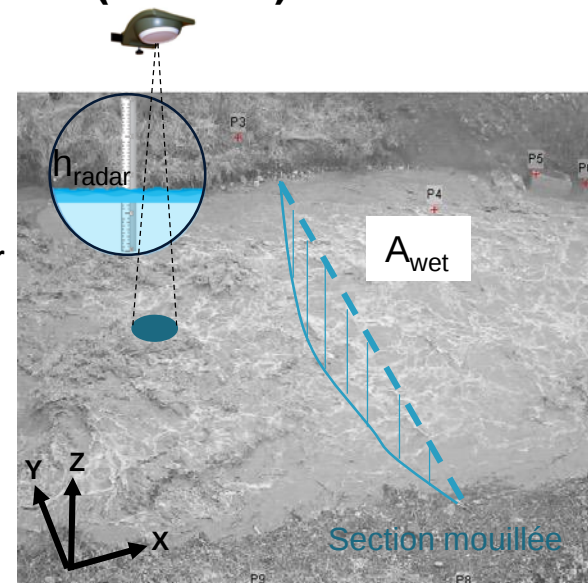


Méthode d'estimation directe et continue des débits (en crue)



$$V_{rad} \rightarrow U_{mean} \quad h_{radar} \rightarrow A_{wet}$$

$$Q = A_{wet} \cdot U_{mean}$$

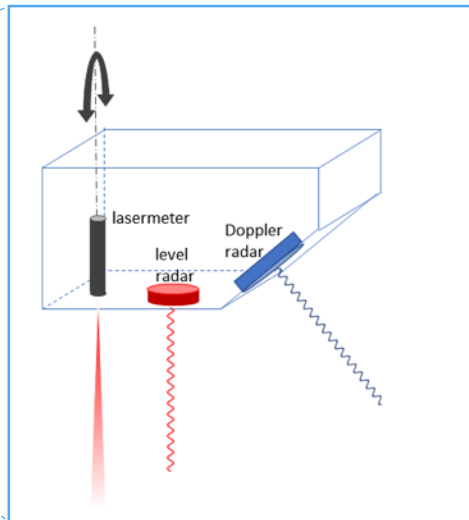


Tafasca (2017)
Hasanyar (2019)
Safdar (2021)

Radar discharge



Source : F. Fontaine



Estimer les débits des cours d'eau en quasi temps reel

- Intégration instrumentale
- Développement méthodologique

Cahier des charges

- **Largeur de cours d'eau : de 1 à 50 m (Ruisseaux, torrents, rivières)**
- **Profondeurs d'eau : de qqs cm à 5 m**
- **Capteurs non intrusifs**
 - ✓ Niveau d'eau : distances de 0.3 à 15 m (résolution ≤ 0.01 m)
 - ✓ Vitesses de surface : de 0.4 à 8 m/s (résolution ≤ 0.05 m/s)
 - ✓ Lasermètre : distances de 1 à 20 m (résolution ≤ 2 cm)
- **Fréquence d'acquisition : ~ 2-10 min pour niveau d'eau et vitesse; ≥ 1 fois/j. pour bathymétrie**
- **Estimation directe du débit (maîtrise de la méthode d'estimation)**
- **Installation sur câbles : choix non-contraint de la section de mesure**
- **Système autonome en énergie et communiquant**
- **Capteur robuste à bas coût (~ 1500 €)**
- **Système en un bloc ou en plusieurs éléments**

Laboratoires impliqués : CARTEL, CEBC, CEFÉ, Centre de Géosciences, CERFE, CESBIO, Chrono-environnement, CRAL, CReSTIC, DT-INSU, Dynafor, ECOBIO, ECOLAB, EVS, GET, GR, GSMA, HABITER UR, IGE, IM2NP, IPAG, IPGP, IRISA, IRIT, ISM, ISTO, LAAS, LECA, LEMAR, LHYGES, LIG, LIRMM, LMGE, LPC, LRPg, LSIS, RiverLy, SAS, Subatech.

Tutelles et partenaires non académiques : CNRS :INSU, INEE, INSIS, IN2P3, INP, INS2I, INSHS, INSB. **Autres organismes de recherche :** IRD, INRAE, IPGP. **Ecole d'ingénieur :** Mines ParisTech. **Universités :** Grenoble, Savoie-Mont-Blanc, Toulouse, Rennes, Clermont-Auvergne, Montpellier, Reims, Toulon, Franche Comté, Orléans, Strasbourg, Aix Marseille. **EPIC:** INERIS. **PME:** Extralab

Soutiens: CNES, OFB, BRGM, Agence de l'eau Loire Bretagne, Réseau RECOTOX, l'observatoire du sol vivant, Institut Carnot Eau&Environnement, Groupes Régionaux des experts du climat, Régions, Office régionales de la biodiversité, Fondation François Sommer

Remerciement aux autrices du livre TERRA FORMA qui nous ont laissé l'emprunt de leur titre.

Contact(s): laurent.longuevergne@univ-rennes1.fr; arnaud.elger@univ-tlse3.fr; virginie.girard@univ-grenoble-alpes.fr

terra-forma.cnrs.fr

