

Nouvelles technologies pour mieux comprendre le fonctionnement sédimentaire des cours d'eau

ARNAUD Fanny

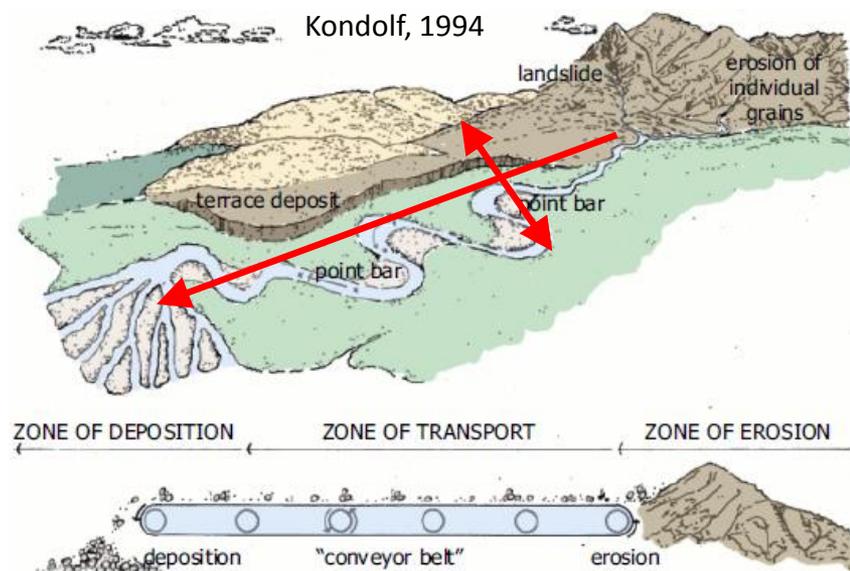
CNRS, UMR 5600 EVS ENS de Lyon



Mercredi 6 décembre 2016 - Lyon



La dynamique sédimentaire des corridors fluviaux : importance écologique et enjeux économiques



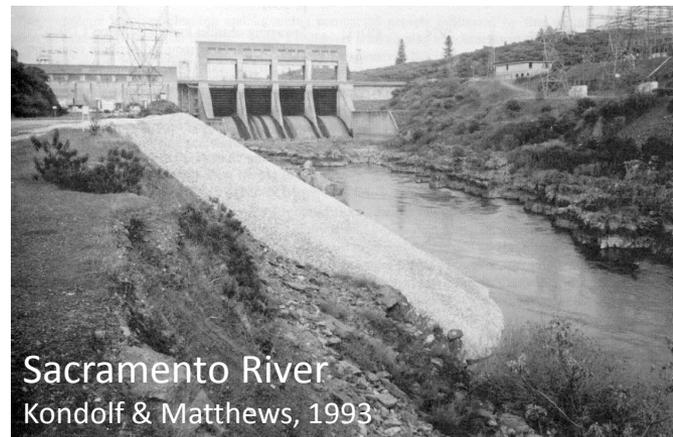
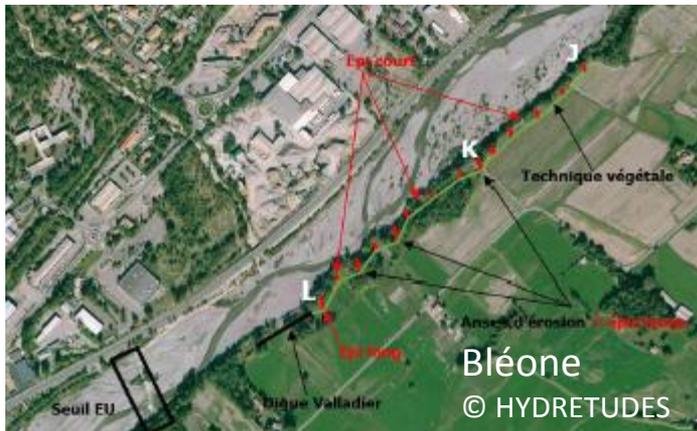
PRIM, 2004



Harvey et al., 2005

Un besoin opérationnel de connaissances des processus sédimentaires pour ...

- Les études de diagnostic hydromorphologique
- Les études de l'évolution de profils en long et de sédimentation des barrages et réservoirs
- La détermination des débits seuils de mise en mouvement, l'estimation des flux annuels charriés et/ou en suspension (chasses)
- La conception et le suivi d'opérations de restauration : recharge sédimentaire, reconstitution de matelas alluvial / reprofilage, espace de liberté
- Les études de continuité sédimentaire : effacement d'ouvrage



La métrologie du transport solide

Du terrain ...



... au laboratoire ...



Tracer distribution

$d = 8 - 11,2 \text{ mm}$
 $Q = 80 \text{ l/s}; I = 5 \text{ ‰}; T = 90 \text{ min} (T_{\text{max}} = 210 \text{ min})$



$d = 5 - 8 \text{ mm}$
 $Q = 80 \text{ l/s}; I = 5 \text{ ‰}; T = 90 \text{ min}$



... au terrain



LWI Braunschweig
Koll et al., 2010

A quelle échelle spatiale mesurer ?

Particule ...



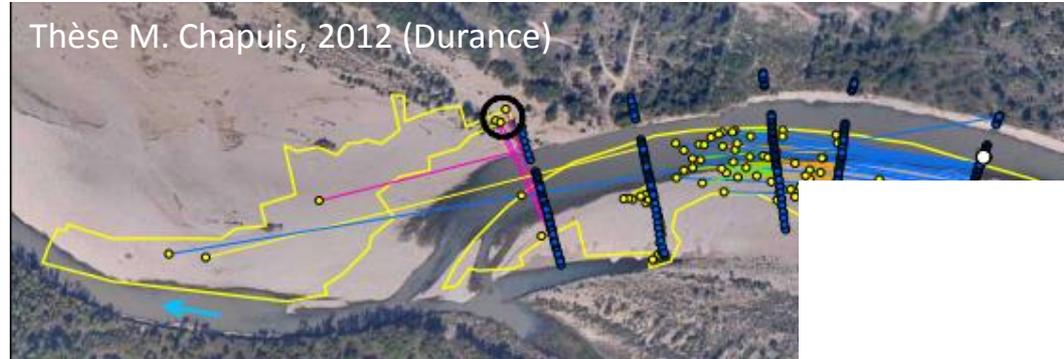
Scories métalliques
Houbrechts et al., 2011

Placette ...

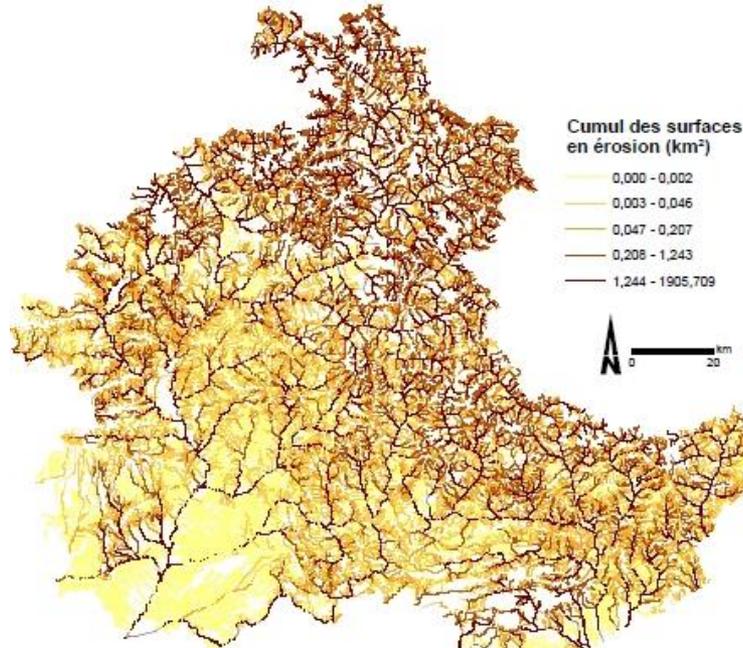


Patch granulométrique EVHA
© J.R. Malavoï

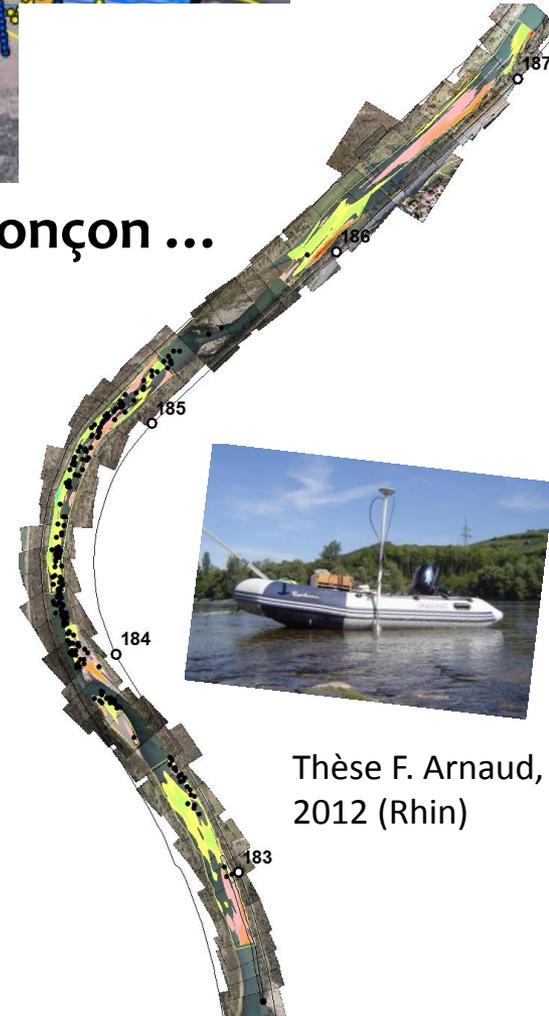
Macroforme ...



... Bassin hydrographique Tronçon ...



Thèse M. Bertrand, 2014 (Alpes du Sud)



Thèse F. Arnaud, 2012 (Rhin)

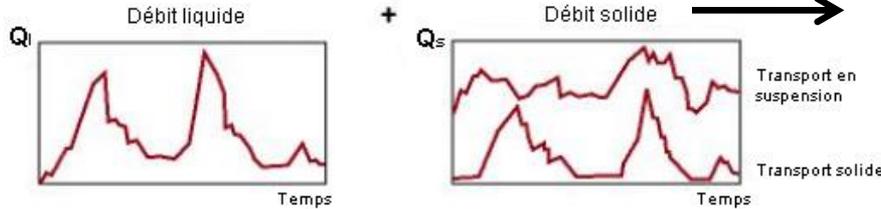
Quelles techniques pour quelles variables mesurées ?

Mesure directe du charriage (flux) :
Préleveurs, Pièges, Trappes

Variables
dominantes

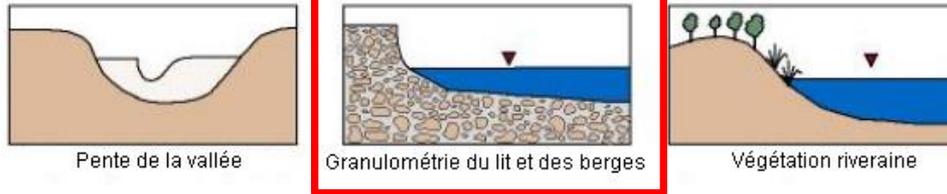
Relief, géologie, climat, occupation du sol

Variables
de contrôle

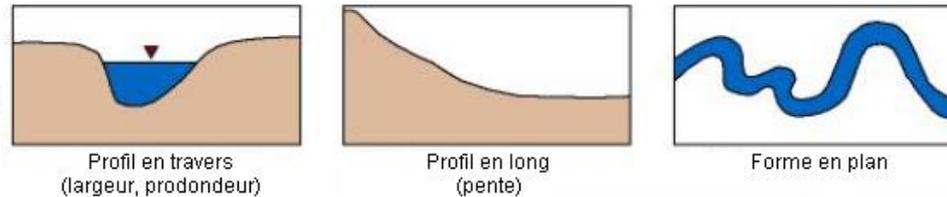


Mesure indirecte du
charriage (τ_c , déplacement) :
Géophones, Hydrophones, Placettes
peintes, Traceurs radio

Contraintes aux
ajustements



Variables
morphologiques



Mesure des variables
morphologiques et des
contraintes aux
ajustements

Thorne, 1997

Topo-bathymétrie, Chaînes
d'érosion, LiDAR
=> Bilans sédimentaires

Imagerie

La mesure directe du charriage : on essaie !

Tentative measurements of bedload transport in an energetic alpine gravel bed river

B. Camenen & M. Jaballah
Irstea, HHLY, Hydrology-Hydraulics (ex Cemagref), Lyon, France

T. Geay & P. Belleudy
UJF-Grenoble 1/CNRS/G-INP/IRD, LTHE, Grenoble, France
Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israel

J.B. Laronne
UJF-Grenoble 1/CNRS/G-INP/IRD, LTHE, Grenoble, France

J.P. Laskowski

RiverFlow 2012

Intérêts : Mesures in situ nécessaires pour estimer les quantités de sédiments transportées et établir des lois $Q_s = f(Q)$

Limites : Choix du site lié à la sécurité, dispositifs lourds, mesure ponctuelle, écoulement instationnaire, incertitudes



Déploiement du Helley-Smith 152×152 mm par grue-araignée

Préleveur Helley-Smith portable
© T. Geay



Chasse du Haut-Rhône en 2012
© IRSTEA Lyon

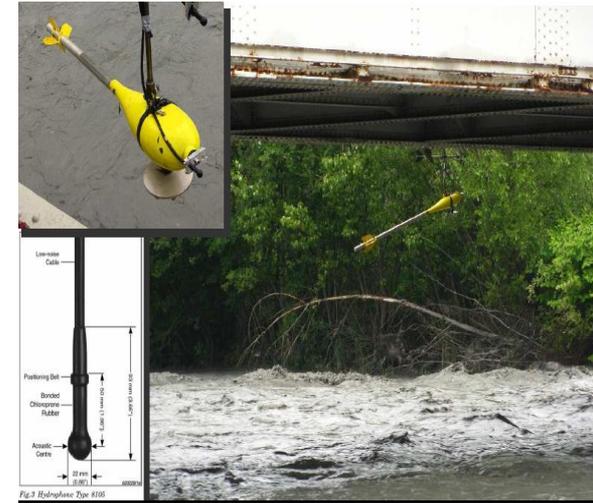
Chasse de l'Arc en Maurienne en 2011 © IRSTEA Lyon

Stratégies de mesure multi-techniques pour réussir à quantifier les différents compartiments de la charge de fond

Mesure acoustique par **Hydrophone** (Thèse T. Geay, 2013)

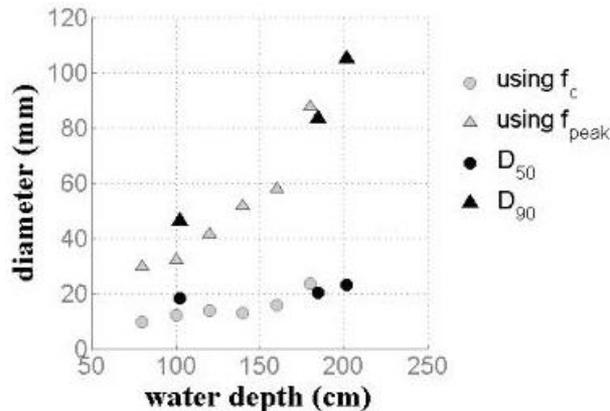
Intérêts :

- Mesure continue, facile à déployer, non intrusive
- Présence / absence de sons générés par le charriage

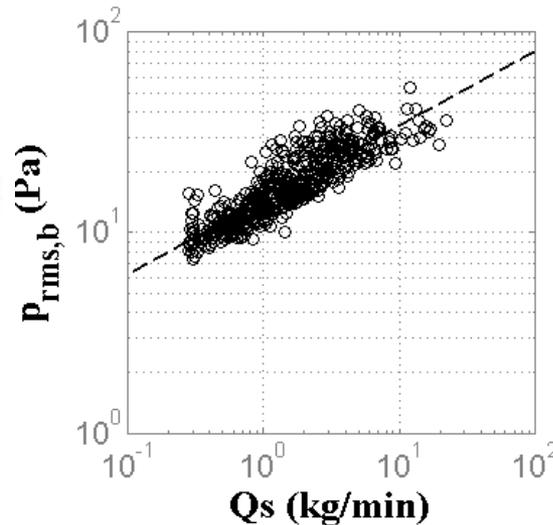


© T. Geay Gipsa-lab - LTHE

Estimation des diamètres transportés à partir des spectres acoustiques



Relation entre pression acoustique et flux



Geay et al., JGR, in review



BV Arc-Isère : Vénéon, Isère

BV Rhône : Arve, Guiers, Rhône

Limites : signal complexe à traiter, dépendant de :

- la capacité de propagation des ondes acoustiques
- la répartition spatiale du charriage

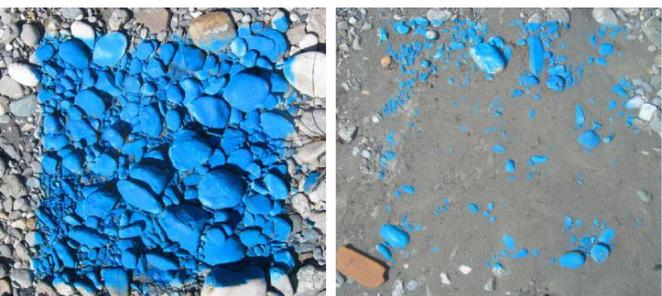
Marquage de galets

Intérêts : Débits de mise en mouvement, Taille des particules, Distances parcourues \Rightarrow données capitales pour le suivi des formes sédimentaires et la calibration des formules de transport solide

Application : Estimation des conditions de mobilité des bancs de l'Isère au moyen de **placettes peintes** (Thèse C. Jourdain, 2017)



Basegrain © EDF LNHE (2015)



Pas de mobilité ni dépôt

Dépôt de sédiments fins

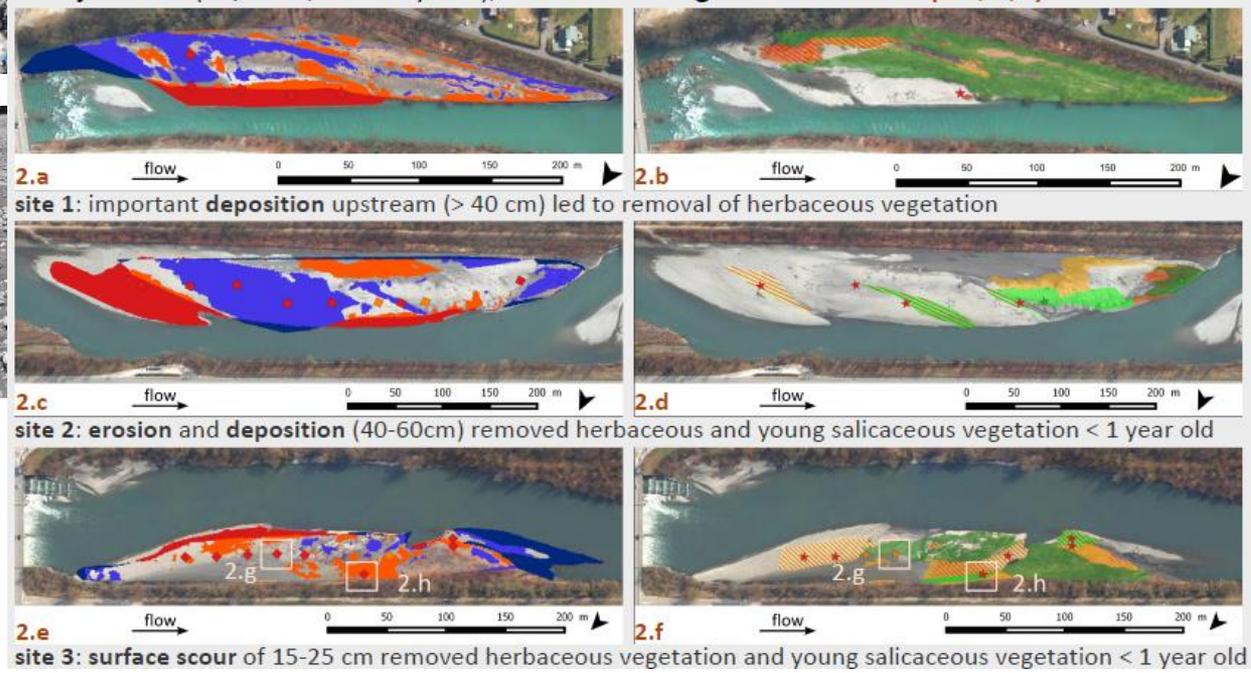


Mobilité partielle moyenne

Mobilité partielle forte

Jourdain et al., 2016

Fig. 2. Bar mobility observed through painted plots and net topographic change (2.a, c, e) following a major flood (05/2015, RI = 10 years), and induced **vegetation removal** (2.b, d, f)



Marquage de galets : PIT tags

Intérêts : Détection individuelle des galets exposés ou enfouis, résistant, durable, petite taille, peu coûteux

Applications : Durance, Bouinenc, Arc, Izeron, Ain, Rhin, Cher

Ain : Suivi d'une berge rechargée



134 KHz



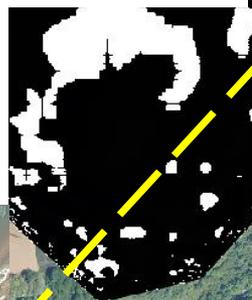
Septembre 2014

n = 237 (23 %)
 $L_{moy} = 150$ m
 $L_{max} = 790$ m

Juillet 2015

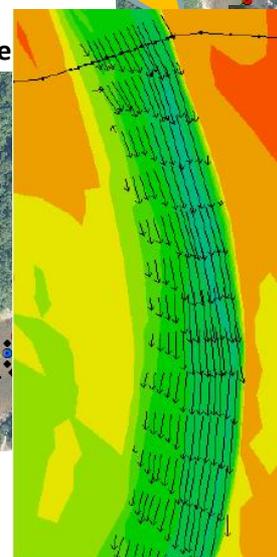
n = 492 (47 %)
 $L_{moy} = 410$ m
 $L_{max} = 1620$ m

2,1 km
 en 2 ans

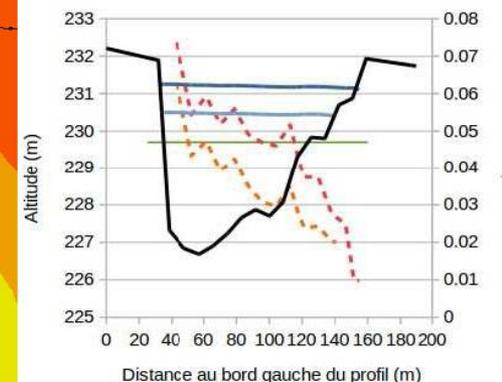


Bell1
 10000 m³ e

Bell2
 8800 m³ en 2005



Carte des vitesses d'écoulement (800 m³/s) et de la topographie



- Bathymétrie_modèle
- Surface libre (500m³/s)
- Surface libre (800m³/s)
- - - τ^* (500m³/s)
- - - τ^* (800m³/s)
- τ^* critique

Marquage de galets : PIT tags

Intérêts : Détection individuelle des galets exposés ou enfouis, résistant, durable, petite taille, peu coûteux

Pyrénées : Etude de la transparence d'un barrage



Antenne verticale



Antenne horizontale

Limites:

- Portée < 1 m
- Collision si plusieurs tags sont dans le champ de l'antenne
- Temps de prospection importants pour retrouver un nombre suffisant de tags

Marquage de galets : traceurs actifs

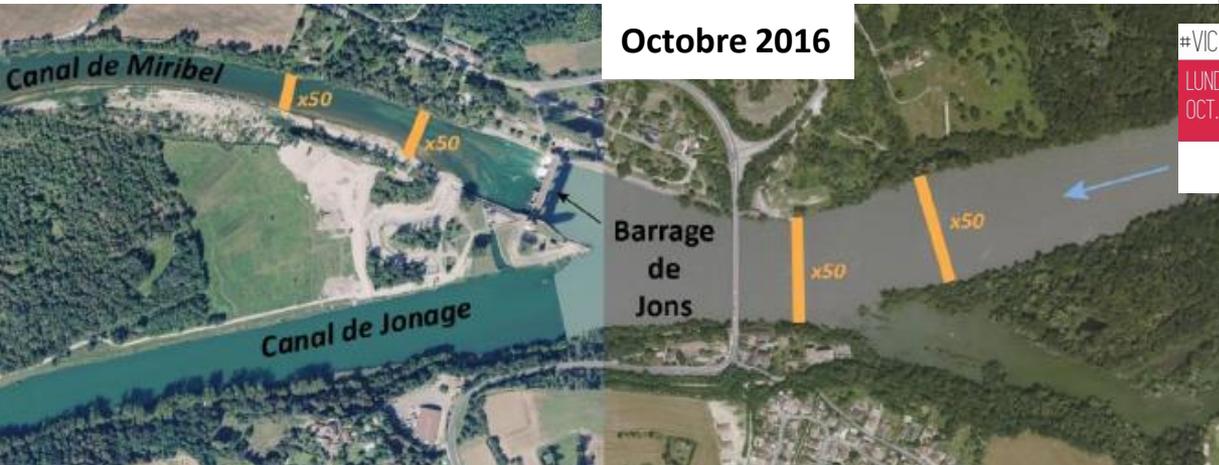
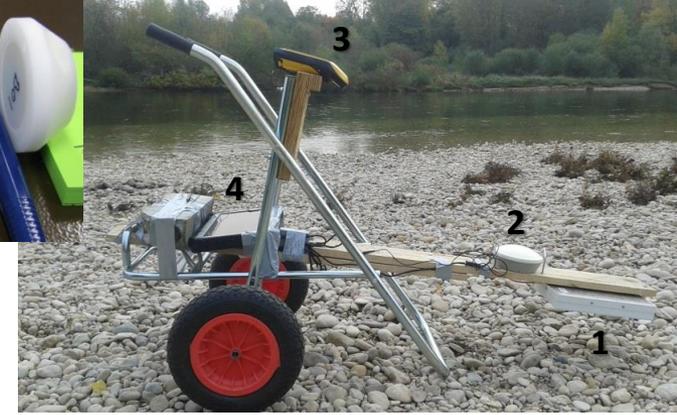
Intérêts : Portée > 2 m. Anti-collision.
Spatialisation de la puissance du signal
=> taux de retour plus importants et temps de prospection réduits

Challenge : Traceurs plus gros => confection de **galets synthétiques**

Application : Suivi de l'évolution morpho-sédimentaire du complexe Ain-Rhône-Canal de Miribel



433 MHz



Octobre 2016

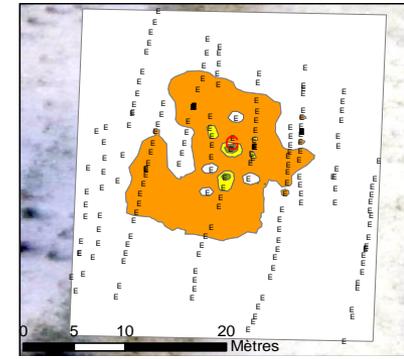
#VICI2016

LUNDI 10
OCT. 2016

LES VICTOIRES DE
L'INNOVATION

ENS DE LYON LE PROGRÈS
EVENEMENTS

VICTOIRE DE L'INNOVATION ENVIRONNEMENTALE,
remise par par **VEOLIA** représenté par Bernard FALGAS,
Directeur de la zone Eau France Est Veolia à **GeoPeka**
représenté par son président Guillaume FANTINO.



© T. Depret, M. Cassel
UMR 5600

Limites : plus cher à l'achat, durée de vie 8 ans

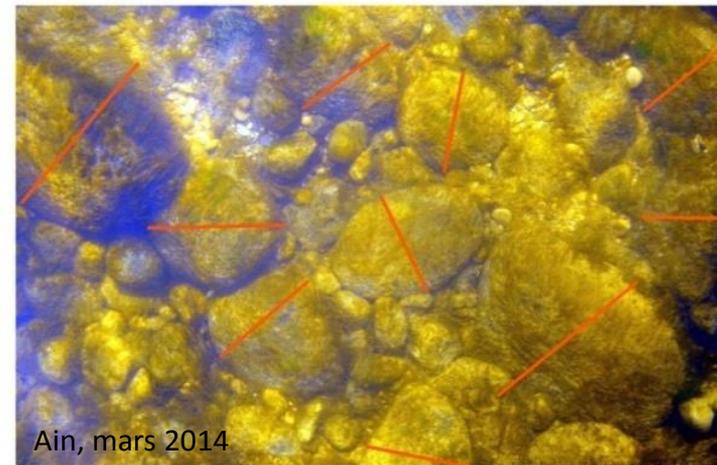
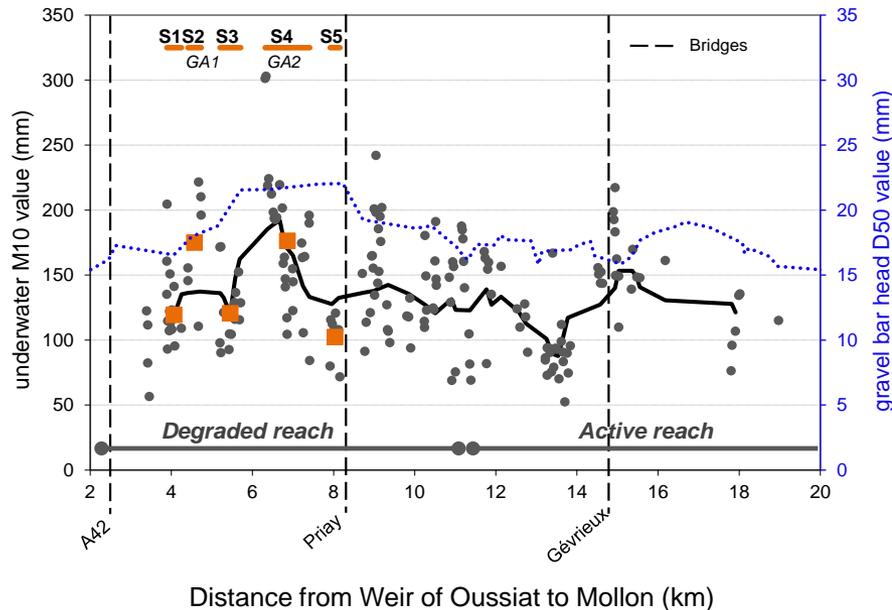
Granulométrie sub-aquatique

Intérêts : Mieux comprendre la structuration spatiale de la granulométrie du chenal => caractérisation des habitats, effets de recharges sédimentaires, calibrer les modèles

Challenge : Echantillonner sous l'eau
=> **Granulométrie par imagerie**

Gain de temps par rapport aux échantillons manuels, prospection de zones profondes

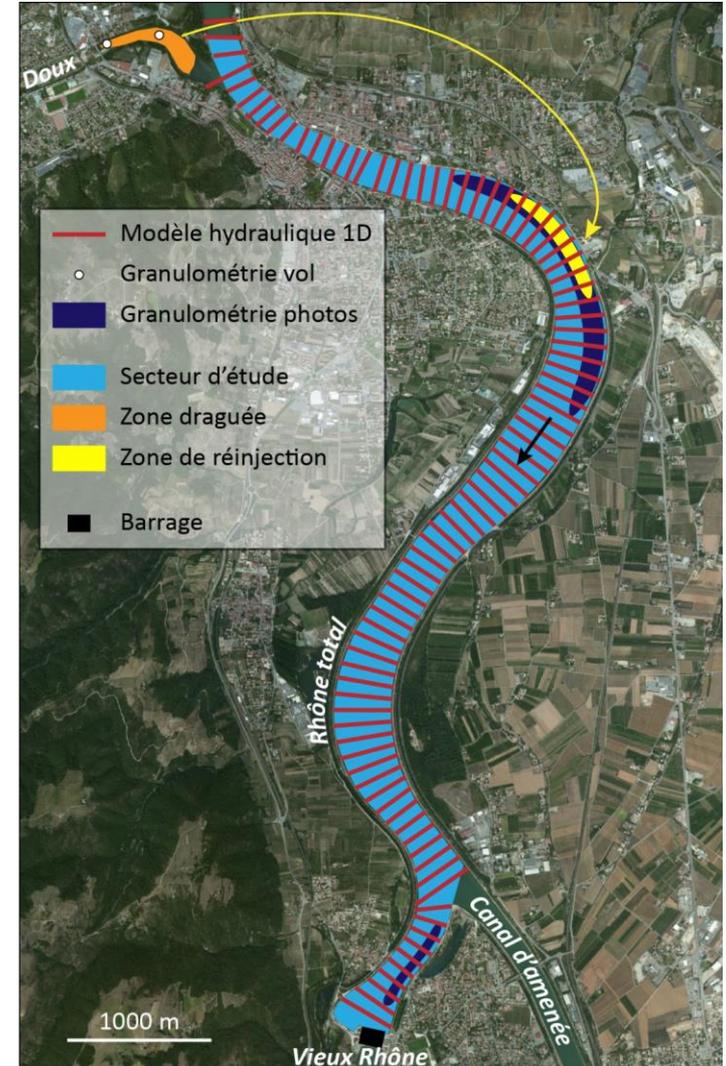
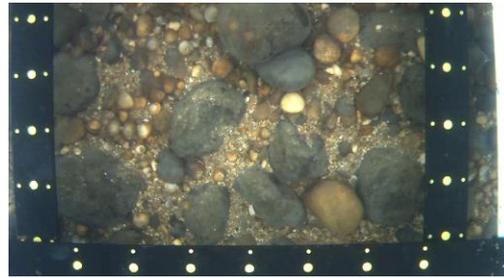
mais : l'extraction automatique nécessite des images propres : turbidité faible et pas d'algues



Granulométrie sub-aquatique

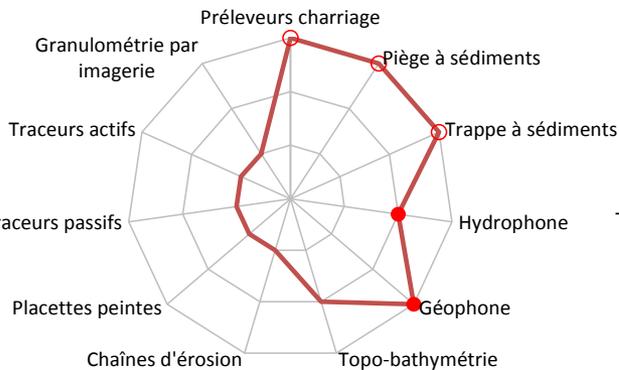
Application : Fonctionnement hydro-sédimentaire de la zone de réinjection de Bourg-lès-Valence

Octobre 2016



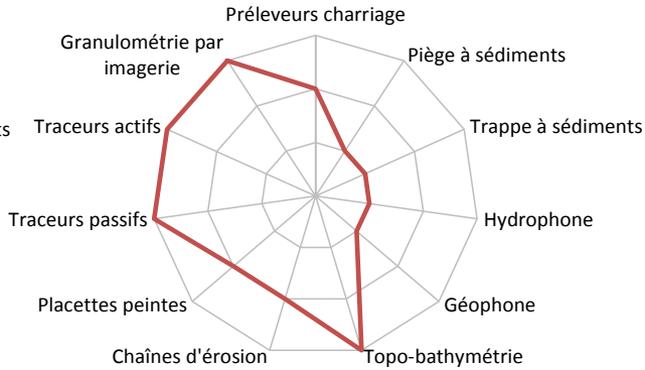
Synthèse

Estimation du flux annuel charrié

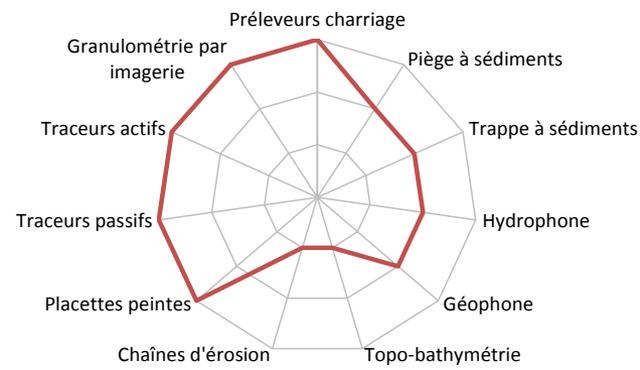


- Mesure ponctuelle
- Mesure continue

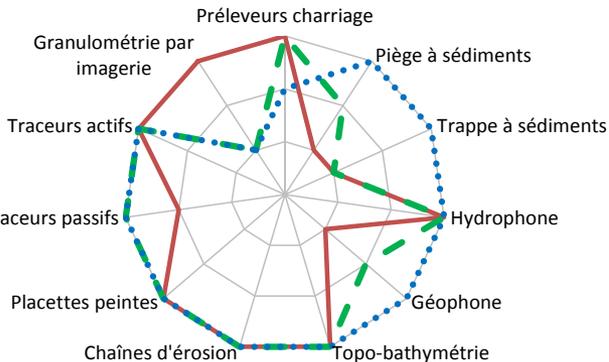
Mobilité des formes - Spatialisation



Granulométrie

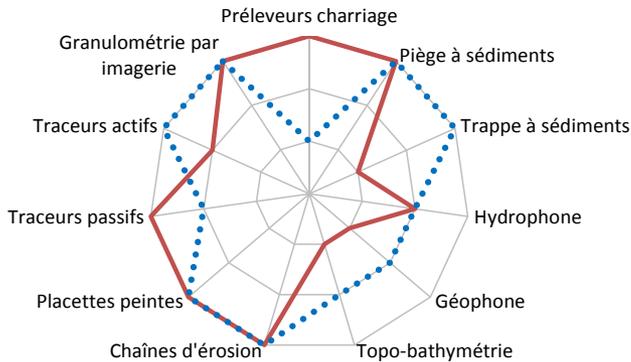


Type de cours d'eau

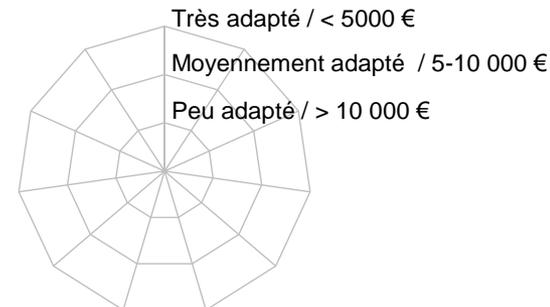


- Rivière de plaine navigable
- Rivière alpine non navigable
- Torrent

Coût



- Instrumentation
- Campagnes de mesure + traitement des données



Bibliographie

Malavoi J.R., Garnier C.C., Landon N., Recking A., Baran P., 2011. **Éléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière**. Collection “Comprendre pour agir”, ONEMA, 219 p.

Camenen B., et al., 2013. **Mesure in situ de la dynamique sédimentaire des cours d'eau. Outils et méthodes**. Note IRSTEA - Agence de l'Eau RMC, 72 p.

Kondolf G.M., Piégay H., 2016. **Tools in Fluvial Geomorphology, 2nd Edition**. Wiley-Blackwell, 584 p.

Merci à Camille Jourdain, Thomas Geay, Thomas Dépret, Mathieu Cassel et Stéphane Petit pour la transmission de documents

