



TETRAEDRE FRANCE

Turbidité et MES : une première étape vers un outil autonome pour la gestion de l'engrèvement et le suivi qualité de curages

La mesure connectée pour l'eau, les milieux naturels, l'habitat et l'industrie
L'AUTONOMIE ET POLYVALENCE SUR MESURE POUR UN TRANSFERT FIABLE



TETRAEDRE FRANCE

L'ENTREPRISE

EN SUISSE DEPUIS 1999 / 4 Personnes



EN FRANCE DEPUIS 2015 / 1 Personne



Ingénieur
développement



1 Ingénieur
Métier et
applications



2 Techniciens
monteur



1 Ingénieur
Informaticien



NOS CLIENTS

Industriels/ Universitaires

EDF/ ALTEO/ NESTLE WATERS/ HYDRO EXPLOITATION/ ECOLE DES MINES / UNIVERSITES/ FRANCE HYDROELECTRICITE

Bureaux d'étude

HYDROSTADIUM/ ANTEA/ HYDROGEOSPHERE/ SUEZ/ IDDEA
ENVIRONNEMENT / EXPLOR-E/ H2EA/ HYDRETUDES/ ECCEL/ BERGA
SUD/ ING'EUROP

Collectivités

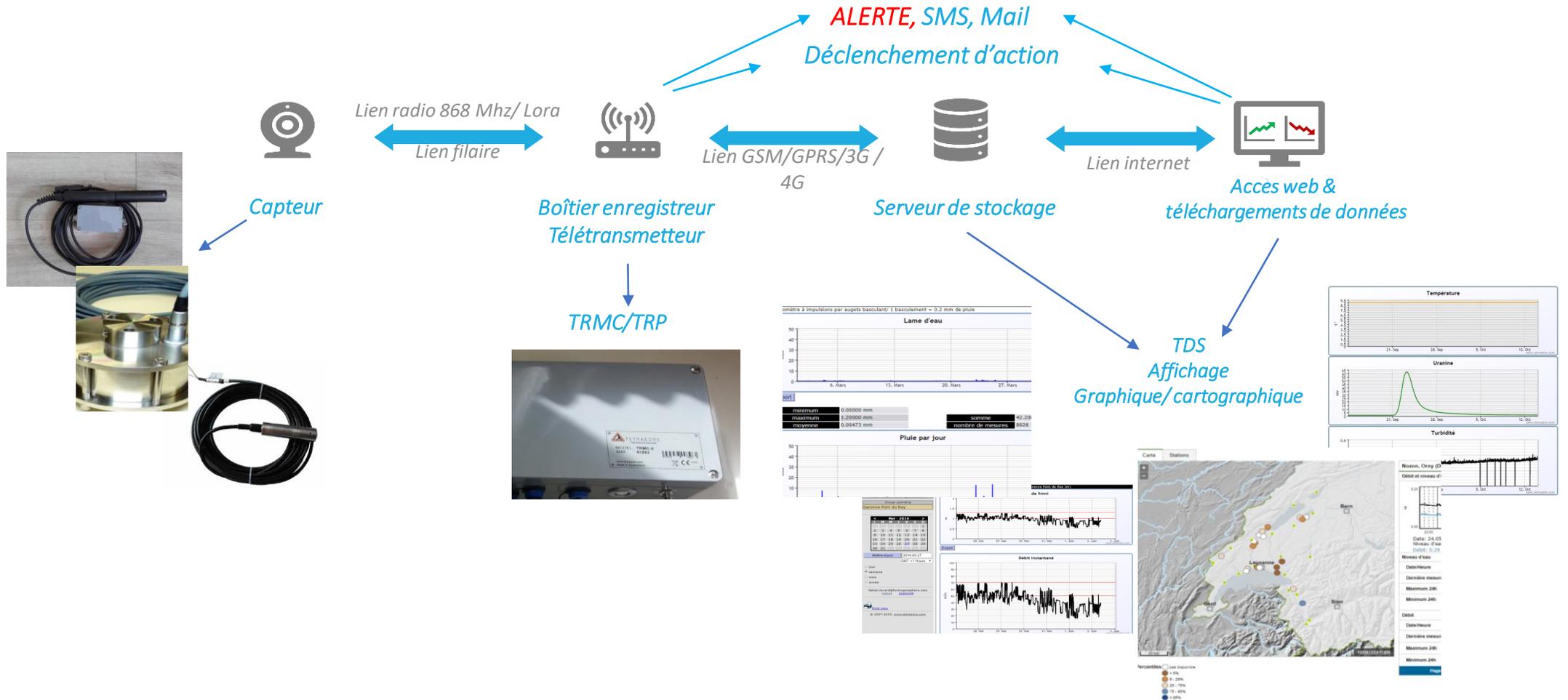
SMAGE DES GARDONS/ SMMAR AUDE / PLVG





Notre spécialité : la transmission de l'information du capteur au traitement

Schéma de la chaîne de service proposée par Tétraèdre

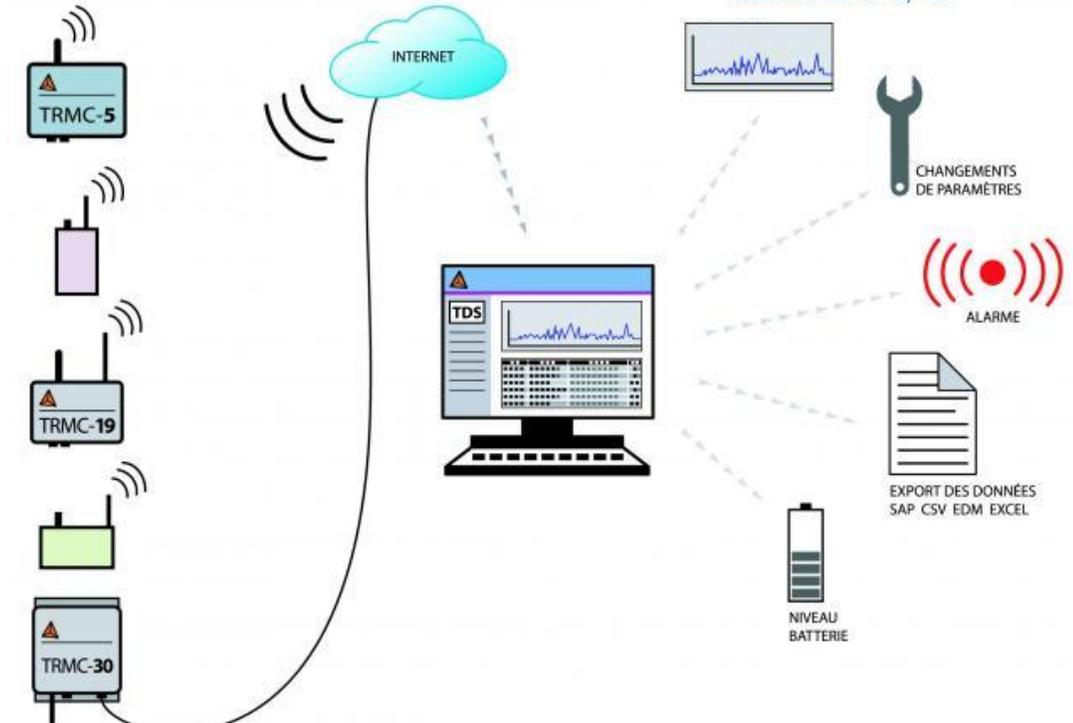




TDS: L'interface de gestion et de visualisation

Logiciel de gestion de communication pour TRMC™. Base de données MySQL

- Installation du logiciel TDS™ sur votre serveur possible : confidentialité garantie
- Réception et traitement des données
- Changement des paramètres à distance selon vos désirs
- Exportation des données sous format pdf ou excel
- Création d'alarmes par e-mail
- Stockage de gros volumes de données
- Rapide, souple, modulaire





Thématique, Bases et fondements de la démarche

Génération de phénomènes dévastateurs a grande échelle bien visibles liés au transport solide

Crues amplifiées par les modifications climatiques

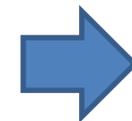


Comblements d'ouvrages transverses voir destruction



Marque les consciences
Génère des coûts, occasionne des impacts matériels humains et environnementaux

Occasionne des impacts techniques et environnementaux, génère des coûts



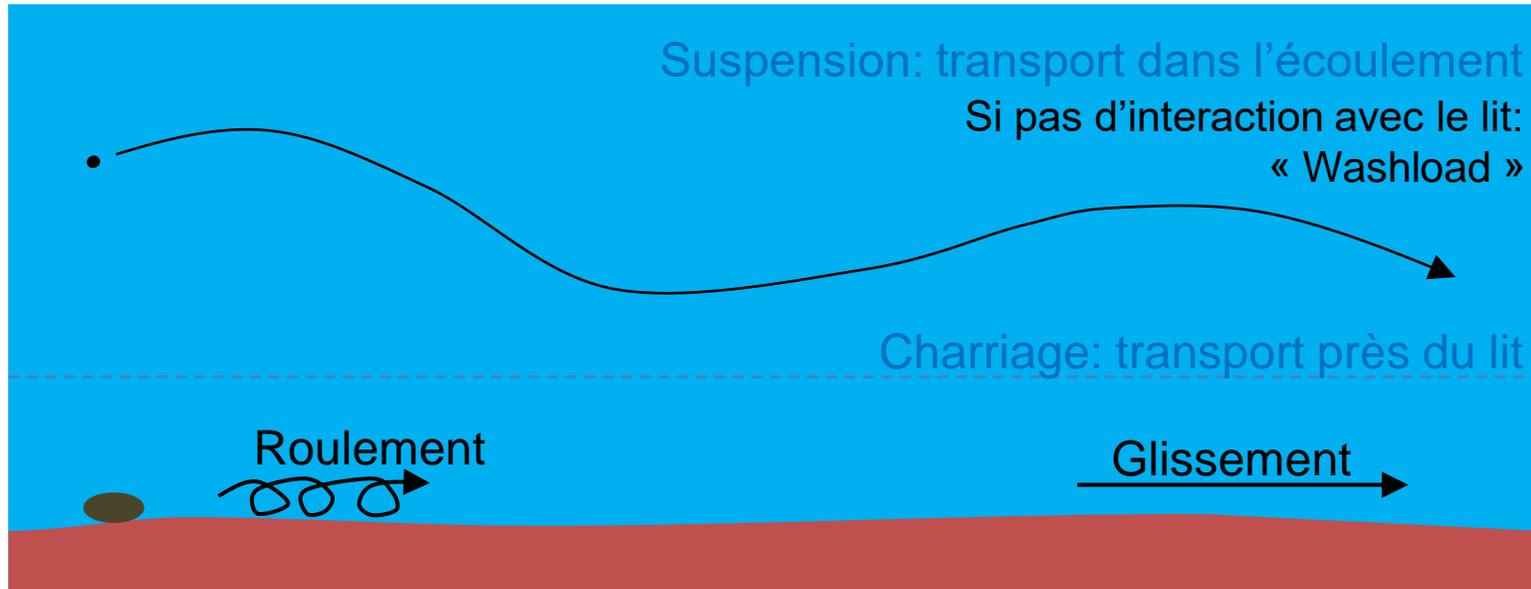
Mais! fonctionnement mal connu



Qu'est-ce que le charriage?

Quèsaco?

Le charriage= transport d'une charge de fond par les forces hydrodynamiques



[Kootenai river](#)

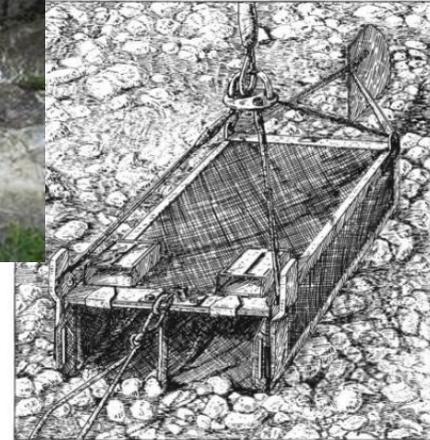
➡ A peine a-t-on commencé à parler du charriage que l'on introduit du conceptuel et de l'incertitude...

Du laboratoire à la réalité terrain : les apports de la mesure dans la compréhension du charriage
A Recking., 2017



Qu'est-ce que le charriage?

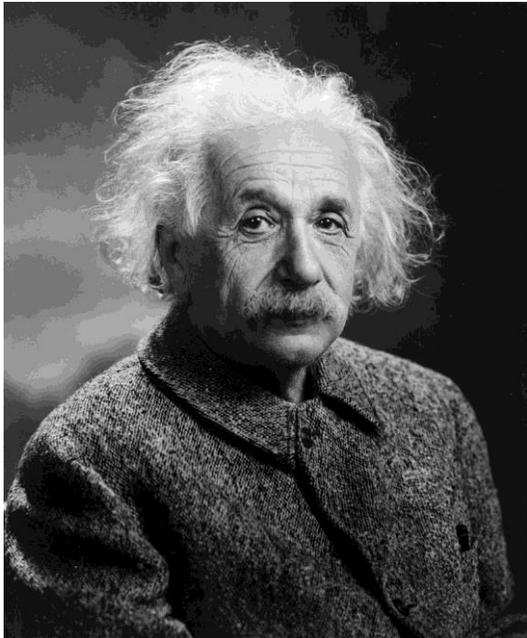
La mesure directe du charriage devient indispensable pour une bonne compréhension du fonctionnement des cours d'eau, la gestion des risques, des ouvrages, pour améliorer les modèles...



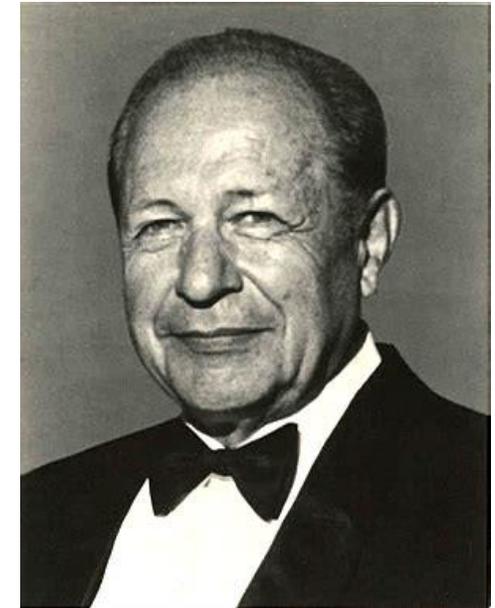
De nombreuses techniques ont été développées pour la mesure directe depuis le début du 20^e siècle, mais elle sont coûteuses, difficile à mettre en œuvre, et limitées aux petites crues (les données de transport sont inexistantes pour les grosses crues) (Recking, 2017).



Qu'est-ce que le charriage?



Une conversation qui a eu lieu il y a plus de 70 ans entre Albert Einstein et son fils aîné, Hans Albert Einstein, donne lieu à l'anecdote favorite de tout scientifique ou ingénieur travaillant dans le domaine du transport des sédiments. Au cours de cette conversation, Hans a fait part à son père de son intention de mener des recherches sur la mécanique du transport des sédiments. Albert avait travaillé dans ce domaine, notamment sur la décantation des sédiments, et il conseilla à son fils de ne pas poursuivre d'études dans ce domaine, car il estimait que le transport des sédiments était un sujet si difficile qu'il était intraitable. Comme beaucoup de bons fils avant lui, Hans a ignoré ce conseil, et est devenu l'un des éminents scientifiques qui ont contribué à formuler la théorie et la pratique modernes du transport de sédiment.





Qu'est-ce que le charriage?

Sonde Rosetta



Voyage:

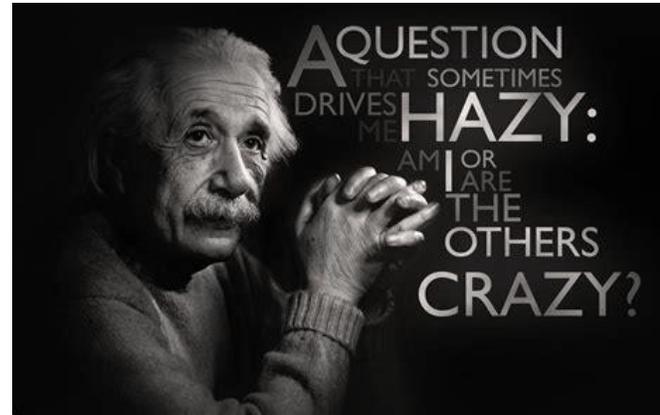
6.5 milliard km

10 ans de voyage

Atterrissage :

10 m precision (sur
cible en déplacement)

Et si Einstein avait raison?



Un caillou dans une rivière en crue



Voyage:

Dizaines de m? de km?

Minutes / Heures ?

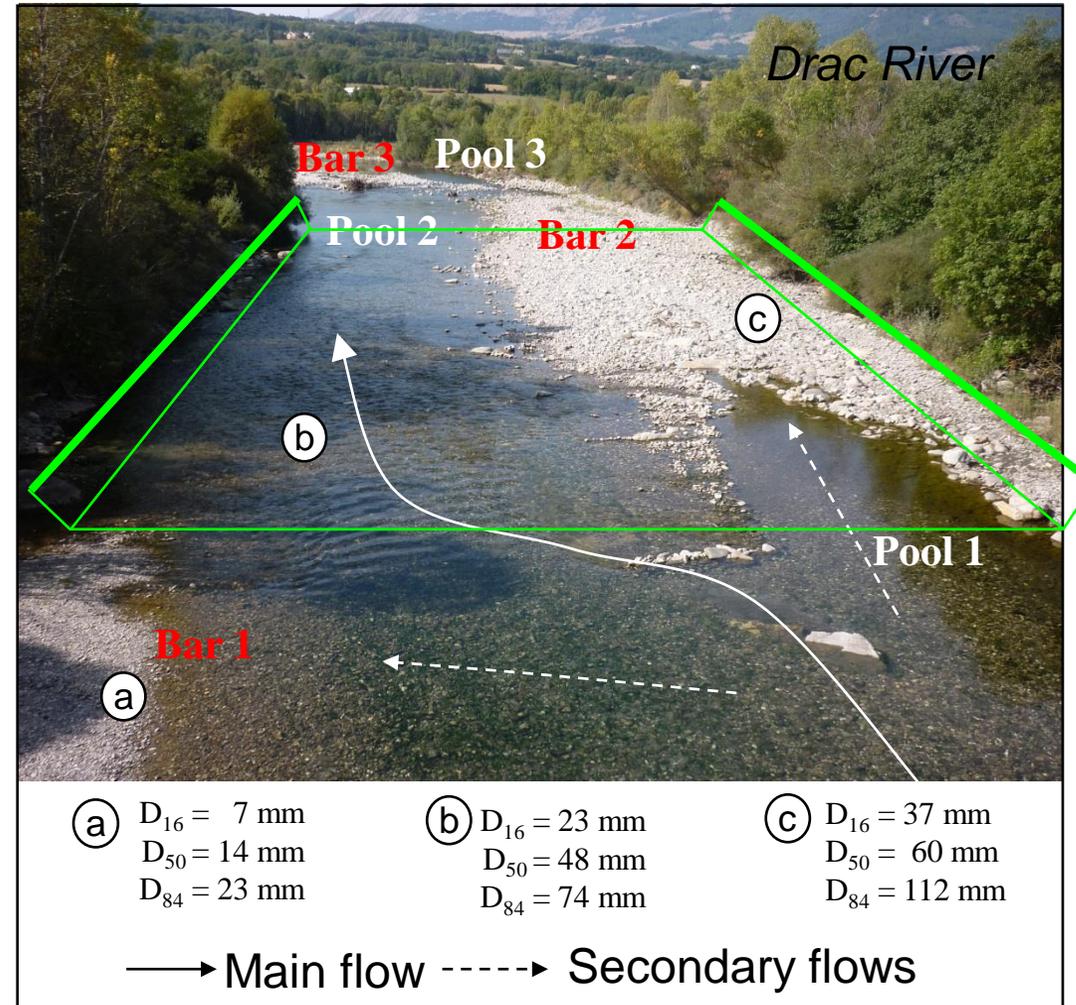
Atterrissage:

??????



Qu'est-ce que le charriage?

LA REALITE EST SIMPLIFIEE: non linéarités atténuées



ON S'EST REFUGIES AU LABORATOIRE

Géométrie contrôlée
Souvent des matériaux calibrés
Des écoulements simples

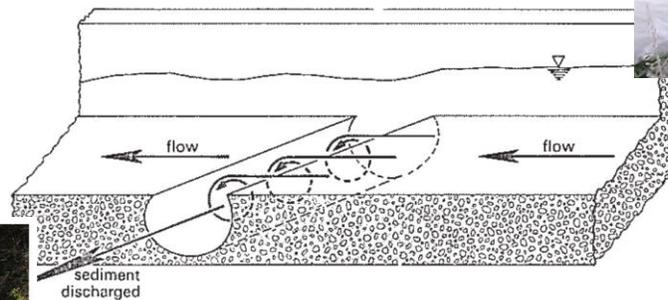
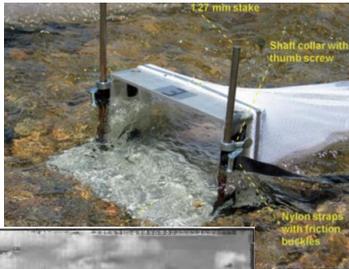
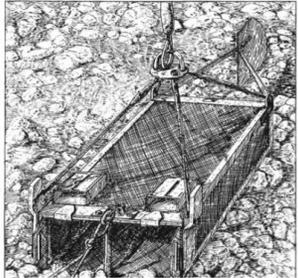


LA REALITE EST SIMPLIFIEE: les données aussi et les échelles sont effacées

Les modèles trouvent leur limite



La mesure in-situ reste indispensable, mais....



La mesure directe du charriage, étape délicate et indispensable. Les protocoles mis en oeuvre.

Levard F., Recking A. et Al., 2018



Coûteux,
Difficile à mettre en œuvre (notamment imprévisibilité des crues),
Parfois dangereux,
Et surtout limité aux petites crues...

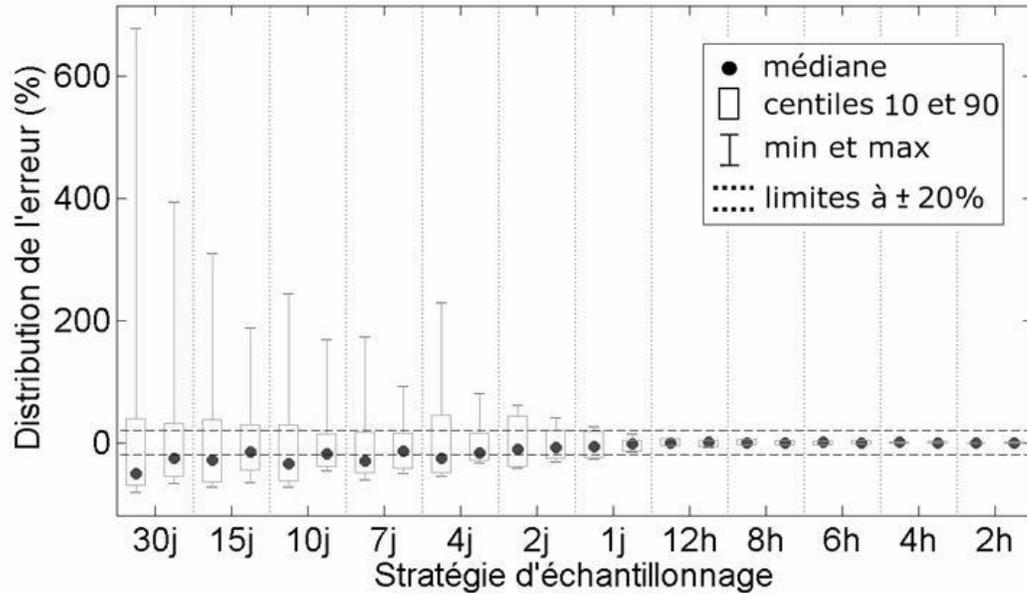
[Pêche à L'Elwha](#)

[Pêche à L'helley-Smith](#)



La mesure in-situ reste indispensable, mais....

Distribution de l'erreur en fonction de la stratégie d'échantillonnage



...Trop ponctuel

Besoin d'une mesure continue



...La turbidité ou les matières en suspension:

Un bon candidat?



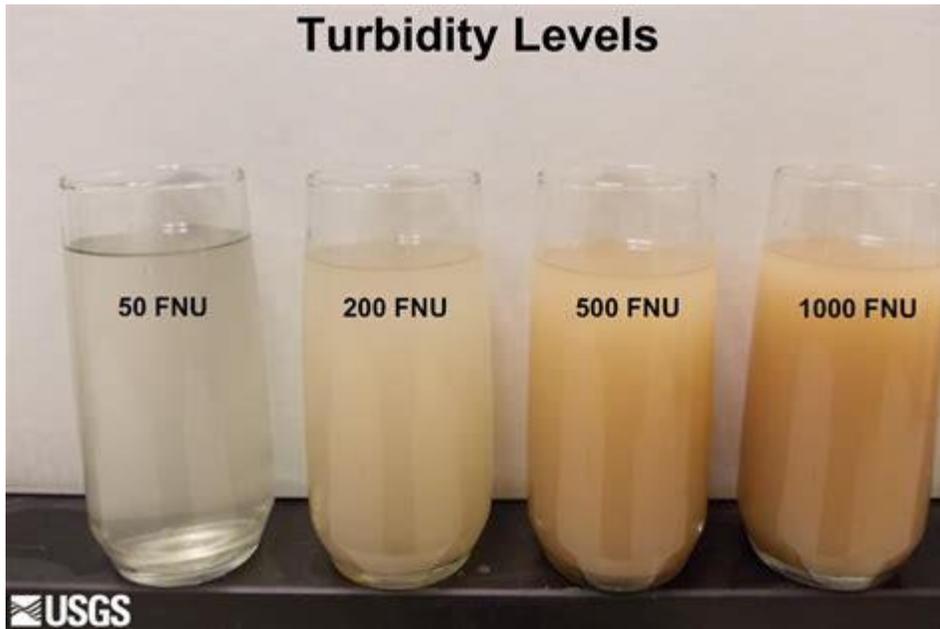
Que sont la turbidité et la matière en suspension

Turbidité et solides en suspension se réfèrent aux particules en suspension dans l'eau

TURBIDITE

La turbidité est la capacité de l'eau à laisser passer la lumière, ou l'atténuer.

NTU/NFU/FAU



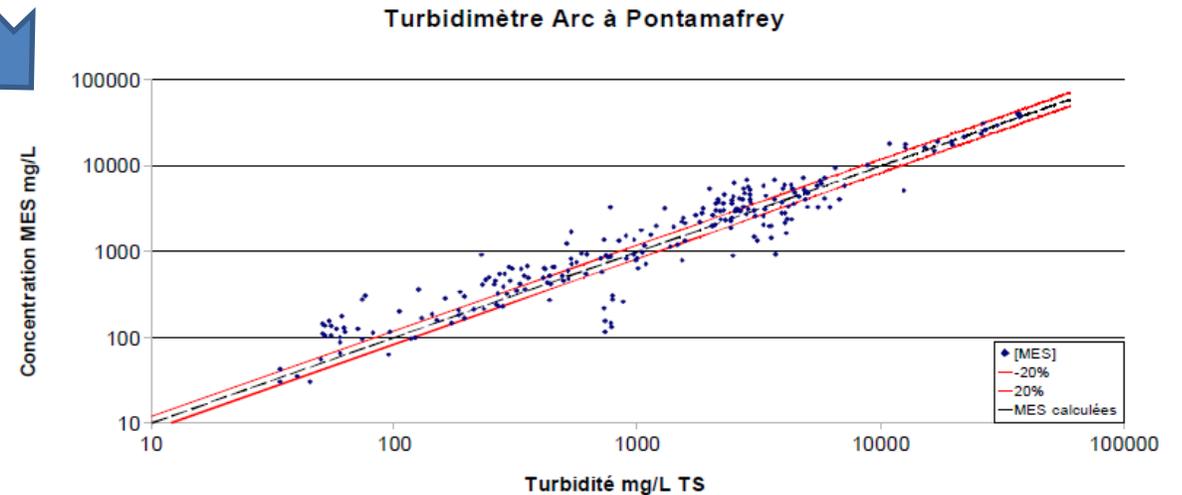
MES Matière en suspension

La matière en suspension constitue l'ensemble des particules présentes en suspension dans l'eau, organique ou minérales

Masse par volume d'eau

Mg/l, g/l, etc...

Relation très forte



Retour d'expérience LTHE - SHF sur l'utilisation de la turbidité en rivière de montagne
Némery et Al., 2018



Que sont la turbidité et la matière en suspension

D'où vient la turbidité?



Erosion glissements
de terrains



Bloom alguaire



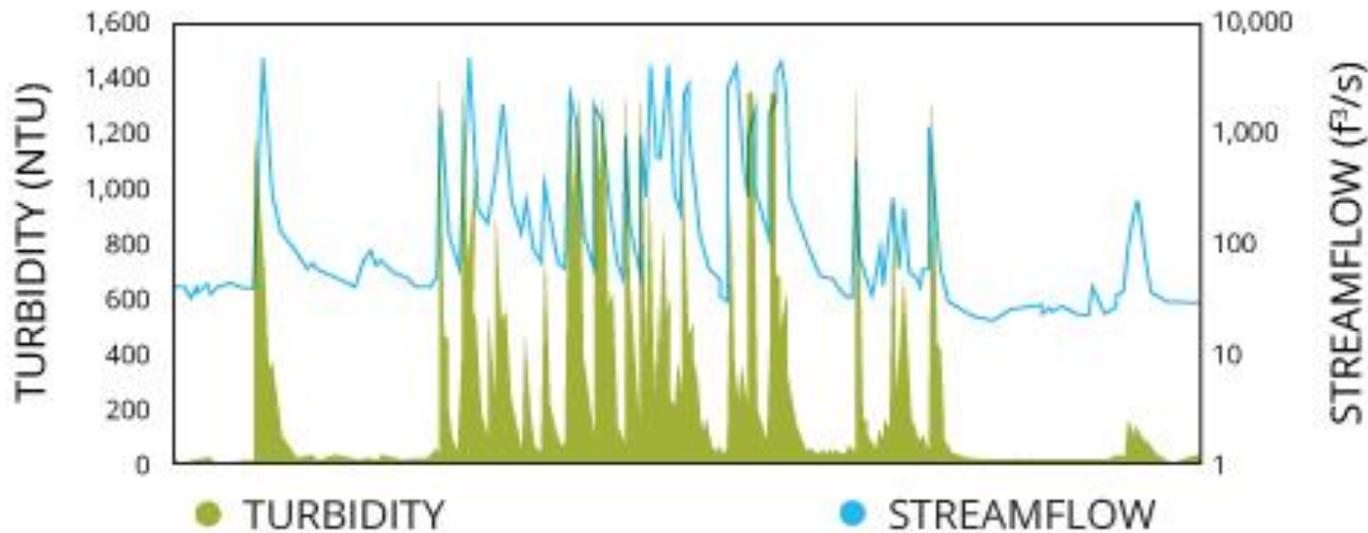
Lessivage des sols



Remise en suspension des fonds



Relation entre flux liquide et flux solide



in Fondriest.com, Environmental learning center

Situation différente selon:

- Saisonnalité
- Provenance des flux



Sans mesure:

Observation très subjective de la situation

Turbidité et MES sont donc étroitement liés à la vitesse et au débit liquide

Attention: selon l'évènement les conséquences en débit et turbidité peuvent être très différents

Pour une même turbidité ou une même teneur en éléments en suspension les débits peuvent varier

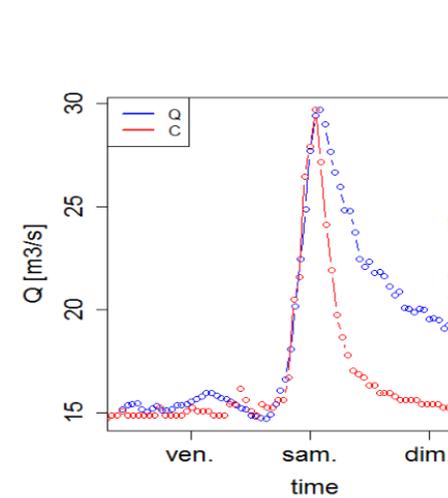


Quelle provenance?

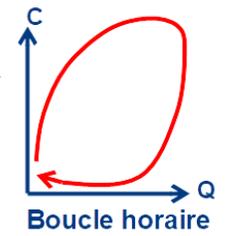
Production des versants

VS

Production du lit

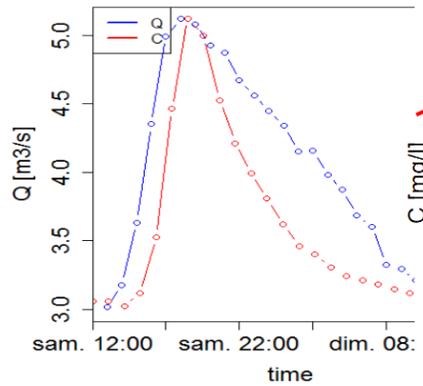


Drac amont

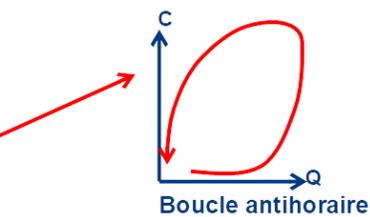


Production du lit ?

Bad-lands – Bassin de l'Asse
(col du Corobin)



Ferrand



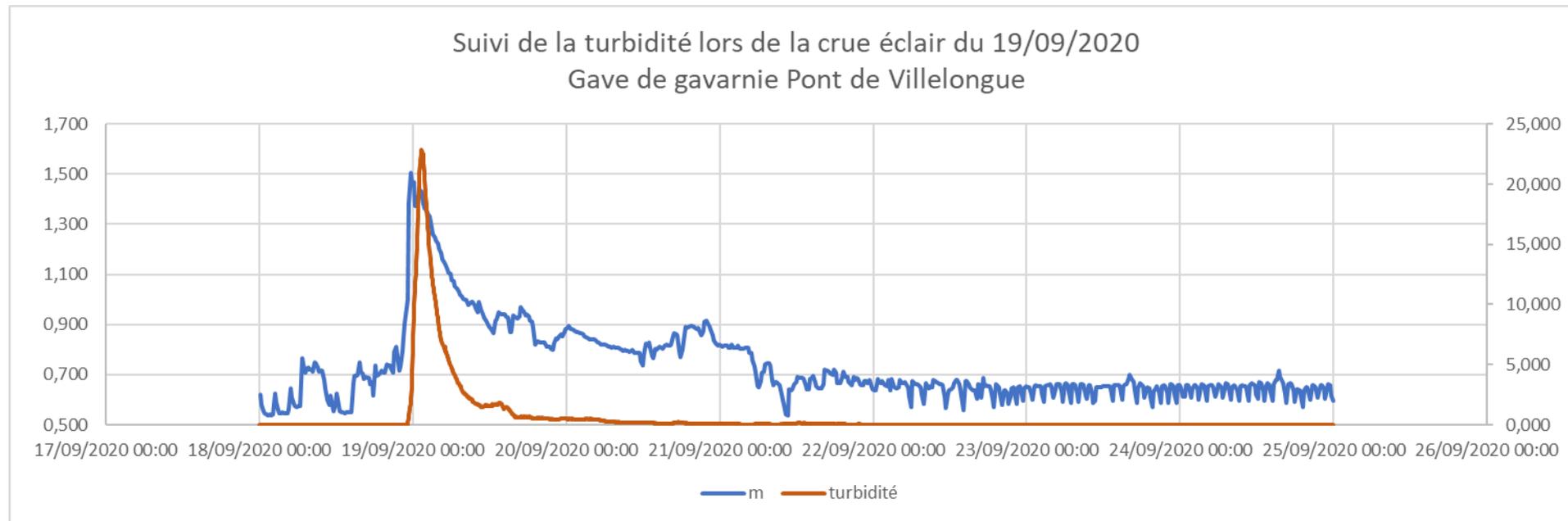
Production des versants ?

Lit de l'Arvan



Quelle provenance?

Suivi d'une station de mesure témoin sur le gave de Gavarnie Observation d'une crue éclair le 19/09/2020



Suivi réseau O2H des Gaves/ PETR pays des Gaves
F. Levard, O2H des Gaves, 2020

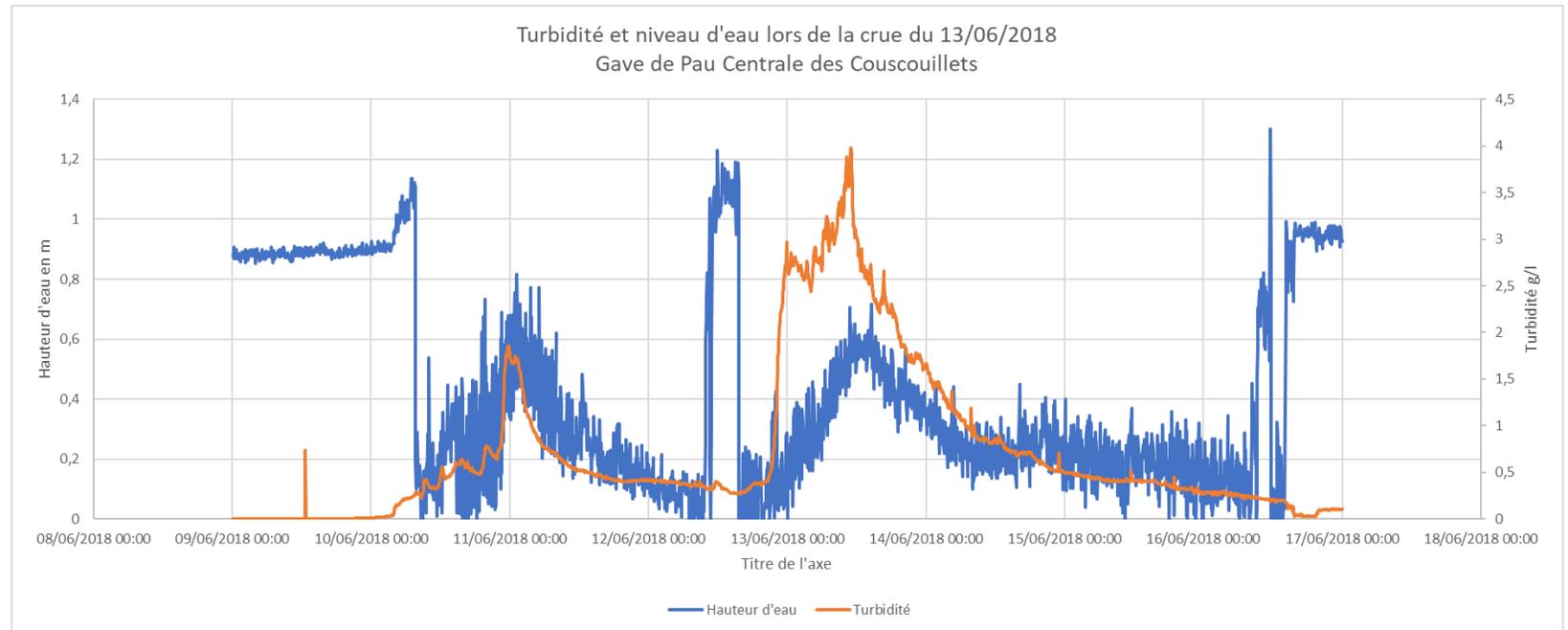
Crue soudaine sur Orage
Turbidité élevée

Montée du niveau d'eau précoce/ aux MES
Situation de lessivage avec probabilité d'apports plutôt de versants



Quelle provenance?

Centrale des Couscouillets: Mise en place d'une station de mesure témoin sur le gave de Pau Observation d'une crue le 13/06/2018



**Suivi continu MES/ Centrale des Couscouillets/
Levard F., Penalba A., Chroniques de suivi, 2018**

Crue de printemps pluie sur neige

Montée du niveau d'eau progressive mais tardive par rapport aux MES

Mobilisation très probable du lit > charriage



Conclusion et objectif de ce développement

A défaut de solution facile de mesure du transport solide, les MES et la turbidité peuvent être une bonne première approche pour apprécier le transport solide à condition de respecter:

- l'Importance d'une observation combinée continue: Niveau d'eau + MES**
- l'Analyse différentielle situation avant la crue et pendant la crue**
- Effectuer un tarage de station avec mesure labo sur prélèvement pour recalibrer le seuil de turbidité.**

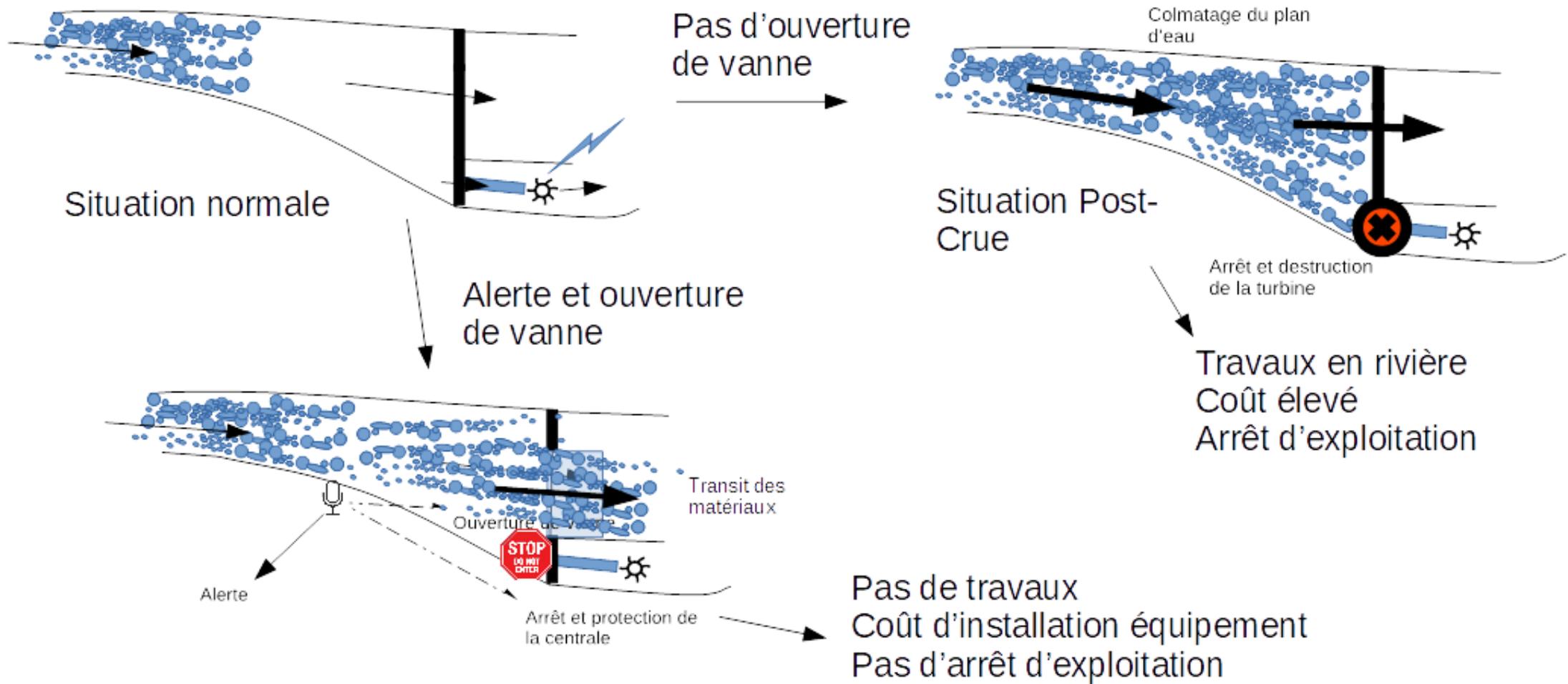
Objectif: Possibilité alors d'adapter plus objectivement son comportement de mise en défend des ouvrages en fonction de la situation.

Moyens: Mise en place d'alertes sur le paramètre MES

Aboutissement: Optimisation et amélioration de la transparence sédimentaire, limitation des comblements.



Conclusion et objectif de ce développement





TETRAEDRE FRANCE



TRANSPORT SOLIDE

TETRAEDRE®

Solutions de Télétransmission



Monitoring lors de crues

- Suivi des Matières en suspension
- Couplage au niveau d'eau
- Autonome / Télétransmission et suivi distant
- Raccordement et Transfert vers console centrale de gestion de la centrale
- Calage accompagnement dans les premières périodes de suivi

Solution autonome pour la mesure des MES (Matières en Suspension)

Gestion des impacts et de la transparence sédimentaire



-Matières en suspension MES / Turbidité

-Multiples paramètres

3G-4G/ALARMES

Affichage:

*-Plateforme de visualisation
-Transfert vers consoles de gestion*

*-Curage et vidanges de barrages
-Prévention de risque de comblement*

-Suivis et Travaux réglementés en cours d'eau



TETRAEDRE
2012 Auvernier
Suisse
+41 32 730 61 51
Sales@tetraedre.com



TETRAEDRE France
65310 Odos
France
+33 68 016 14 45
Ventes-france@tetraedre.com



WWW.TETRAEDRE.COM

Monitoring de curage et de vidange

- Matières en suspension
- Oxygène dissous
- pH
- Télétransmission et Affichage distant
- Alerte multivoies
Sms, Mail, téléphonique



TETRAEDRE FRANCE

TRANSPORT SOLIDE

Solution télétransmise de mesure du transport solide
Mesure Acoustique par Hydrophones et Géophones
Mesure des Matières en suspension

PROJET:

Développement d'une solution autonome de mesure du transport solide par acoustique passive avec traitement intégré.

Objectif: Suivre et quantifier les sédiments charriés par les cours d'eau

Application: Comprendre et améliorer la gestion du transport des matériaux sédimentaires à l'échelle d'un bassin versant. Améliorer l'efficacité de la continuité sédimentaire à l'usage des barrages

Cadre de Développement: OZH des Gaves



TRMC-TRIO TETRAEDRE

Capteurs

- Module Hydrophone
- Capteur Optique MES / Turbidité
- Module Géophone

Alimentation

batterie 12V-24Ah/ Panneau solaire

Transmission

GSM-GPRS-3G-Radio

Affichage/ Télégestion:

Plateforme d'accès internet

TETRAEDRE TDS

Projet cofinancé par:



PROCHAINE ETAPE

Objectif de développement:

Mesure directe du Charriage

Méthode:

Sismique par Géophones

Acoustique par Hydrophones

MES



Le projet:

Un réseau de stations associant 3 paramètres

Localisation

Bassin versant du Gave de Pau

Localisation

Bassin versant du Gave de Pau



TETRAEDRE FRANCE

Merci de votre attention

