


Colloque annuel du PIREN Seine, 5 et 6 octobre 2017



Suivi morphologique et sédimentaire de l'Yonne supérieure suite à la première phase d'arasement du barrage de la Pierre Glissotte

Louis Gilet - Université Paris 1; Laboratoire de Géographie Physique
Emmanuèle Gautier - Université Paris 1; Laboratoire de Géographie Physique
Frédéric Gob - Université Paris 1; Laboratoire de Géographie Physique
Clément Virmoux - Université Paris 1 - Laboratoire de Géographie Physique
Jonathan Touche - Université Paris 1 – Laboratoire de Géographie Physique

Pourquoi démanteler un barrage ?

- Continuité écologique et sédimentaire (DCE, LEMA, renouvellement de concessions)
- Risques de rupture en cas de sédimentation
- Pertes économiques (capacité de stockage)
- Obsolescence des ouvrages (80% en 2020 USA, Evans et al. 2000)

 Araser un barrage : projet complexe

- Cadre réglementaire contraignant, acceptation sociale
- Coût
- Risques liés à une libération massive de sédiments et aux ajustements morphologiques

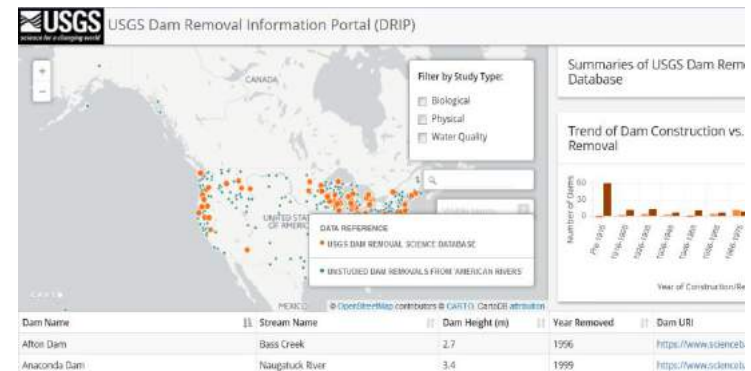
 Peu d'exemples français sur des grands barrages :

- Kernansquillec sur le Léguer (1996, hauteur : 15 m ; Derville et al., 2010)
- Saint Etienne de Vigan (1998, hauteur : 12 m), Poutès (hauteur : 17 m ; Lecuna, 2015) sur l'Allier
- Maisons-Rouges sur la Vienne (1998; 6 m de haut, Dulac et Lasserre, 1999)
- Roche-qui-Boit et de Vezins sur la Sélune (hauteur de 16 m et de 36 m ; Germaine et Barraud, 2013) ?

 Une pratique et un suivi scientifique en expansion en Amérique du Nord

- Nombreux exemples depuis plus de 30 ans (La Vallée et Rockdale dam, *Doyle et al. 2003*), Marmot dam, *Major et al., 2013*; Glines Canyon and Elwha dam, *Randle et al. 2015*).
- Mais études récentes et suivis-non systématiques (qualité de l'eau, biologie, paramètres physiques)
- 85 % des barrages < 8 m

- Les suivis scientifiques avant et après travaux sont peu nombreux (particulièrement en France)
- Malgré le nombre croissant d'expériences, encore peu de données sur l'arasement des ouvrages de grande taille + peu d'études de suivi > 5 ans
- Besoin de compiler et d'enrichir les connaissances (ex: base de données USGS)
- Chaque arasement reste une expérimentation

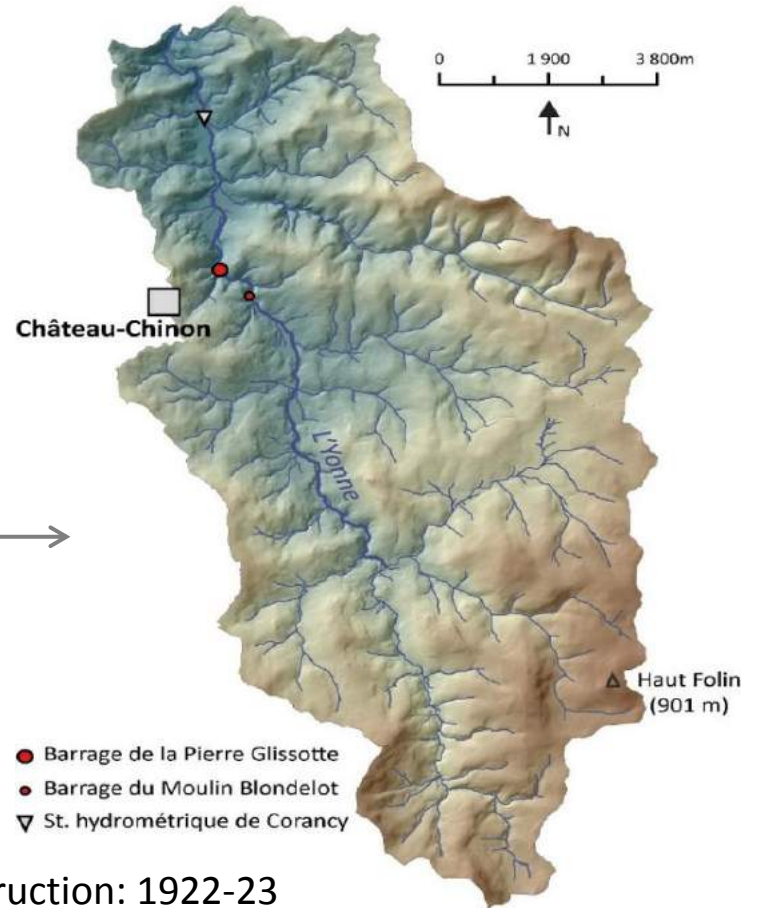
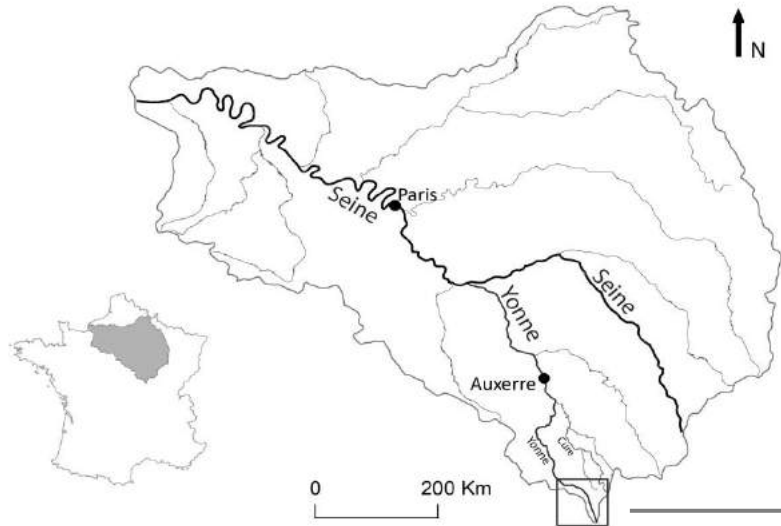


<https://www.sciencebase.gov/drip/>

Grande variabilité des réponses associées à la présence d'un barrage, il est encore bien délicat de pouvoir correctement **anticiper la trajectoire** que prendra le cours d'eau après le rétablissement de sa continuité sédimentaire.

J. Pizzuto : "Because every river and dam is different, it is hard to draw simple lessons that will apply in all situations" (in Lovett, 2014)

f (taille et âge de l'ouvrage, mode de gestion, caractéristiques hydrologiques et sédimentaires, etc.)



Construction: 1922-23

Hauteur : 7,29 m

Largeur: 47,5 m

Taille du réservoir : 40 000 m³

BV: 78 km²

Module au barrage: 2,1 m³/s

Périodes de fonctionnement : 1923-1955

1985-2005

Centrale hydroélectrique du Moulin Blondelot



Barrage et retenue du moulin Blondelot



Barrage et centrale de Pierre Glissotte



Reile, 2015

Ruisseau des abattoirs
(ventsudmorvan.org)



❑ Barrage de Pierre Glissotte: un obstacle à la continuité sédimentaire et biologique...

• L'ouvrage :

- passe à poissons inexistante
- absence d'équipement pour le transit de la charge de fond (une vanne emmurée; une vanne inopérante)



• La retenue :

- envasement/ensablement quasi-total
- accumulation de sédiments grossiers en queue de retenue



- **Tronçon aval** : pavage sur une centaine de mètres (TCC de Pierre Glissote)

❑ ...dans un contexte de forte fourniture sédimentaire

- Un stock sédimentaire dans le lit fluvial issu du flottage du bois, et encore en cours d'évacuation
- Production intense des versants (arènes), apports des affluents (Ruisseau des abattoirs...)
- A posteriori, un charriage actif sur l'Yonne



Centrale hydroélectrique du Moulin Blondelot abandonnée



Reile, 2015



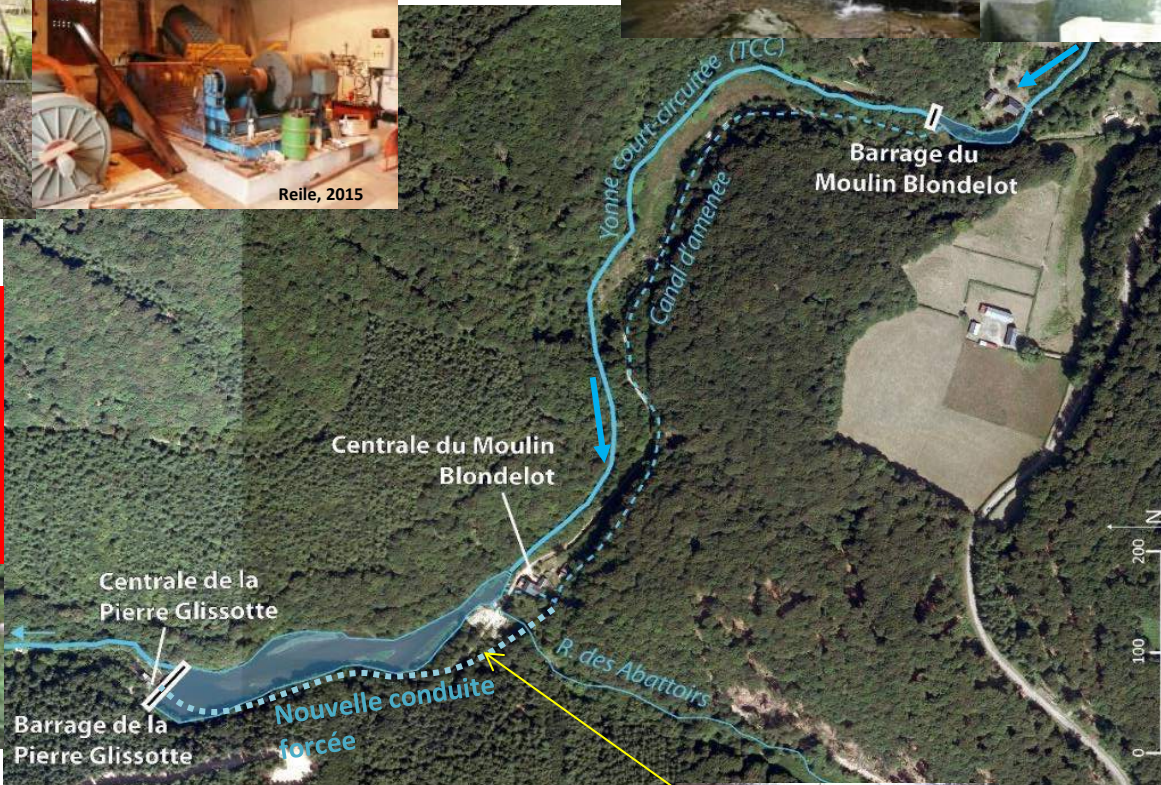
Barrage du Moulin Blondelot équipé d'une nouvelle passe à poissons

Dérivation et canal d'aménée maintenus



Nouvelle conduite forcée prolonge le canal jusqu'à la centrale de PG

Barrage de PG supprimé en 2 phases (été 2015 et automne 2017)



Centrale PG maintenue et turbines remplacées



Reile, 2015

Ancienne conduite abandonnée



Pierre Glissotte : Projet de restauration

- ❑ Un projet qui concilie intérêts économique et restauration écologique (propriétaire privé / AESN)



+



<http://www.clementblin-blog.fr>

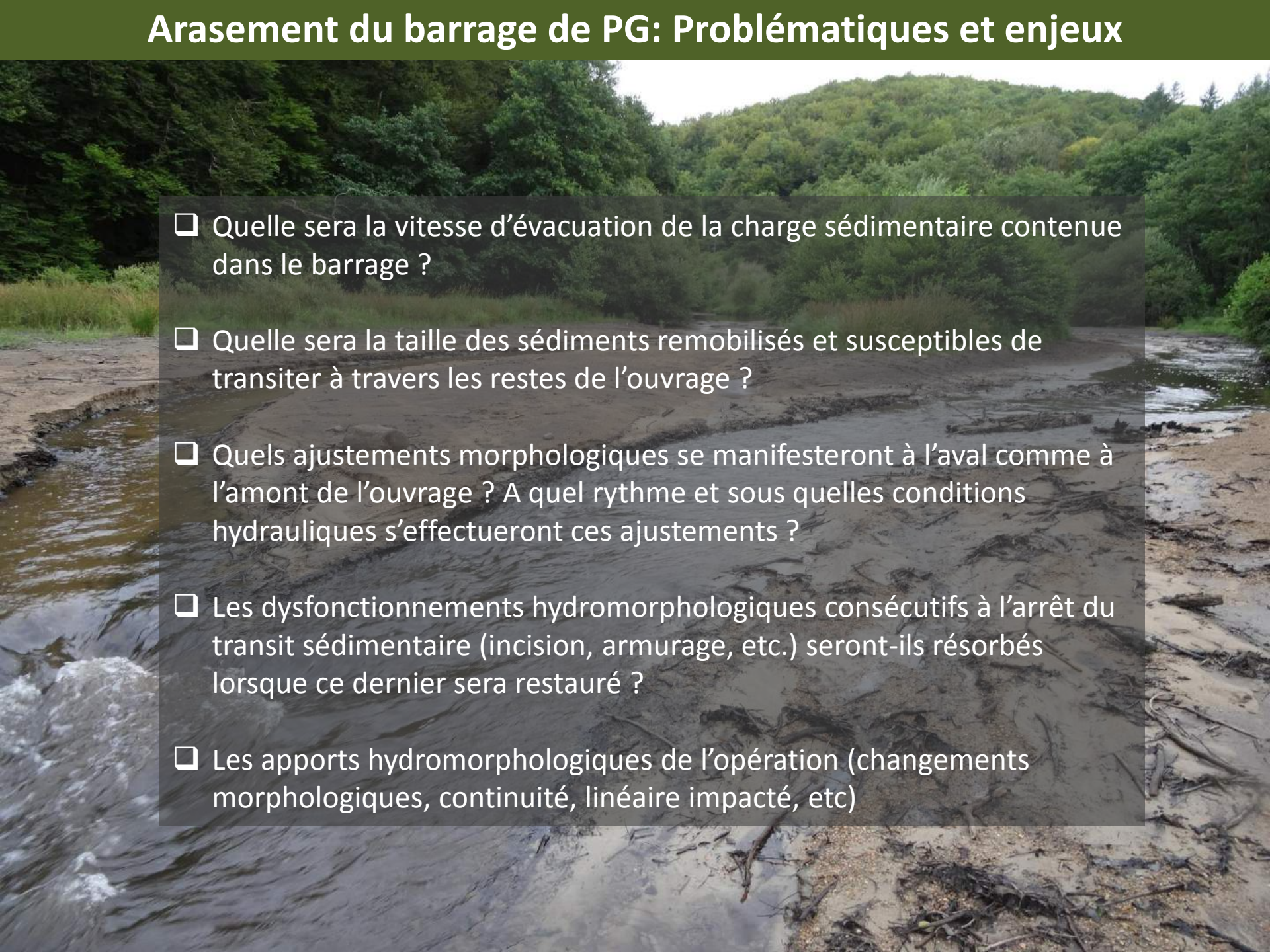
- ❑ Un suivi hydrobiologique : Bureaux d'études (Eaux continentales, cabinet Reilé) et Onema



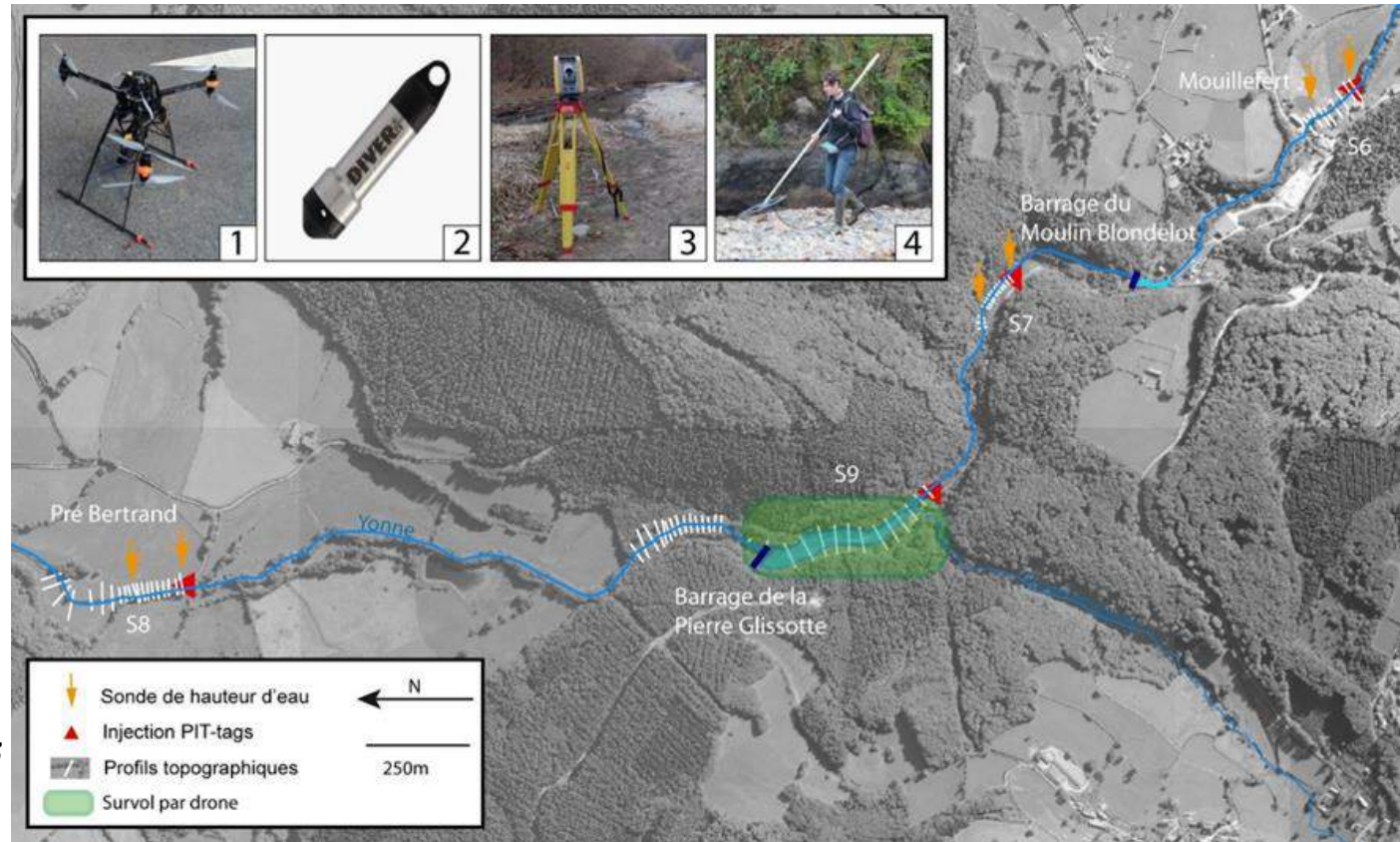
- ❑ Un suivi hydromorphologique : Université Paris 1 - PIREN



Arasement du barrage de PG: Problématiques et enjeux

- 
- ❑ Quelle sera la vitesse d'évacuation de la charge sédimentaire contenue dans le barrage ?
 - ❑ Quelle sera la taille des sédiments remobilisés et susceptibles de transiter à travers les restes de l'ouvrage ?
 - ❑ Quels ajustements morphologiques se manifesteront à l'aval comme à l'amont de l'ouvrage ? A quel rythme et sous quelles conditions hydrauliques s'effectueront ces ajustements ?
 - ❑ Les dysfonctionnements hydromorphologiques consécutifs à l'arrêt du transit sédimentaire (incision, armurage, etc.) seront-ils résorbés lorsque ce dernier sera restauré ?
 - ❑ Les apports hydromorphologiques de l'opération (changements morphologiques, continuité, linéaire impacté, etc)

- **Mesurer et comparer l'influence du barrage et de son arasement**
 - sur plusieurs km du linéaire (extension des ajustements morphologiques, vitesse de propagation de la vague sédimentaire...)
 - sur plusieurs sites avec leurs spécificités biophysiques et anthropiques



Localisation des sites d'étude et des instruments de mesure utilisés : 1. drone hexacopter, 2. sonde de pression Diver, 3. station totale Trimble S6, 4. système de détection des PIT tags .

Suivi du charriage



Traçage sédimentaire: PIT tag

Suivi hydrologique

Station
hydrométrique
(DREAL)Sondes pression
(hauteur d'eau)Mesures directes
de débits
(couranto, ADCP)

Caractérisation morphologique

- Granulométrie
- Profils en long et en travers
- Photogrammétrie



Résultats



16/11/16

Calendrier initial de l'arasement:

- Vidange été 2015 (20 juillet 2015) + 1^{ère} phase d'arasement
- 2^{ème} phase d'arasement été/automne 2017

Complication lors de la vidange ➔ accélération des travaux phase 1 : arasement 15-18 août 2015



05/08/2015



05/08/2015



05/08/2015

Ensablement et colmatage en aval



05/08/2015



05/08/2015



14/08/2015

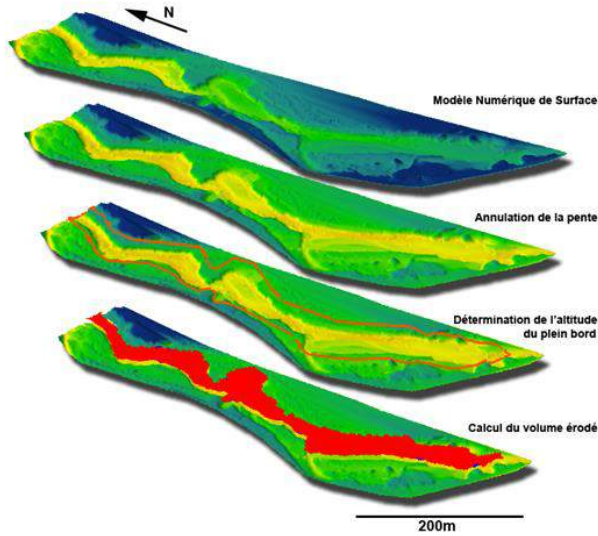
- ❑ Incision (érosion régressive) puis élargissement

Vidange: 20 juillet 2015

Arasement partiel: 15-18 août 2015

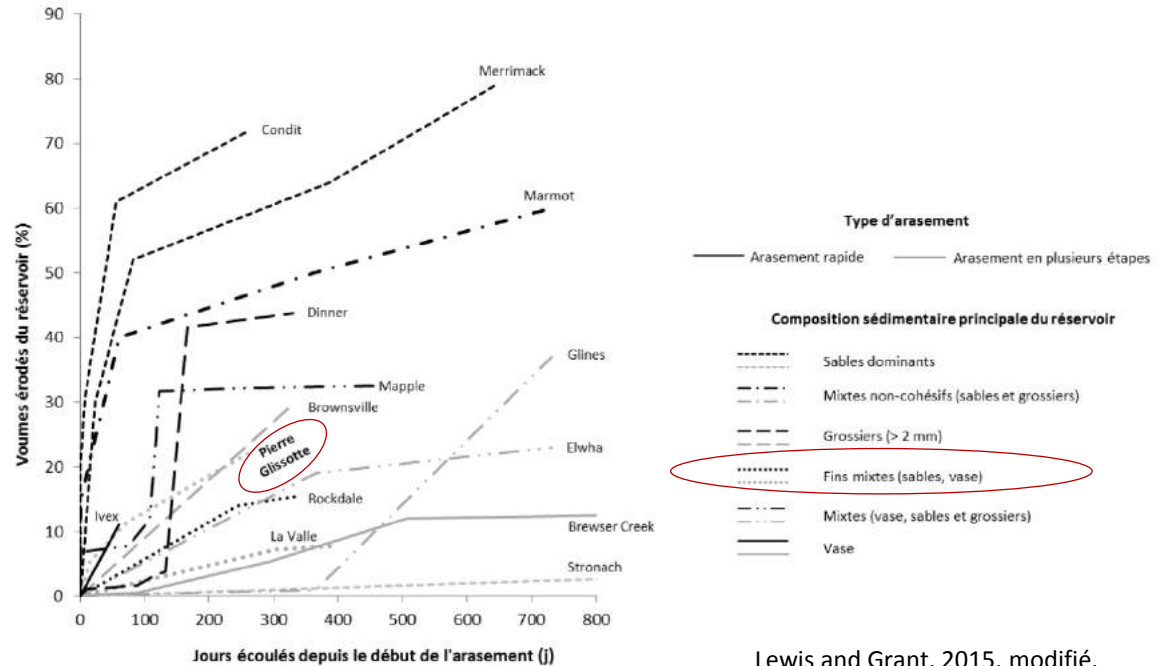


Estimation des volumes érodés



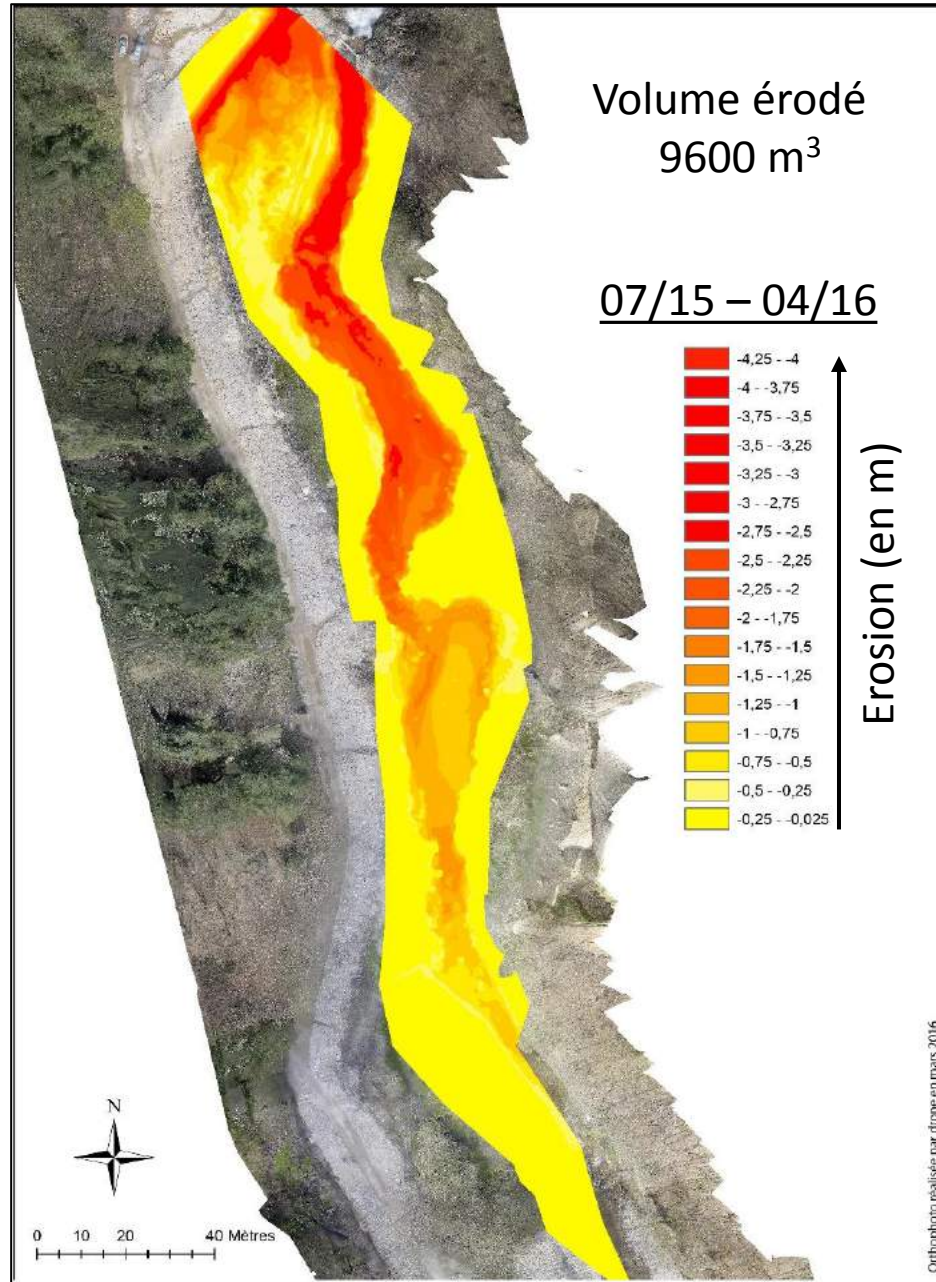
9 600 m³ de sédiments fins évacués
 - 50 % du remplissage depuis 1985 (18 600 m³)
 - 23 % du remplissage total (42 600 m³/s)

Vitesse d'érosion - comparaisons

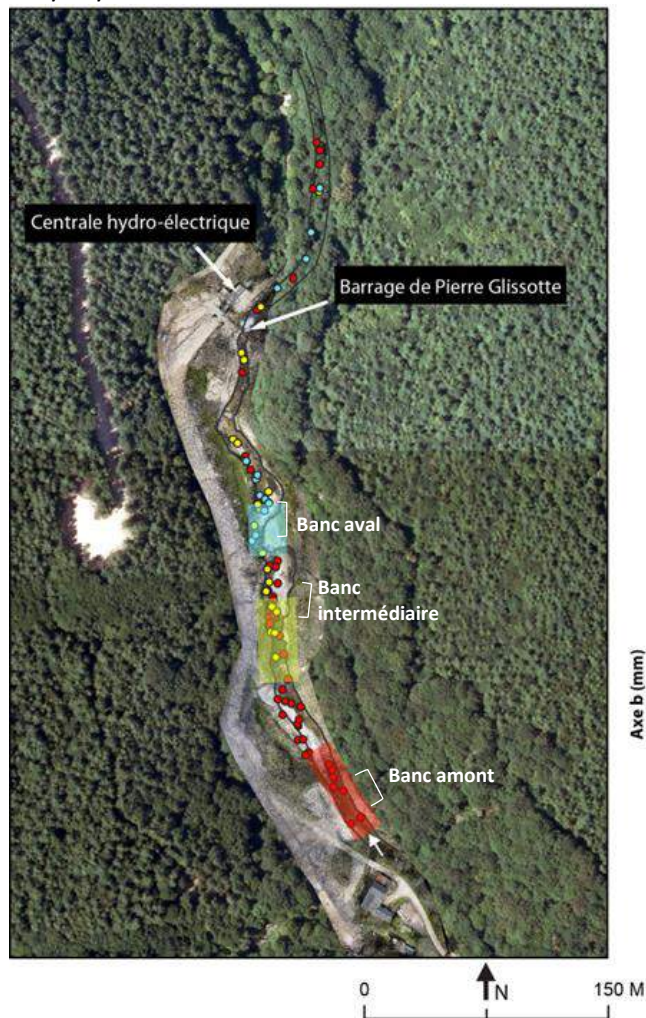


Lewis and Grant, 2015, modifié.

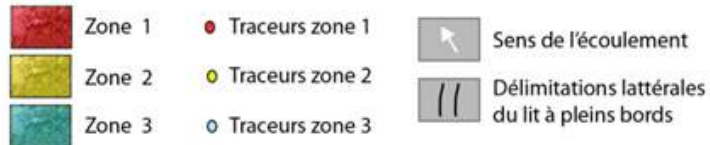
(D'après: Doyle *et al.*, 2003; Burroughs *et al.*, 2009; Straub; 2009; Walter et Tullós., 2010; Pearson *et al.*, 2011; Major *et al.*, 2013; Randle *et al.*, 2015)



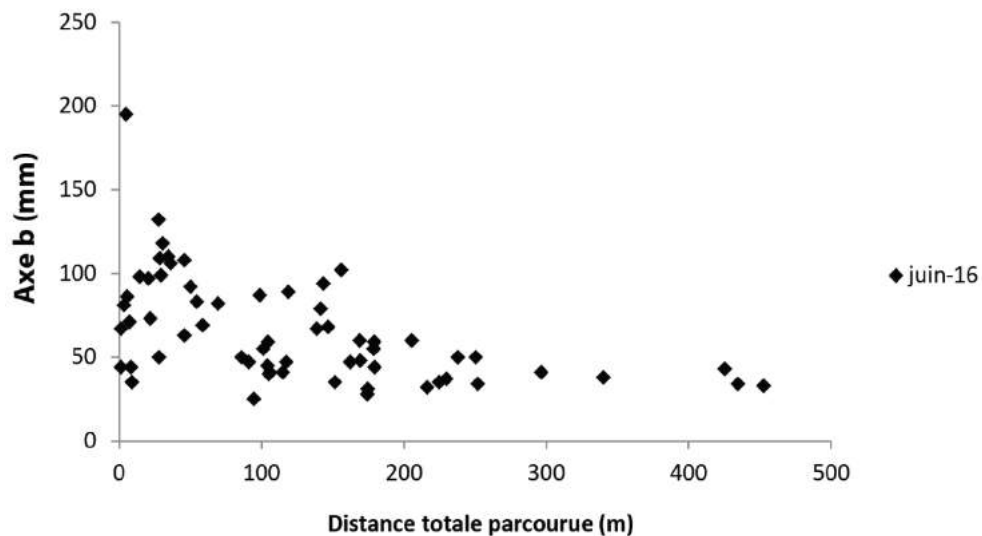
A) Dernière position connue des traceurs au 20/06/2016



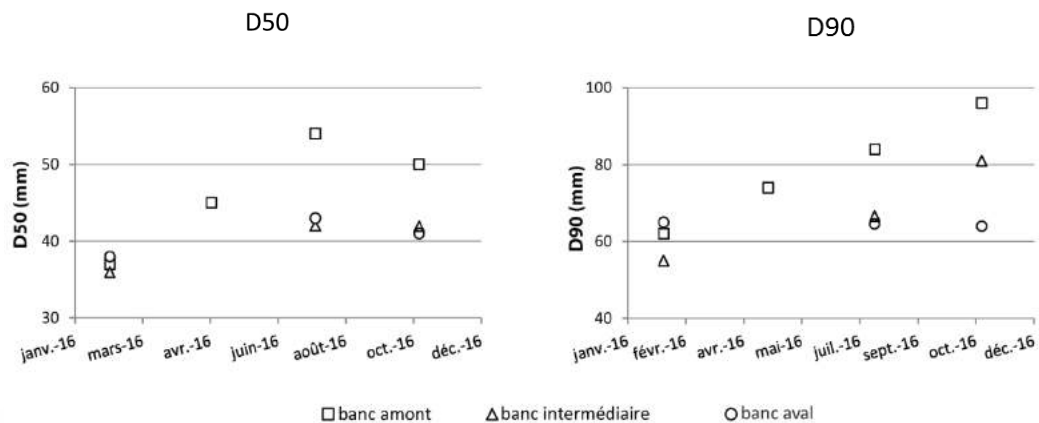
Zones d'injection et traceurs associés



B) Distances cumulées des traceurs (retrouvés au dernier relevé uniquement) entre le 18/07/2015 et le 20/06/2016



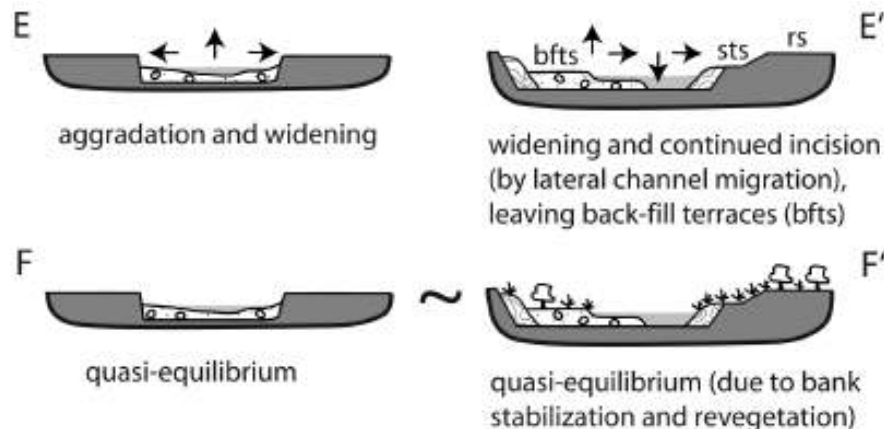
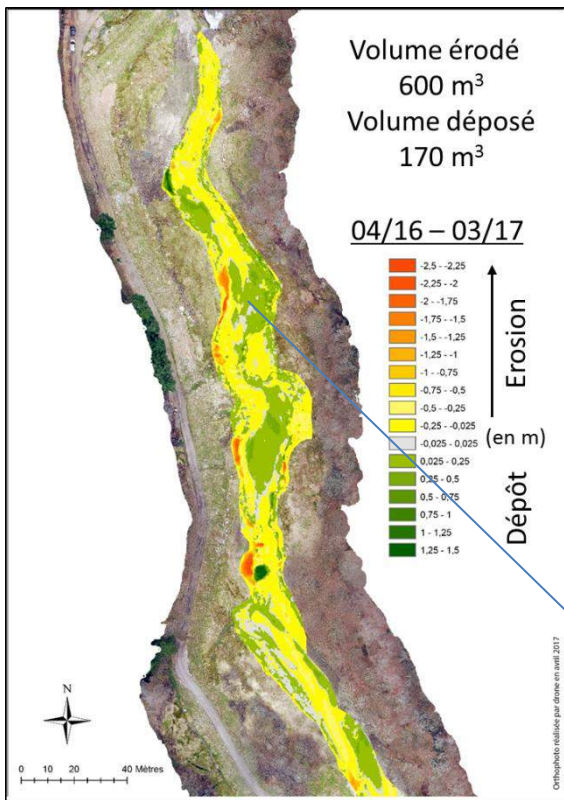
Evolution du substrat dans l'ancien réservoir



- Durant les premiers mois, une évacuation de la charge grossière sans épisode de crue = un charriage très actif dû à l'instabilité morphologique créée par l'arasement (baisse niveau de base). « Process-driven system » (Pearson et al. 2011). Jusqu'ici surtout décrit pour charge plus fine (vase et sable).

Site	Dist moy (m)	Dist max (m)	Vitesse moy (m/an)	D _i max mobilisé (mm)	Q _{cr} (m ³ /s)	Q _{cr} /Q ₂ ans
Mouillefert (S6)	61	115	40,6	148	7,4	0,50
TCC (S7)	157,9	601,9	92,9	175	6,3	0,40
Ancienne retenue (S9)	114,6	452,8	133,7	147	3,1	0,19
Pré Bertrand (S8)	77,7	291	51,8	122	7,9	0,46

- A partir du printemps 2016; stabilisation des conditions morphologiques (pente, largeur, substrat...) ➡ retour à un fonctionnement de l'activité érosive et du transport plus dépendants des conditions hydrologiques (« Event-driven system »)
- Or, 1 crue importante entre juin 2016 et février 2017 (charriage très restreint) et depuis printemps 2016 : des points durs qui « stabilisent » le lit (érosion verticale et latérale) ➡ une activité géomorphologique ralentie



Evans (2007), d'après Doyle et al. (2003, modifié)

13/01/2016



16/06/2016



05/12/2016



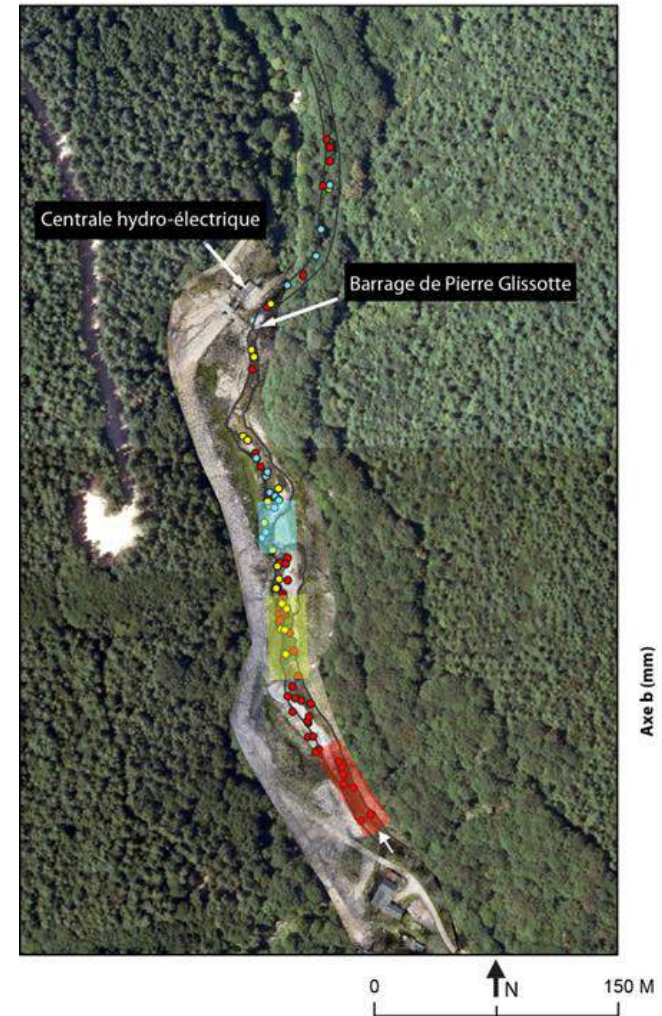
02/06/2017



- ❑ Dépôts sablo-limoneux grandement évacués avec les crues de l'automne et hiver 2015-2016

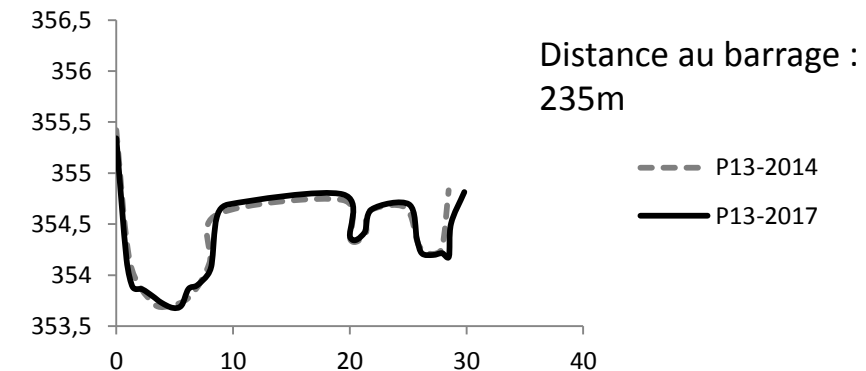
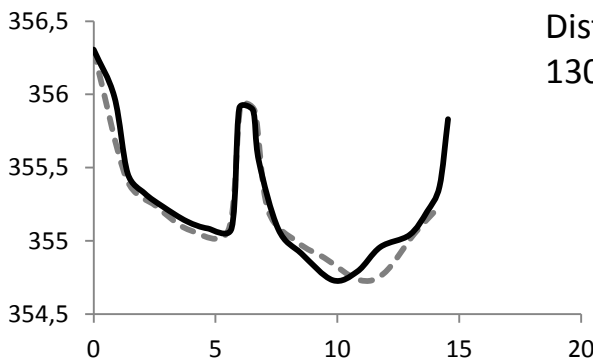
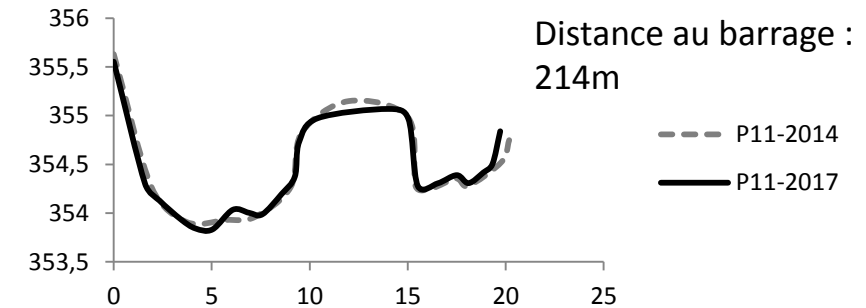
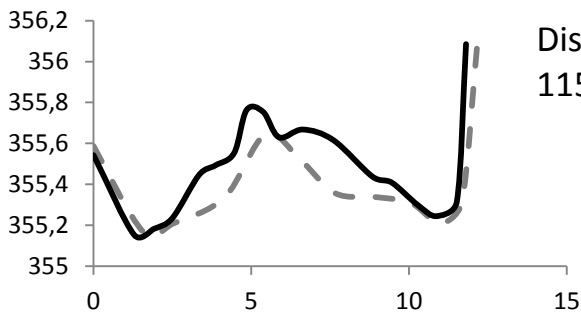
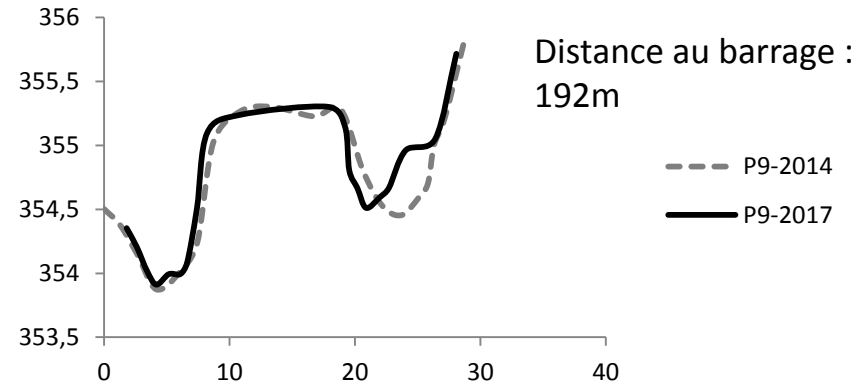
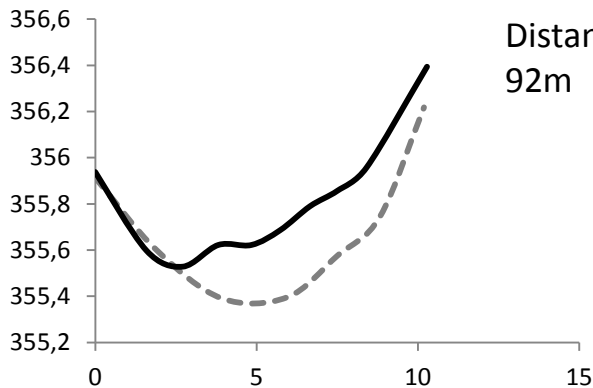


- ❑ Des traceurs qui ne semblent pas être stockés à l'aval de l'ouvrage (pente importante, enrochements de berges...)



☐ Pas de modifications importantes sur le profil en long

☐ Quelques évolutions verticales visibles sur les profils en travers



Conclusion et perspectives

1^{ère} phase de travaux:

- Réponse très rapide :
 - dégâts écologiques à court-terme
 - Faible relation avec hydrologie au départ
 - fraction fines / grossières



28/07/2015



01/10/2015

- Rétablissement en cours de la continuité sédimentaire
- Modèle d'ajustement proposé par Doyle et al (2003) et Evans (2007)
- Des facteurs de contrôle divers et évolutifs

A venir:

- Nouveaux relevés PIT tag, nouvelles campagnes de levés topographiques et nouveau survol du réservoir après la seconde phase de travaux
- Quelles réponses de la rivière à cette seconde phase ? Des conditions différentes...(points durs, végétation...)
- Vitesse d'évacuation de la charge grossière en aval du barrage ?



24/03/2016

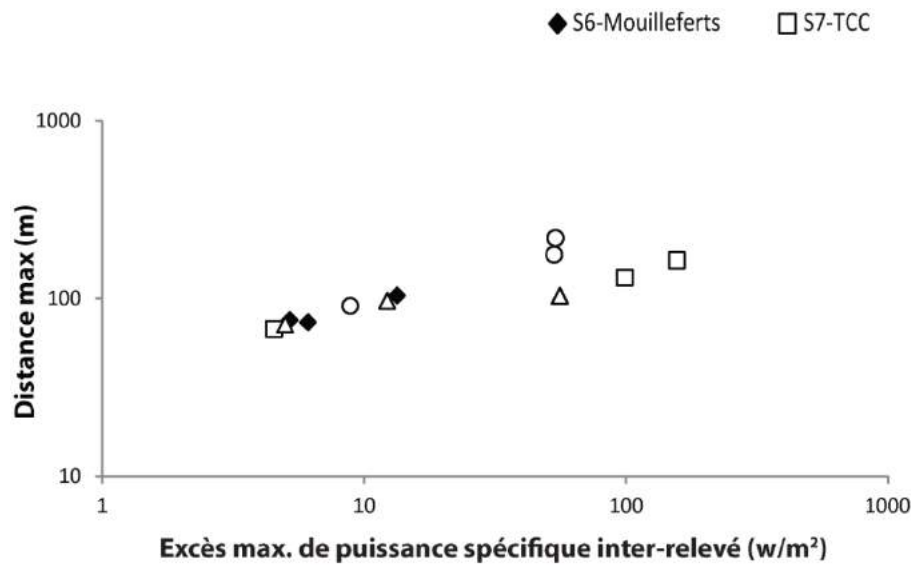
Merci de votre attention

PiREN
Seine

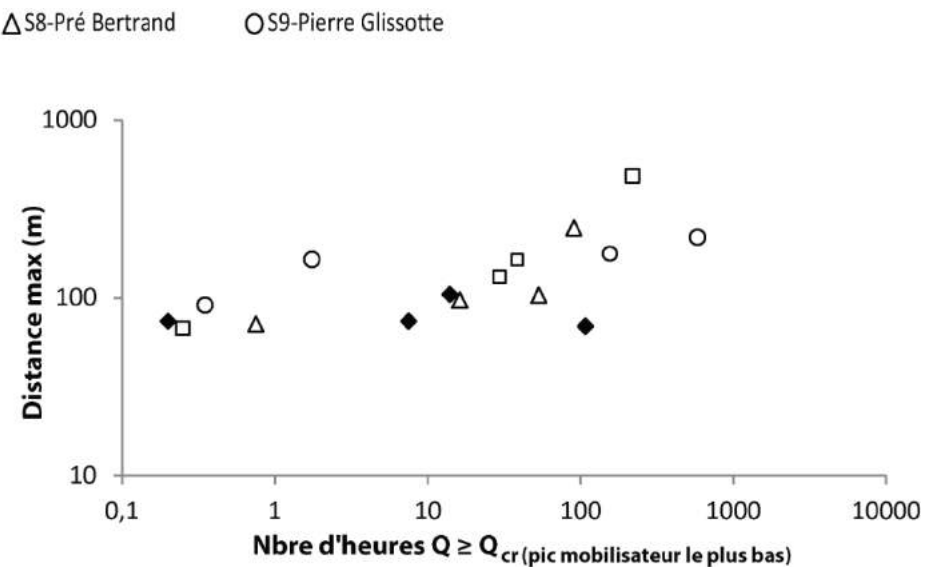




A-Distances max vs excès de puissance ($\omega_{max} - \omega_{cr}$)



B-Distances max vs durée de dépassement du débit critique ($Q - Q_{cr}$)



- Influence limitée des conditions hydrologiques sur le transport peu de temps après le début des travaux
- Questionnement sur conditions critiques en contexte d'arasement (vague sédimentaire, géométrie du lit en ajustement continu...)

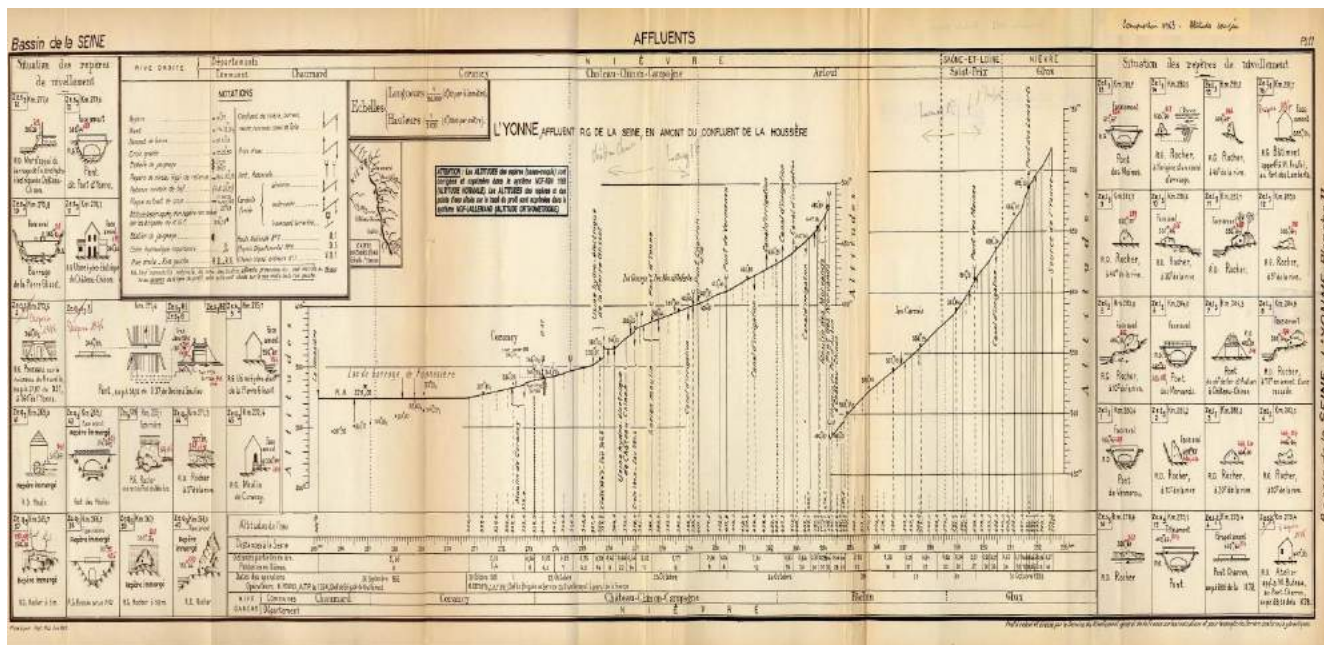
Suivi hydro-sédimentaire + Caractérisation morphologique

Plusieurs temporalités à intégrer :

1- Impacts de la présence et du fonctionnement du barrage (1923-2017)

2- Impacts de l'arasement à court, moyen, long-terme

Impacts 1 et 2 sur un lit déjà anthropisé et impacté (moulins, flottage du bois) depuis plusieurs siècles = dissocier les impacts (pressions et réponses fluviales), leur succession et interactions (historiques et actuelles)



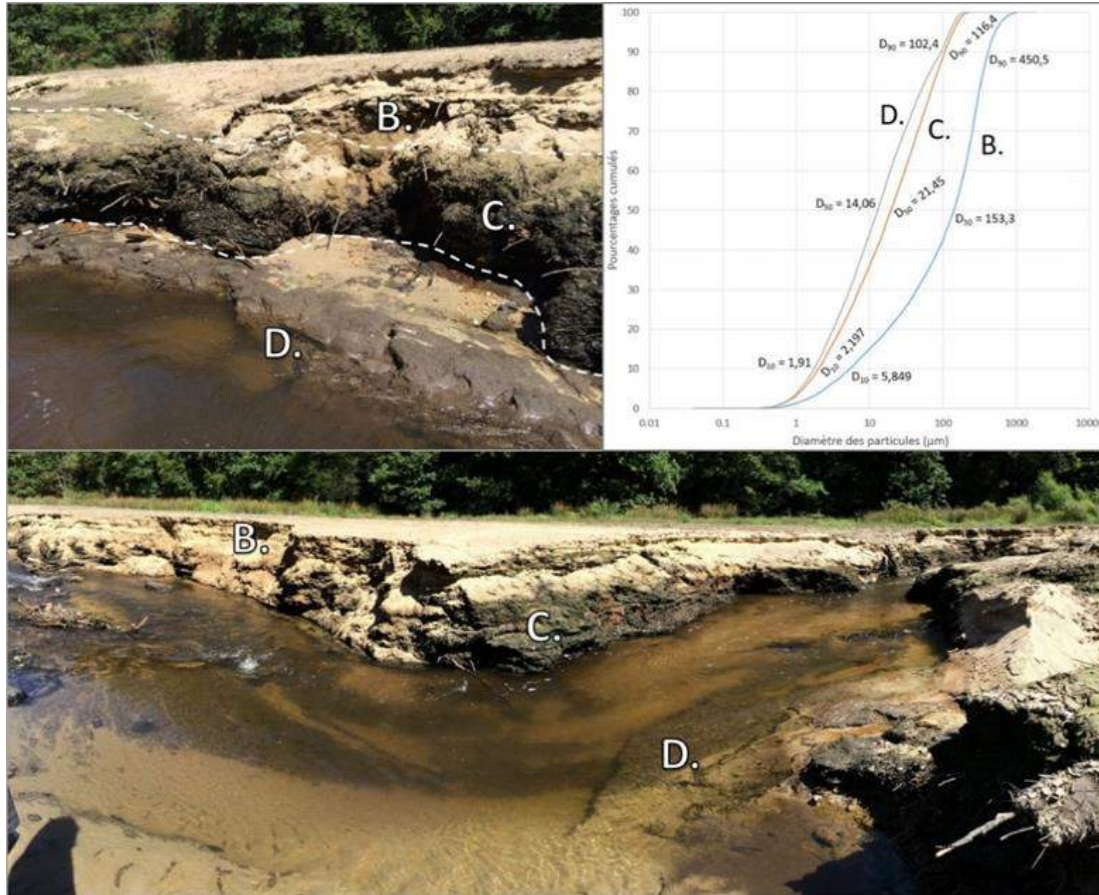
Ancien profil longitudinal de l'Yonne levé en 1933 (Service des grandes forces hydrauliques)



Carte postale ancienne (estimée début XXe siècle) – site de la Pierre Glissotte

Depuis 1985 (remise en fonction):

- ❑ 18 600 m³ accumulés dans la retenue depuis 1985 :
 - 11 160 m³ (60 %) de dépôts vaseux riche en MO
 - 7440 m³ (40%) de sables (dont 5650 m³ issu du R.Abbatoirs)

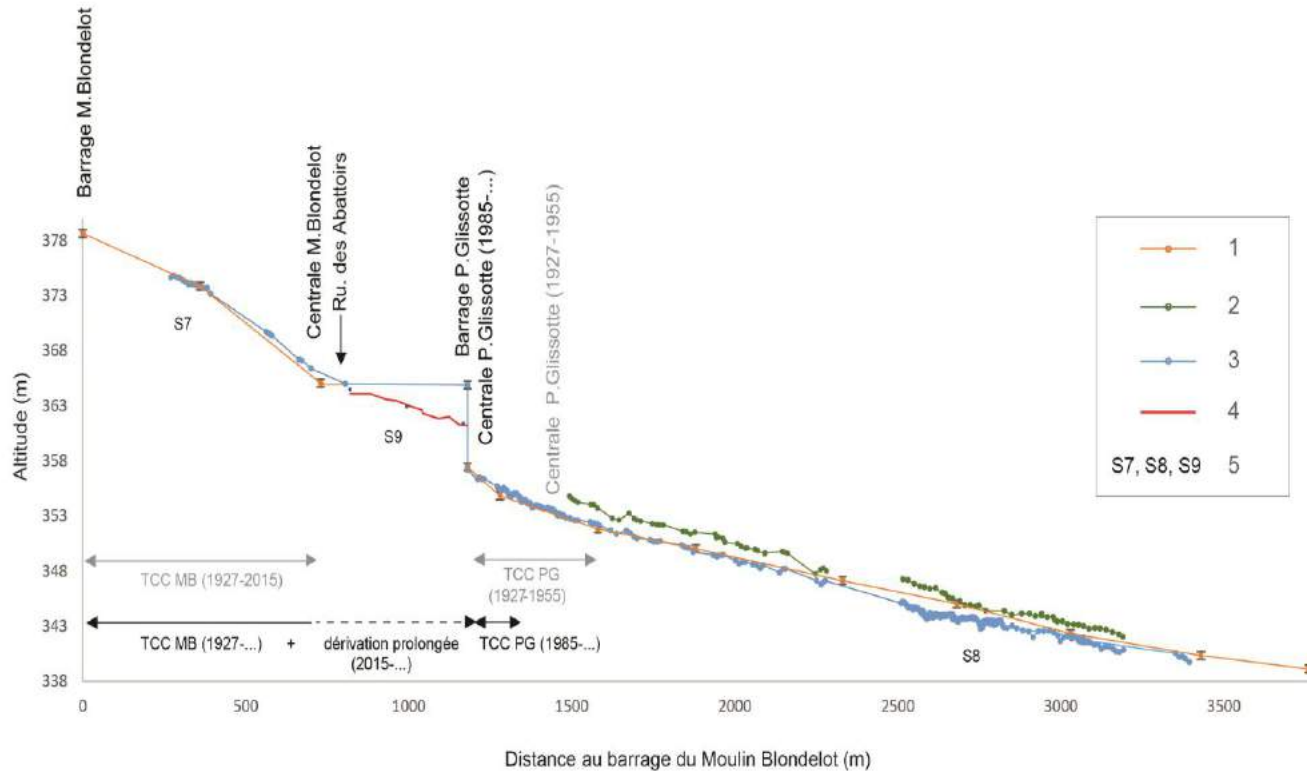


Harrache, 2013

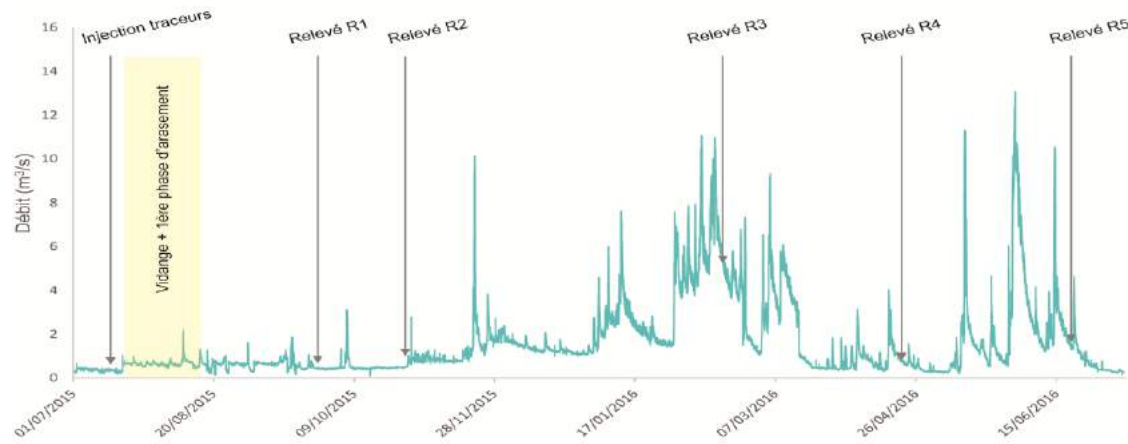
- ❑ 2300 m³ déposés en queue de retenue (alluvions très grossières)



- ❑ Pas d'incision qui serait due au barrage sur le tronçon aval (30 ans de transparence ? Vague sédimentaire issue du flottage encore présente ? Mise en place d'un pavage ?)
- ❑ exhaussement en queue de retenue (estimation des volumes déposés)



Evolution du profil en long de l'Yonne depuis 1933. 1. Surface de l'eau en 1933 ; 2. Hauteur de berge actuelle ; 3. Fond du lit actuel ; 4. Remplissage sédimentaire en 1955. 5. Sites de suivi.



R1

Dist max : 163,9

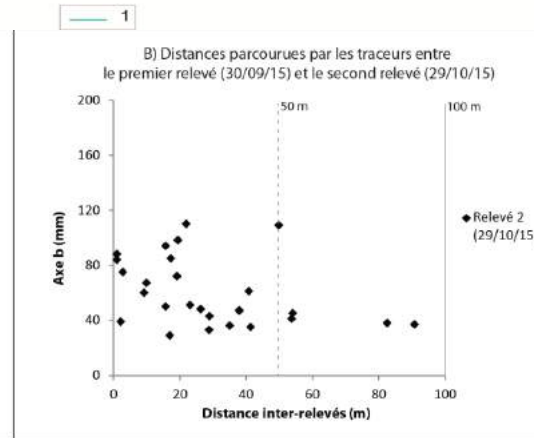
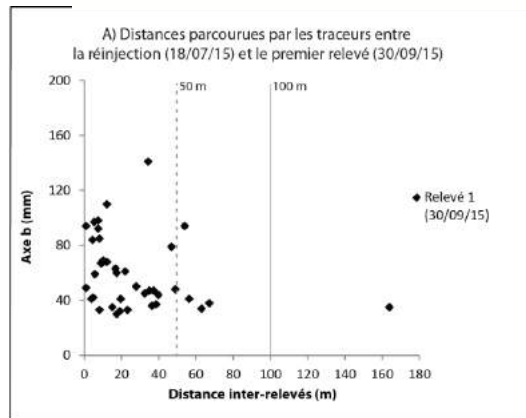
Dist moy: 26,8

Puissance max (ω/m^2):

20,8

Durée $Q > Q_{cr}$:

1h45



R3

Dist max : 219,1

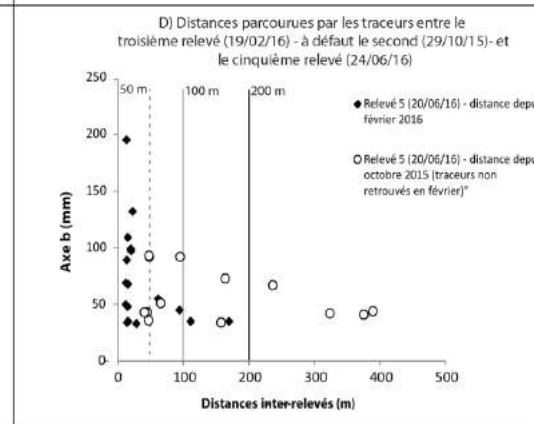
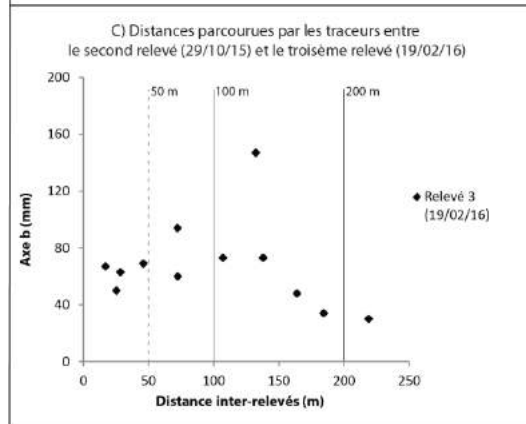
Dist moy: 100

Puissance max (ω/m^2):

74,6

Durée $Q > Q_{cr}$:

582h30



R2

Dist max: 90,8 m

Dist moy: 27,6 m

Puissance max (ω/m^2): 29,7

Durée $Q > Q_{cr}$: 4h05

R4a Février 15-juin 16

Dist max: 181,4

Dist moy: 31

Puissance max (ω/m^2): 73,9

Durée $Q > Q_{cr}$: 565h

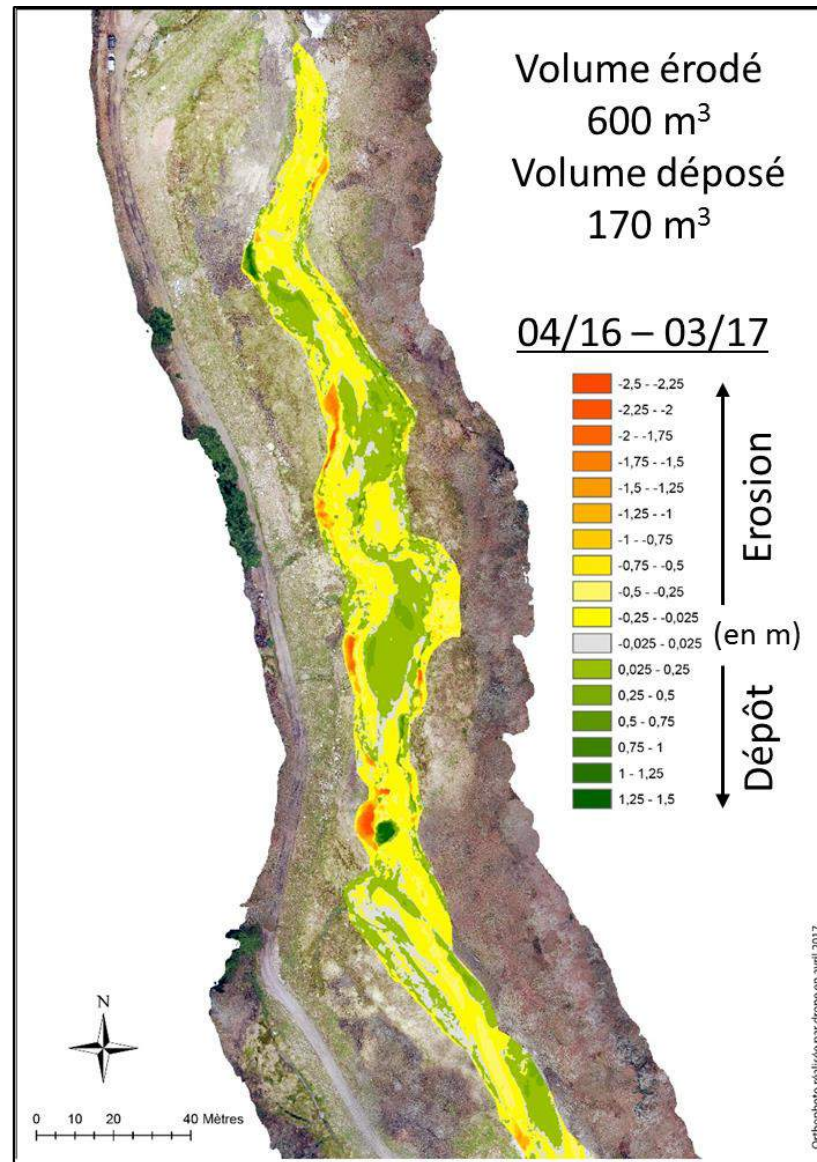
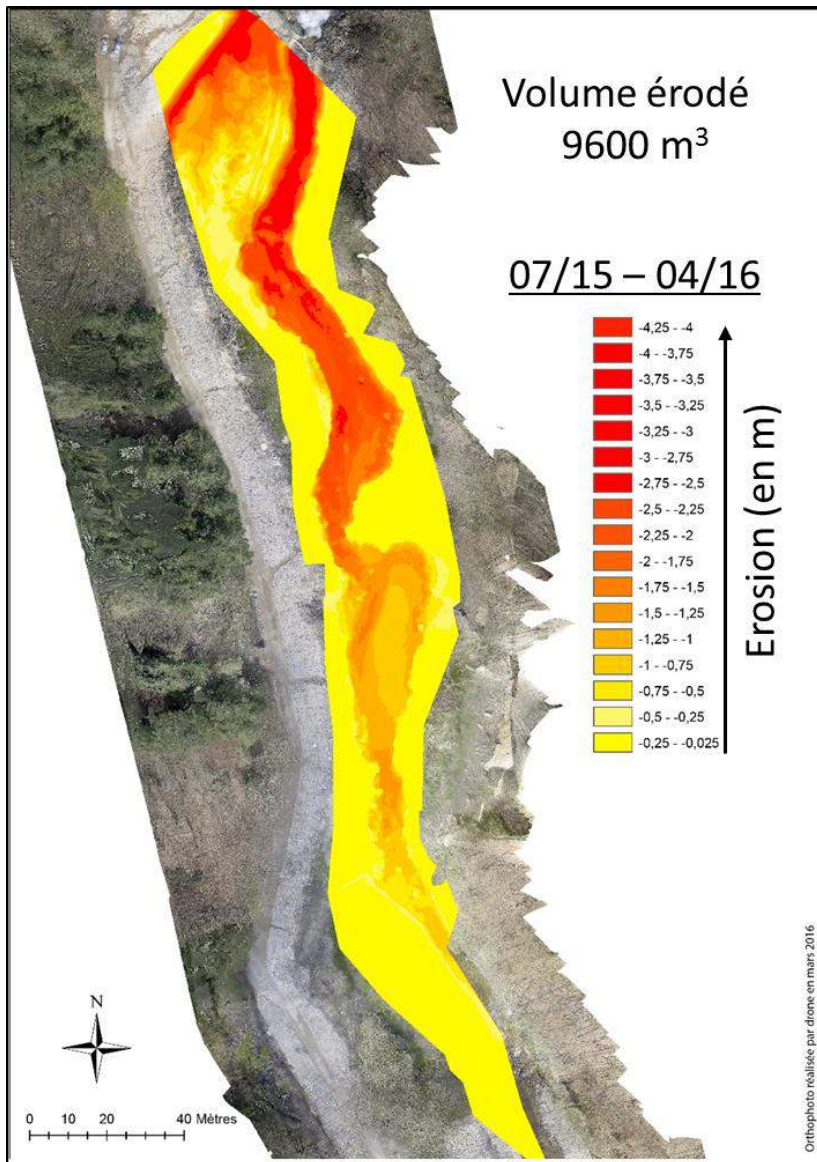
R4b octobre 15-juin 16

Dist max: 431

Dist moy: 167

Puissance max (ω/m^2): 74,6

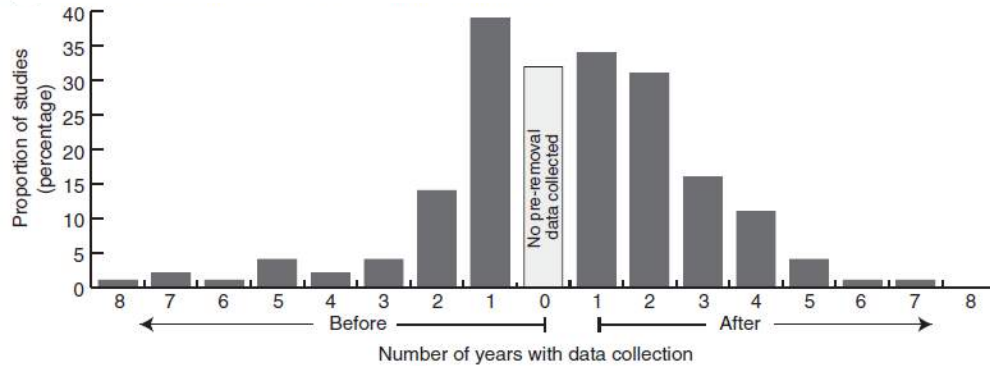
Durée $Q > Q_{cr}$: 1157h



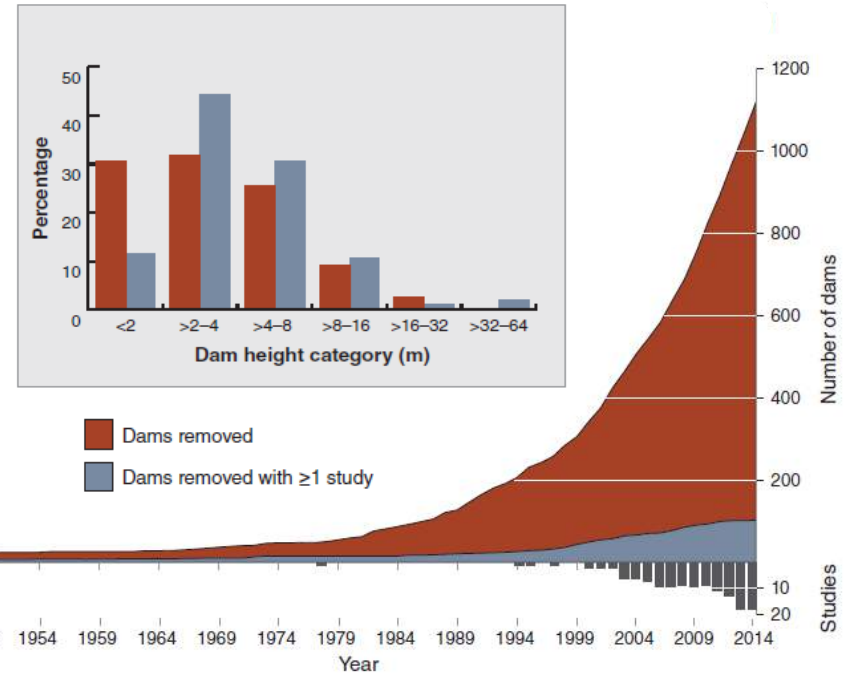
- De très nombreux exemples
- Depuis plus de 30 ans

- Suivis relativement récents et non systématiques
- 85% de barrages < 8m

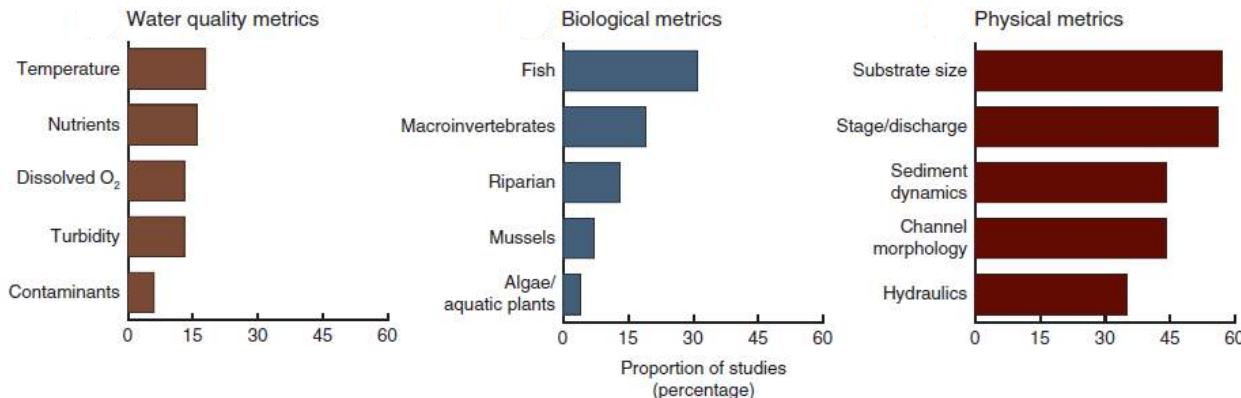
Nb d'années d'étude avant et/ou après l'arasement



Bellmore et al. (2017)



Type d'étude menée autour des arasements



Fréquence cumulée des arasements et nb d'études de suivi