

# Avancées sur la connaissance des effets des barrages et des seuils sur le transport solide

---

**MALAVOI Jean-René**  
EDF DPIH – Direction Développement –  
Service Eau et Environnement

Mercredi 6 décembre 2016 - Lyon



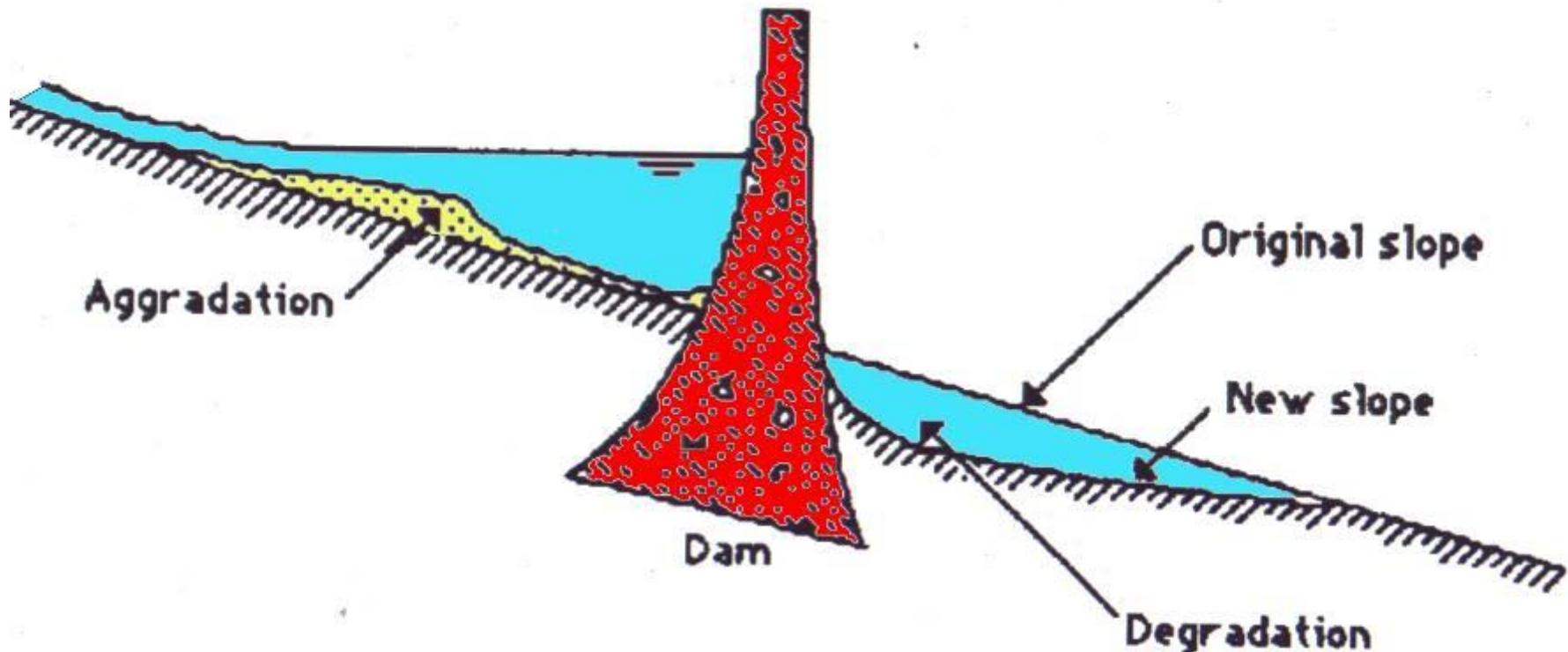
**SAUVONS  
L'EAU!**

- Généralités sur impacts TS seuils/barrages
- Comment aborder le concept de Continuité Sédimentaire
  - Evaluation de la Continuité Sédimentaire (CS) au droit des ouvrages (principalement typologie + diag. ouvrage, métrologie)
  - Evaluation de l'Etat Sédimentaire (ES) en aval
- Quelques résultats : CS – ES
- Discussion



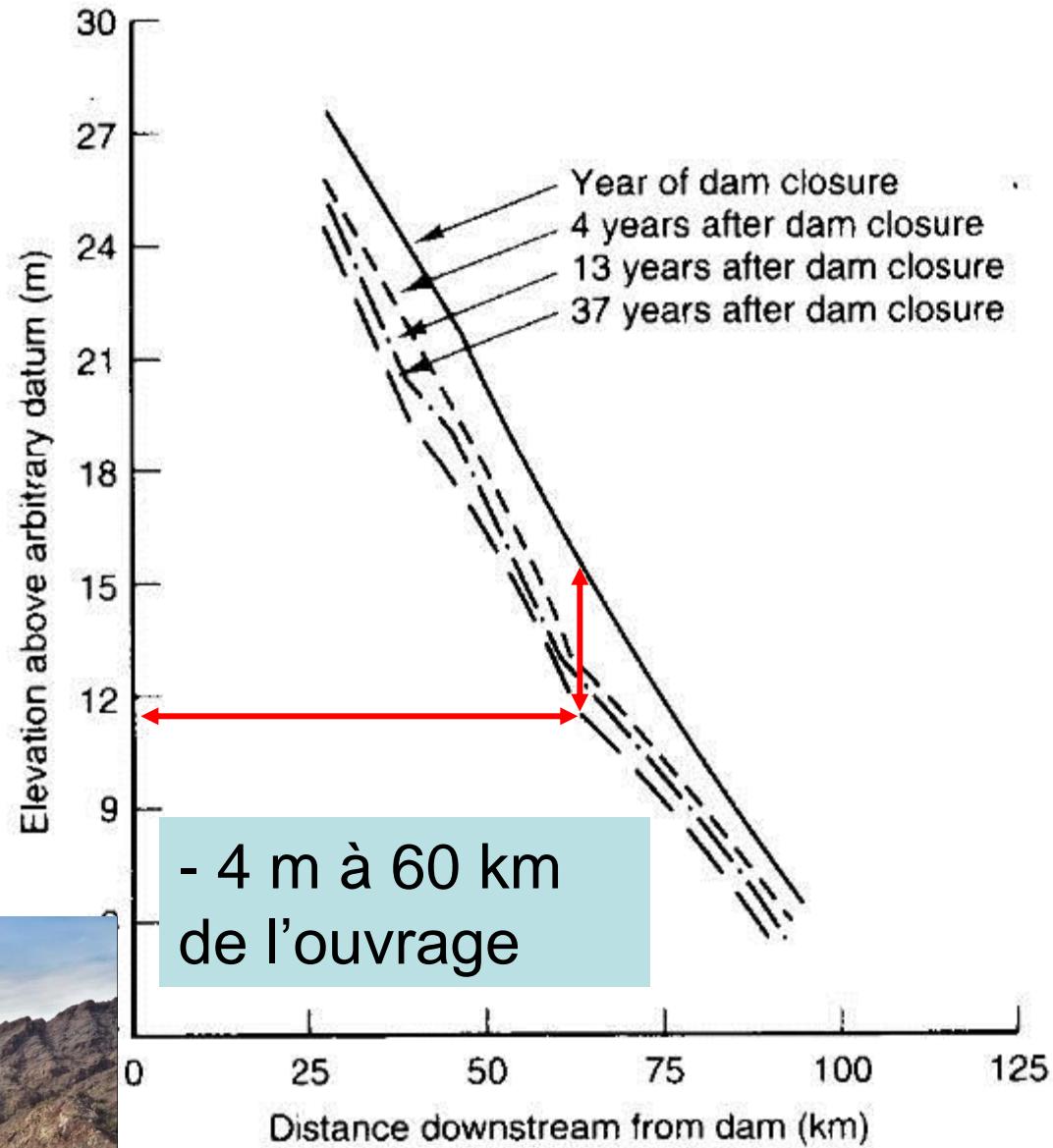
# Généralités sur les impacts des seuils et barrages sur le transport solide

# Le schéma classique : hungry water



= pente de non transport  
ou pavage

# Érosion progressive et disparition ou pavage du substrat alluvial



2 Longitudinal profile of Colorado River downstream Parker Dam at dam closure and 4, 13 and 37 years  
Source: Williams and Wolman, 1984.)

# Métamorphose fluviale

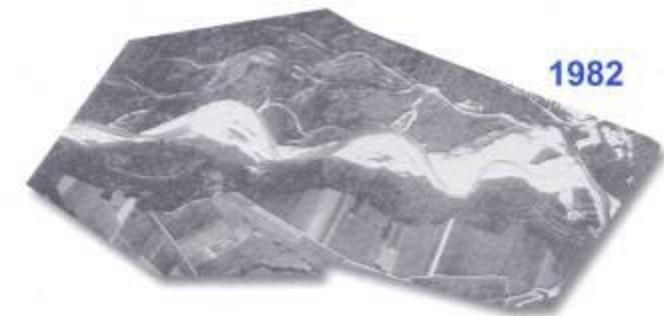
(l'Isar à Ascholding).  
Aval bge de Sylvenstein (1959)



1925



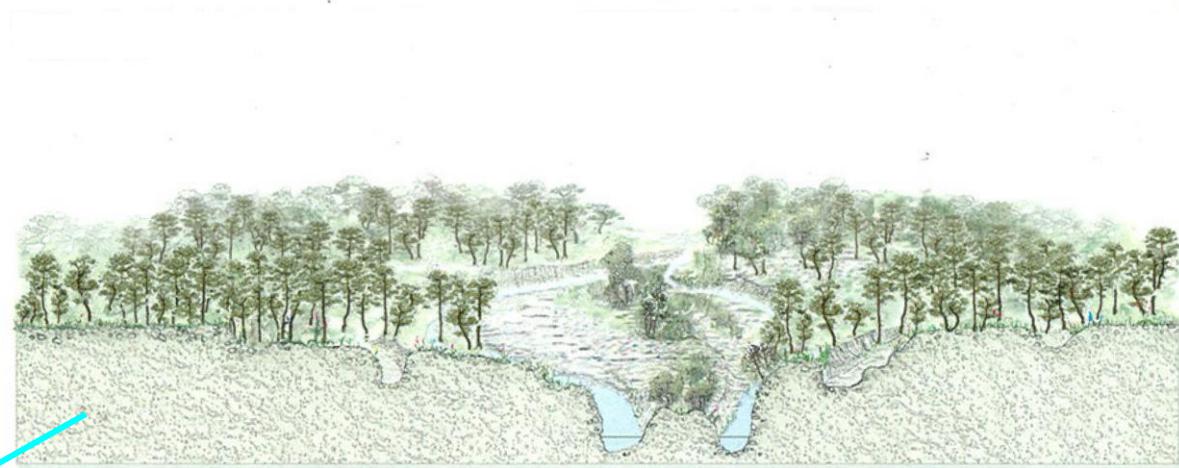
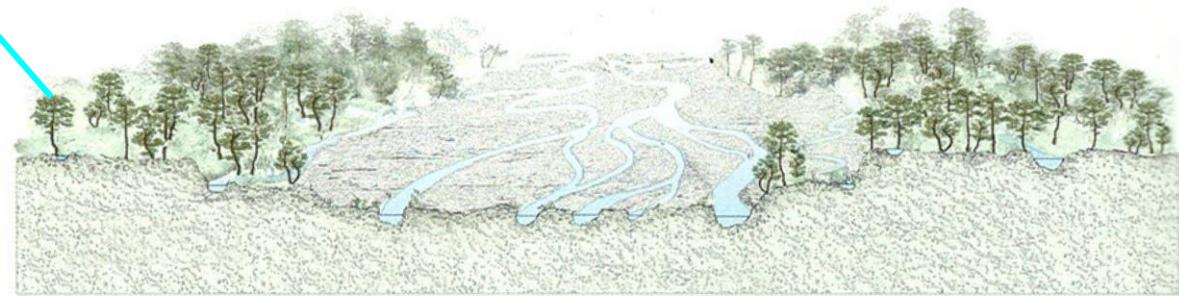
1971



1982



2006



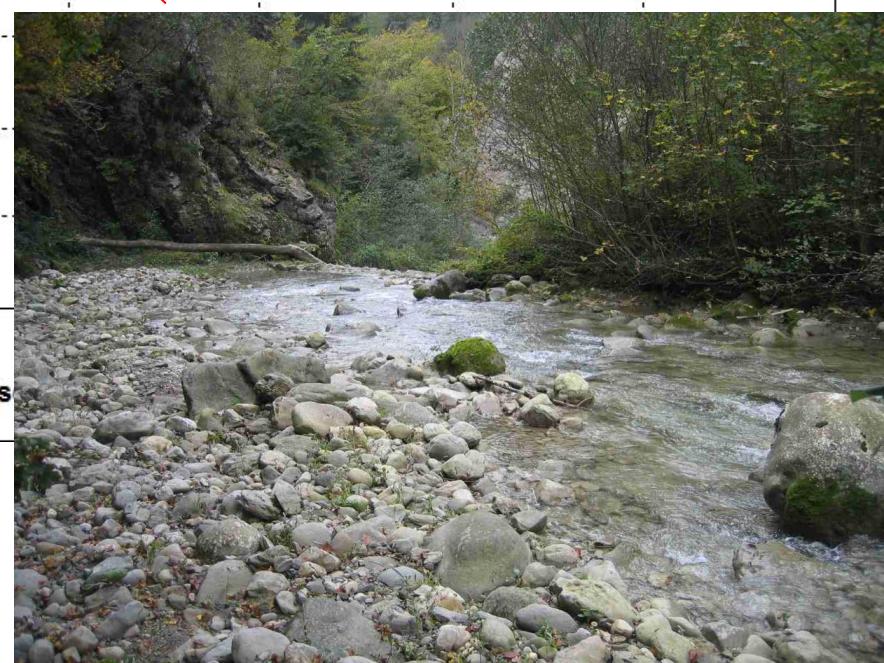
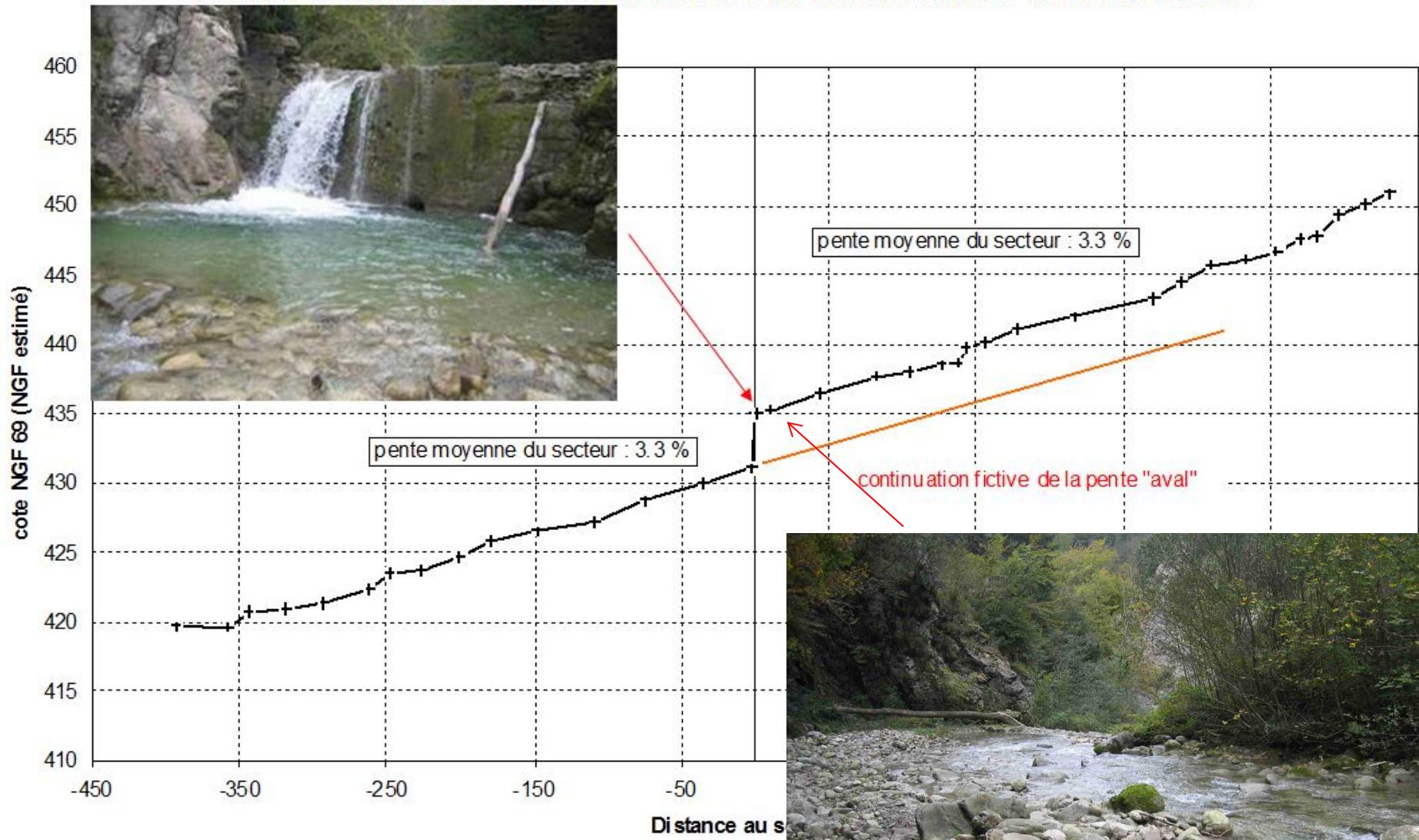
Attention  
nombreuses extractions en lit mineur

Les seuils sont généralement beaucoup plus transparents, surtout s'ils sont anciens et sur un cours d'eau à fort TS



L'Ardèche à Neyrac

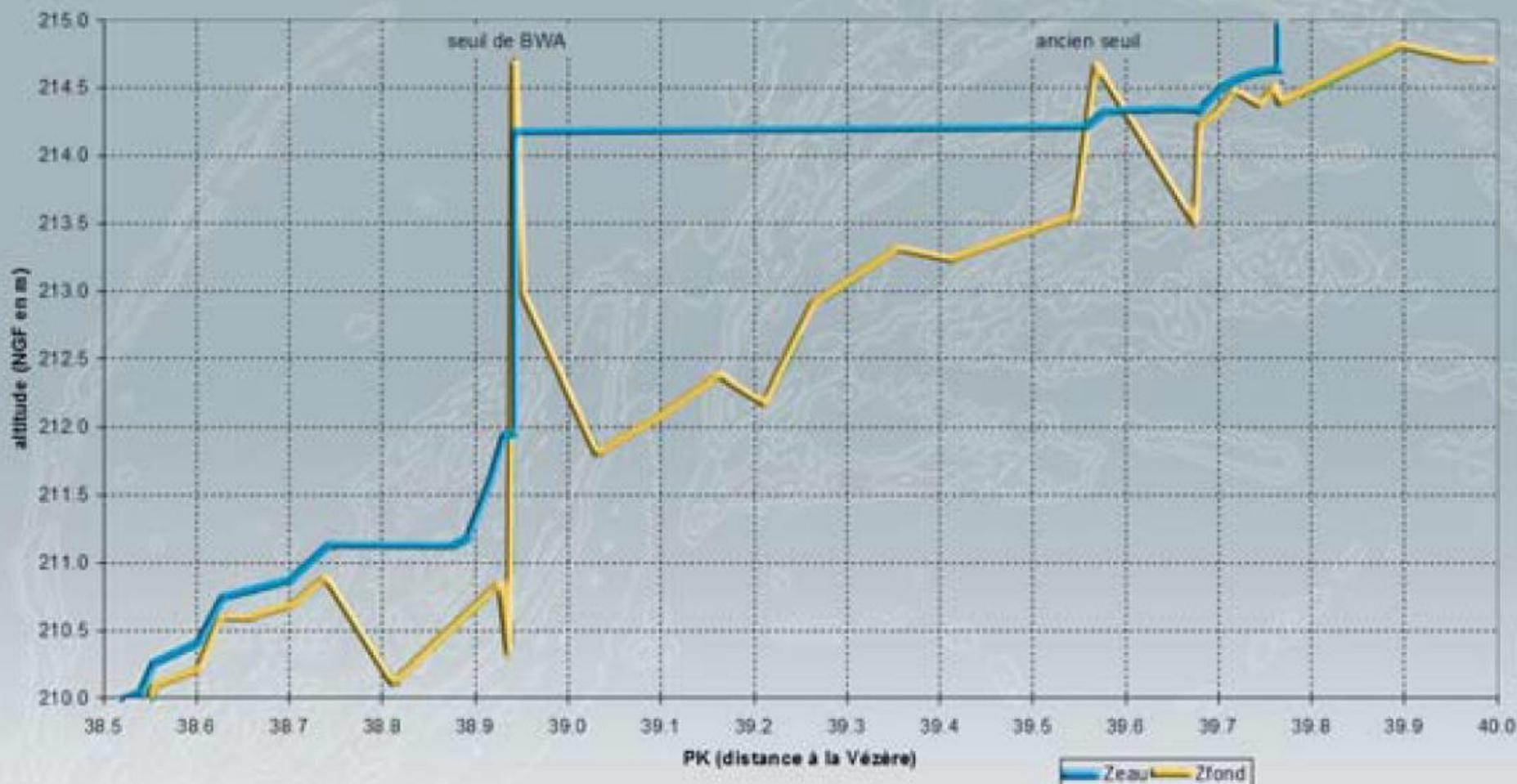
## PROFIL EN LONG DE LA LEYSSE DE PART ET D'AUTRE DU SEUIL DU TROU DE L'ENFER





Cependant, les seuils plus récents et/ou sur des cours d'eau à TS modéré, et/ou engendrant une longue retenue, peuvent être très piégeants

## PROFIL EN LONG DE LA CORREZE A TULLE (août 2005)



# Comment aborder la question de la continuité sédimentaire



Le **substrat alluvial** est un **habitat** majeur pour les biocénoses aquatiques -> nécessité de le préserver ou de le restaurer

Un texte récent (Article L.214-17 du CE) rend obligatoire le maintien d'un **transport suffisant des sédiments en aval d'ouvrage transversaux** sur certains cours d'eau (liste 2).

Et la DCE impose de préserver ou restaurer le Bon Etat écologique des cours d'eau, dont le **substrat alluvial** est un des paramètres clés.

# UN INCONTOURNABLE : LA TYPOLOGIE DES OUVRAGES VIS-À-VIS DE LA CONTINUITE SEDIMENTAIRE

La « transparence » d'un ouvrage vis-à-vis du transport solide par charriage peut se caractériser par 3 métriques

- Volume Transitant (VT) / Volume Entrant (VE)
- Granulométrie Transitant (GT) / Granulométrie Entrant (GE)
- Fréquence Transit (FT) / Fréquence Naturelle (FN)

# Transport « suffisant »

## Ouvrage Type 1

Ouvrage totalement transparent au charriage de par sa conception et sa gestion (ouverture en crue et transparence notamment)

$$VT = \text{à } \simeq VE$$

$$GT = \text{à } \simeq GE$$

$$FT = \text{à } \simeq FN$$

## Ouvrage Type 2

Ouvrage transparent à la plus grande partie du charriage de par sa conception et sa gestion

$$VT \simeq \text{à } \leq VE$$

et/ou

$$GT \simeq \text{à } \leq GE$$

et/ou

$$FT \simeq \text{à } \leq FN$$

## Ouvrage Type 3

Ouvrage transparent à une partie du charriage. Certaines fractions moyennes et grossières passent lors d'opérations de transparence

$$VT \leq \text{à } \ll VE$$

et/ou

$$GT \leq \text{à } \ll GE$$

et/ou

$$FT \leq \text{à } \ll FN$$

## Ouvrage Type 4

Ouvrage étanche au charriage, mais certaines fractions moyennes (sables, graviers) peuvent occasionnellement transiter à l'occasion d'opérations particulières (vidanges, chasses)

$$VT \ll \text{à } 0 VE$$

$$GT \ll \text{à } 0 GE$$

$$FT \ll \text{à } 0 FN$$

## Ouvrage Type 5

Ouvrage totalement étanche au charriage, quels que soient les modes de gestion

50 %

20 %

30 %

Estimation actuelle pour 960 ouvrages EDF  
(des petites prises d'eau de montagne  
aux grands barrages)

# Seuil



Barrage mobile (prise d'eau de montagne)



## Exemples d'ouvrages de type 1

Barrage mobile



# Exemples d'ouvrages de type 2



Barrage mobile



Seuil



Barrage fixe avec  
VDF suffisamment  
dimensionnées

Mais il faut aussi des  
**TRANSPARENCE**  
fréquentes →



## **Exemples d'ouvrages de type 3**

# BARRAGE MOBILE et TRANSPARENCES régulières



Malgré tout, une fraction  
du TS est piégée,  
plus ou moins longuement



Barrages avec VDF ou galerie de dérivation du TS  
et  
TRANSPARENCEs régulières



Malgré tout une  
fraction du TS est  
piégée, plus ou  
moins longuement

Seuil ou barrage mobile avec longue retenue



Exemple d'ouvrage de type 4



Exemple d'ouvrage de type 5

**Actions en cours** : amélioration/validation de cette typologie « CS » par mesures diverses : hydrophones, pit tags, topo-bathy etc...

Importante mobilisation R&D interne (EDF DTG et LNHE) et externe (CNRS Lyon, LTHE, GIPSALAB, IRSTEA, Paris I, Paris 7, Aix), sur la **métrologie du charriage**

+ approche complémentaire concernant les **apports solides actuels à l'amont des ouvrages** (BD BAETIS (EDF DTG) + étude IRSTEA 2015 sur les apports solides)

En parallèle de la typologie et de la mesure de la CS,  
des diagnostics d'**Etat Séimentaire** sont réalisés  
(principalement sur les ouvrages « classés » Liste 2)



# Origine du concept : la Circulaire du 18 janvier 2013

\* Objectif de fonctionnalité des habitats alluviaux

\* 5 paramètres descriptifs du substrat

\* Sédiments grossiers

§ 1.1 "Selon une approche intermédiaire, l'objectif est de garantir la vie des biocénoses aquatiques (poissons, invertébrés, végétaux) dont les **habitats** sont inféodés au **substrat alluvial**. Il n'y a alors pas nécessité de préserver /restaurer la fonctionnalité d'ensemble du tronçon géomorphologique. Il s'agit d'assurer sur le moyen/long terme une **superficie, une épaisseur, une nature granulométrique** ainsi qu'un **agencement de substrat alluvial, une fréquence de mise en mouvement**, permettant la vie des espèces de la **biocénose aquatique cibles** sur le tronçon considéré. C'est ce niveau d'ambition qui est principalement visé par l'article L. 214-17 du code de l'environnement. (...).

§ 1.2 (...). Le caractère suffisant s'applique principalement aux **sédiments grossiers** correspondant à la charge de fond dans la mesure où ils contribuent : - à l'équilibre géodynamique du cours d'eau, à la diversification des habitats et des faciès du lit mineur, aux processus d'auto épuration. (...)."

- Rechercher un « état suffisant » plutôt qu'un « transport suffisant »

Comparaison d'un linéaire « témoin » situé en amont de l'ouvrage et d'un linéaire « potentiellement impacté » situé en aval de l'ouvrage

- 2 approches principales proposées
  - une approche linéaire globale, où l'on décrit tout ou partie du linéaire du tronçon témoin et de celui potentiellement impacté
  - une approche stationnelle, où l'on décrit à minima une station "représentative" par tronçon homogène, tant en amont qu'en aval

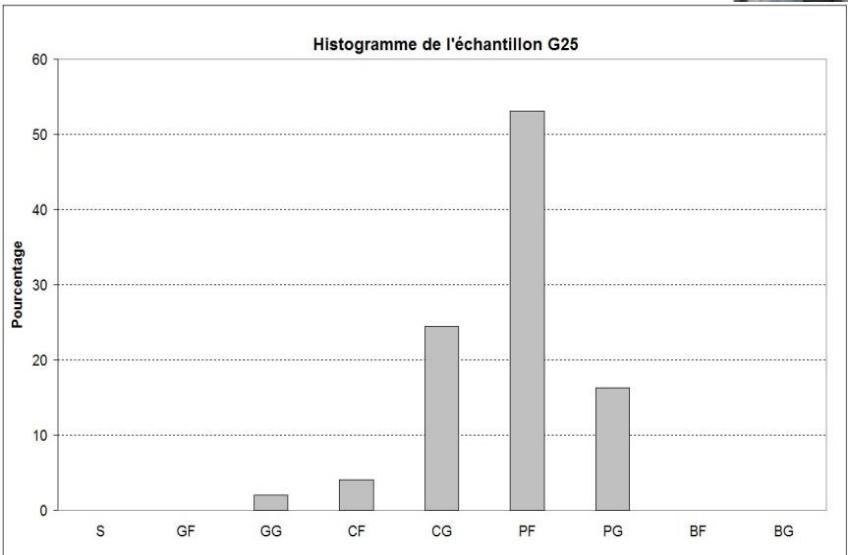
- Mesures en chaque point (10 env.) des transects (15-20 env.)  
(NB positionnement systématique des transects et des points)

- Hauteur d'eau / largeur (pleins bords et mouillée)
- Patch granulométrique dans un rayon de 0.5 m autour du point (méthode EVHA)
- Epaisseur des alluvions (> ou < 25 cm)
- Agencement des particules (armure, pavage)
- Colmatage superficiel (Archambaud)

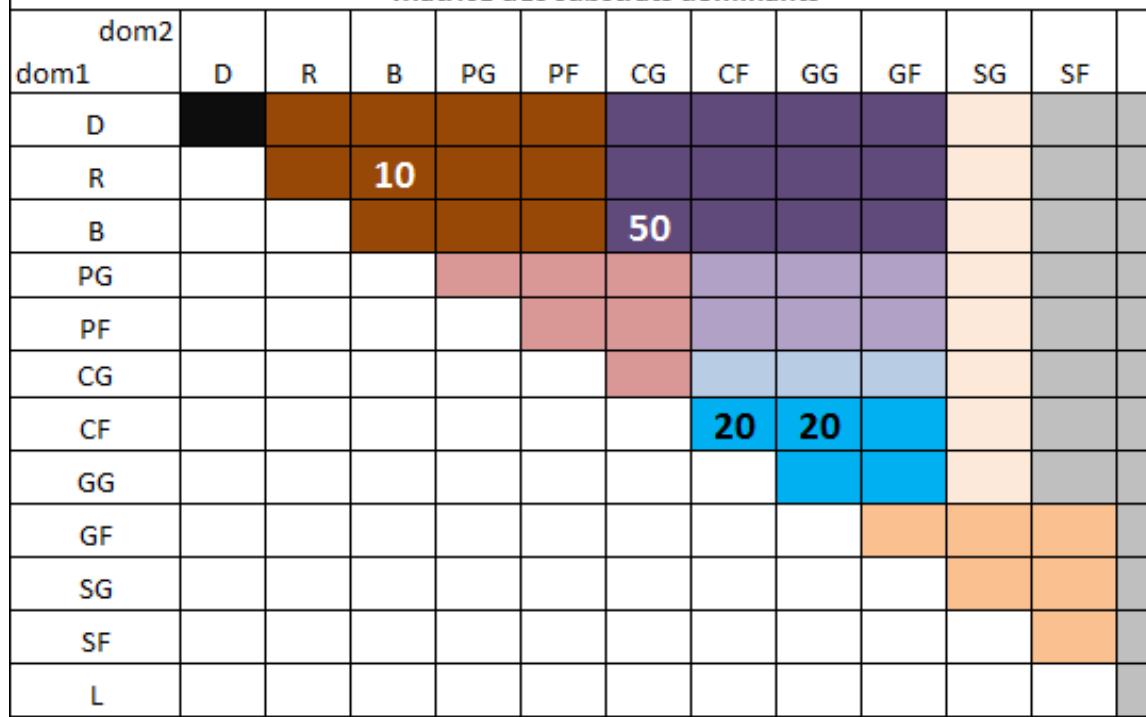


# Patch granulométrique EVHA (Malavoi, 1989)

Ici :  
+ gros Dom1 Dom2  
PG      PF      CG

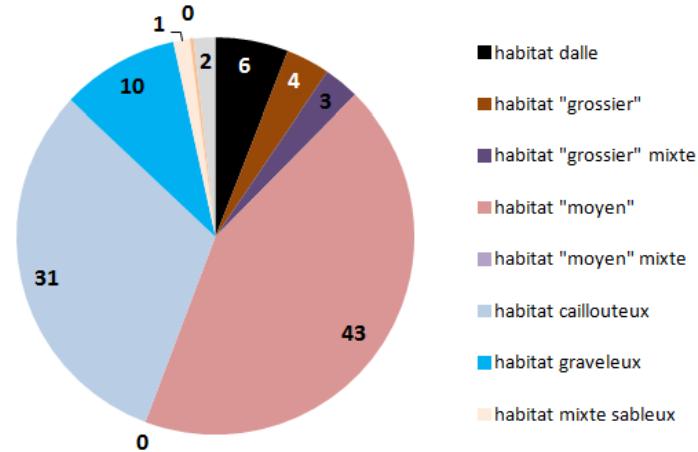


Matrice des substrats dominants

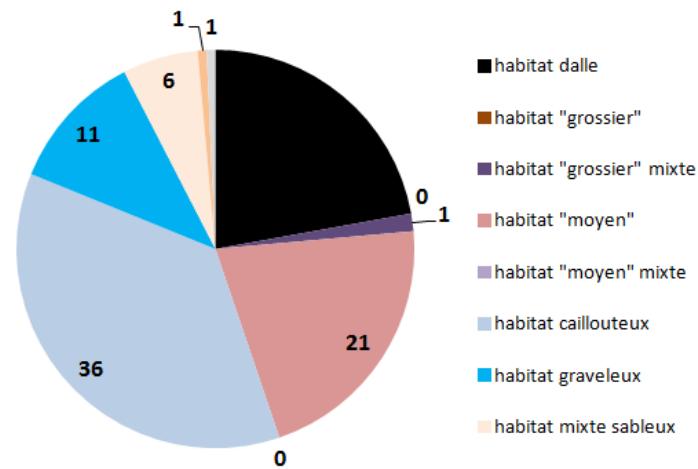


- habitat dalle
- habitat "grossier"
- habitat "moyen"
- habitat "grossier" mixte
- habitat "moyen" mixte
- habitat caillouteux
- habitat graveleux
- habitat mixte sableux
- habitat sableux
- habitat colmaté

Tronçon témoin



Tronçon aval



## Résultats à ce jour

60 diagnostics sédimentaires

40 sur la base de diagnostics « ouvrages » (typologie)

20 sur la base de diagnostics « d'état sédimentaire »

**5 cas où ES « non suffisant »**

3 impacts avérés

2 « doutes »

NB : Beaucoup de cas ou « aucun apport amont »

- \* Si état suffisant pas d'action immédiate
- \* Dans les autres cas >>> **ACTION**
  - Etude préliminaire
  - APS
  - **Réalisation** : ex : sont prévus 2 effacements de seuils (voire 3), modif de gestion sur 2 ouvrages, création d'une VdF plus importante sur 1 ouvrage (ou gestion par curage/réinjection)

Dans tous les cas :  
**nouveau diagnostic sous 5 à 10 ans**

# Discussion : Hungry water ?

Oui si

- $Q_S$  très fortement réduit (ex, catégories 4, 5)
- $Q_L$  (crues) toujours aussi fort qu'avant
- Séiments très érodables (rivières sableuses notamment)
- Pas de recharge aval (affluents ou érosion latérale)

Sinon

Etat sédimentaire encore souvent « suffisant » même si la **tendance à long terme** est probablement un « état insuffisant »

# UN IMPERATIF : PROGRESSER SCIENTIFIQUEMENT SUR LE TRANSPORT « SUFFISANT »

Programme R&D au sens large impulsé depuis 2012.

- **Diagnostic** : diagnostic d'état sédimentaire des cours d'eau (amélioration) + validation typologie CS
- **Métrologie** : chargement en rivière et à travers un ouvrage
- **Modélisation** du transit sédimentaire (amélioration des modèles)
- **Mise en œuvre** de sites pilotes de réinjections, d'érosion maîtrisée, etc.
- Liens entre **sédiments** (grossiers et fins) et **biologie**

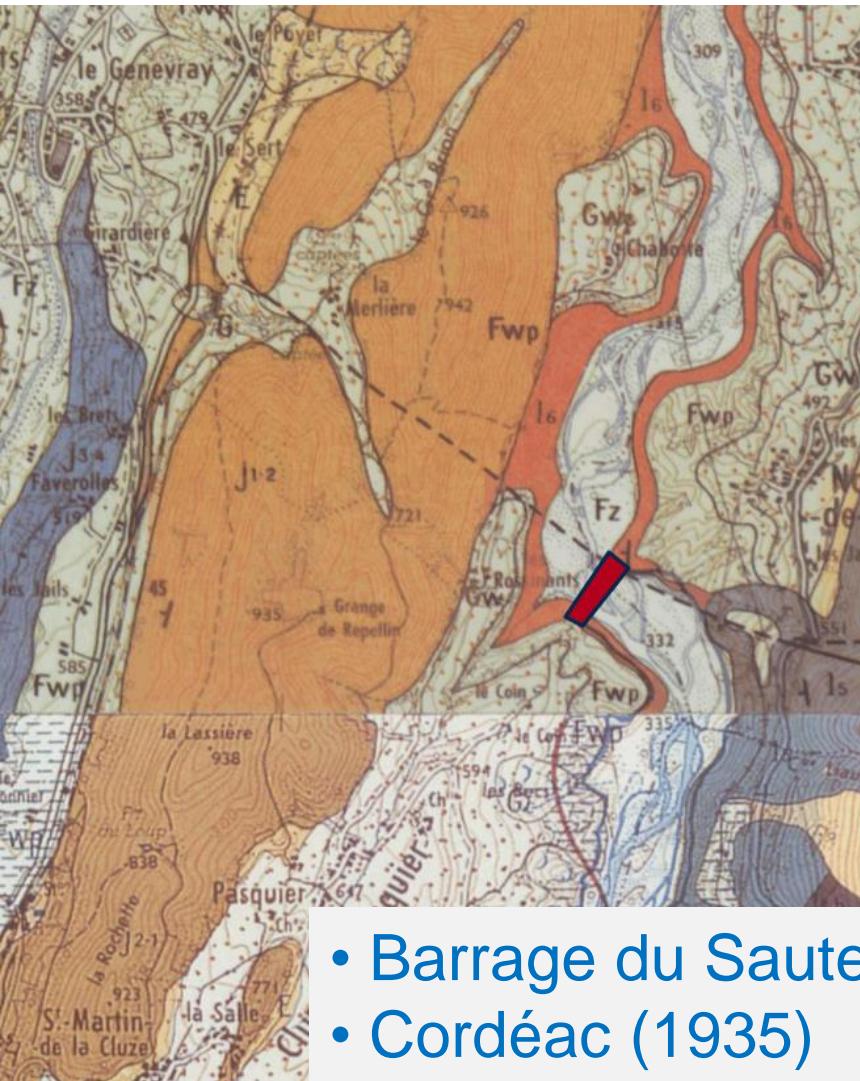
# Allez! Tout le monde s'y met !

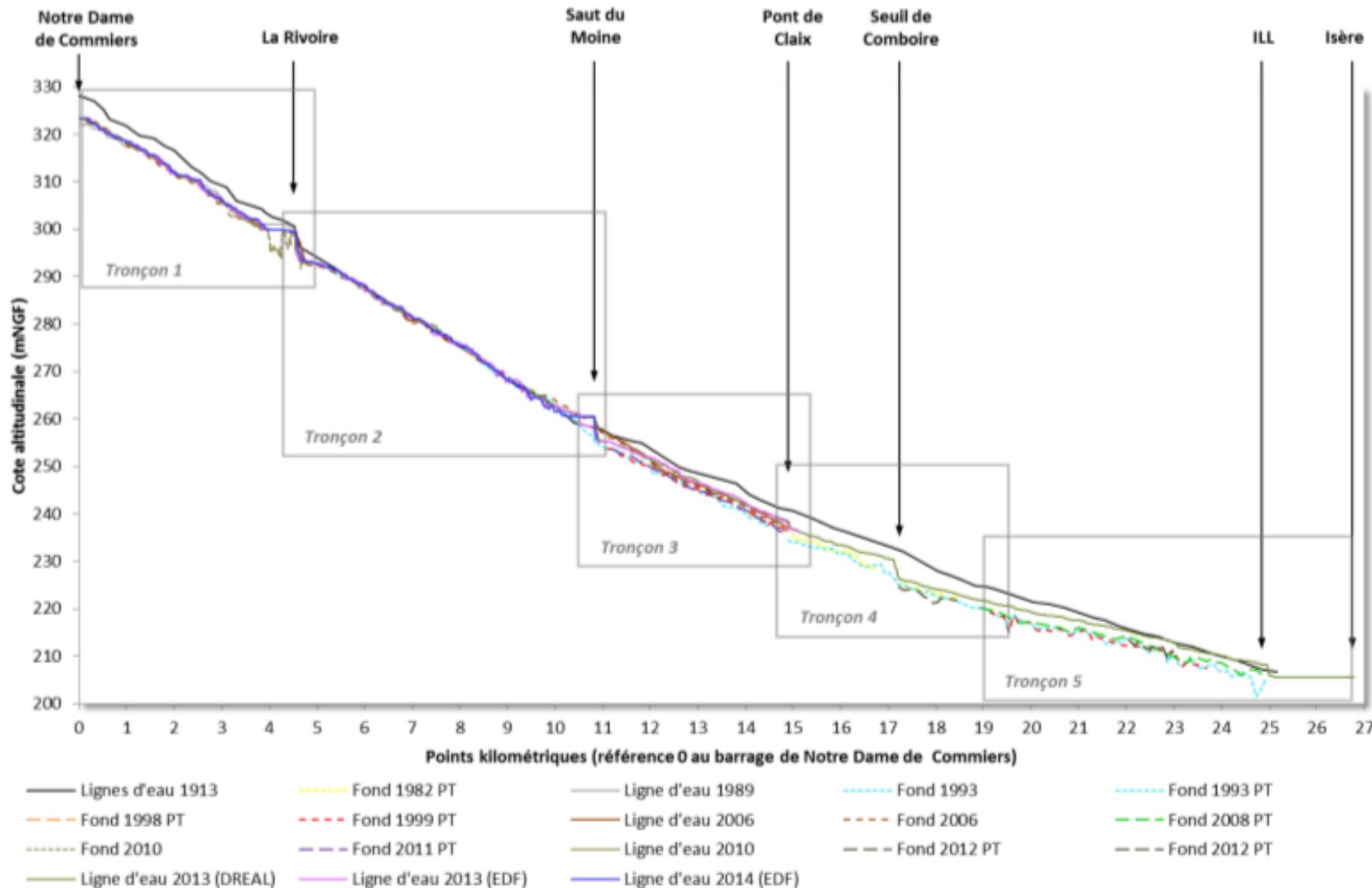
Alors euh...  
PGPGPF ?  
.....  
J'ai bon ?

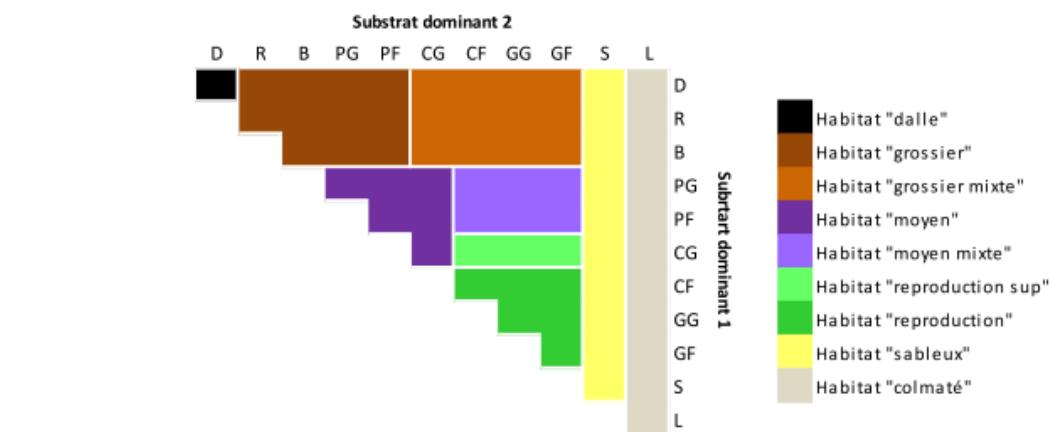
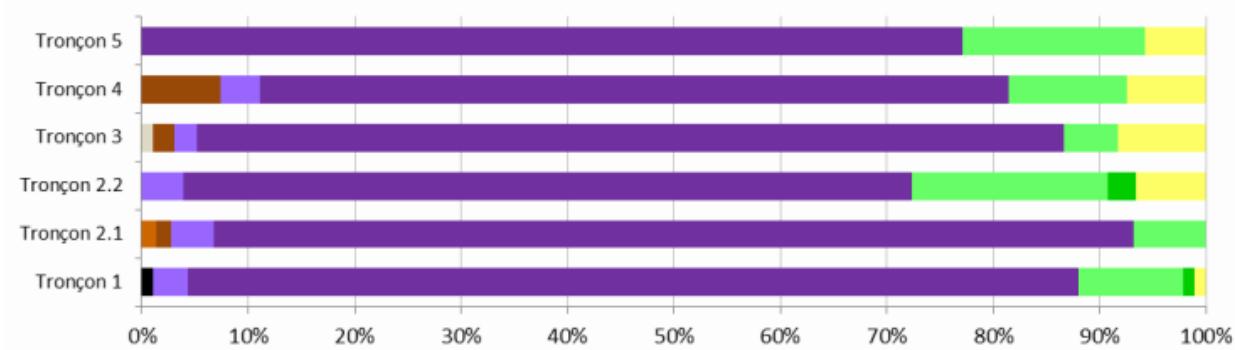
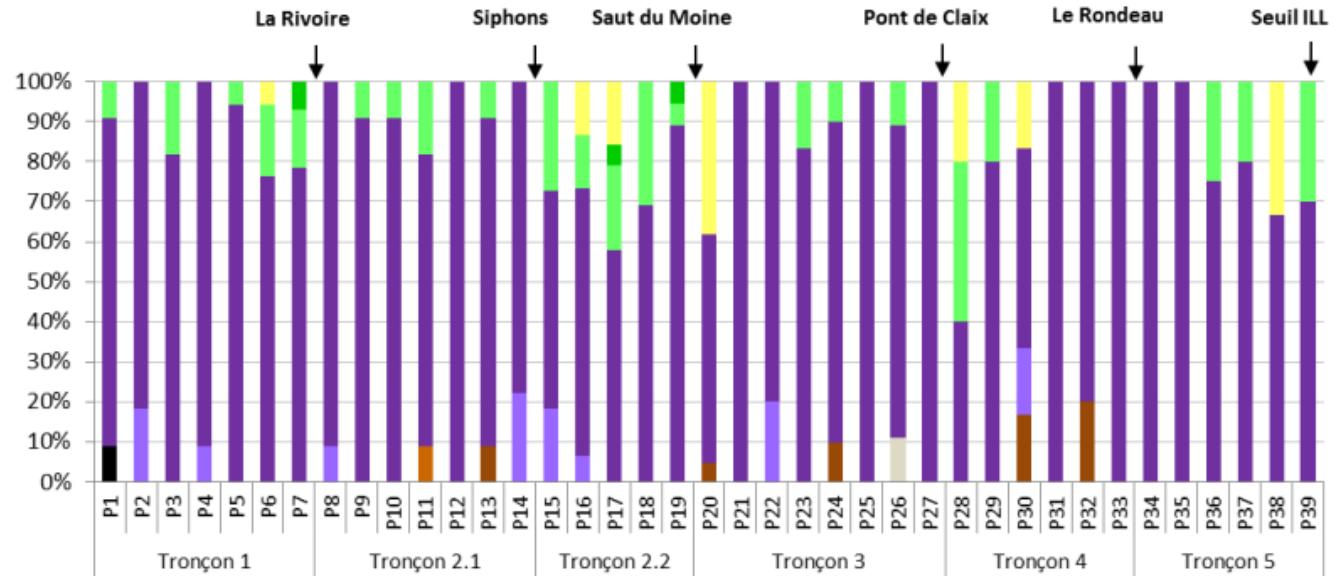
Merci de votre attention

**UN EXEMPLE D'ETAT SUFFISANT  
MALGRE UN OUVRAGE DE TYPE 5**

## Ex : DRAC en aval de ND de Commiers (d'après Burgeap 2015)







#### 4.3.3.3 Qualité générale des habitats aquatiques

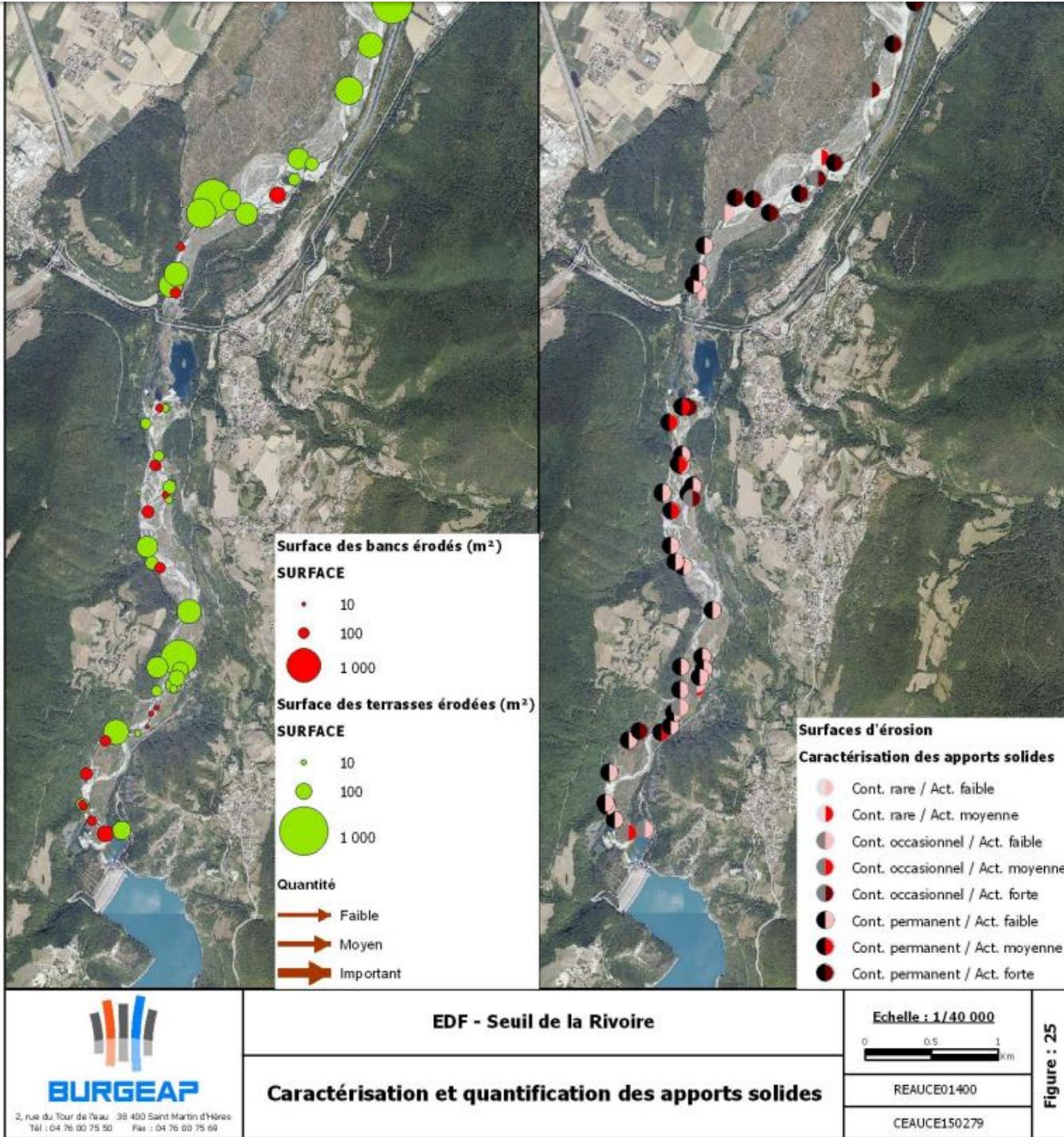
En considérant un débit réservé de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$ , la qualité des habitats aquatiques sur les deux tronçons amont est **assez bonne** mais limitée par les facteurs suivants (par ordre d'incidence décroissante) :

1. L'assèchement sur le T2.2, et par conséquent l'absence de continuité piscicole sur ce secteur, est l'altération la plus réductrice en terme de qualité des habitats aquatiques. L'assèchement du lit du Drac est d'autant plus dommageable que ce tronçon offre une surface potentielle de reproduction importante. Le passage à  $5,5 \text{ m}^3/\text{s}$  améliorerait définitivement la continuité biologique.
2. L'absence d'abris et de refuges piscicoles. Les opérations d'essartement ne favorisent pas le développement d'une végétation arborescente. Les encombres sont trop peu représentés sur tout le linéaire et n'apportent pas de bénéfice au milieu aquatique. Le seul secteur attractif est situé au droit de la centrale hydroélectrique de Saint George de Commiers (érosion de forêt alluviale).
3. Le colmatage du substrat par les algues.

## Deux explications à cet état encore « suffisant » :

- \* Nombre de jours de TS passé de 25 à moins de 2 (Burgeap, 2015) -> peu d'érosion progressive, pas de pavage
- \* Érosion active des anciens bancs de tressage, devenus « terrasses » lors des déversements à NDC -> réinjection de sédiments « frais »

MAIS la tendance à long terme est bien une dégradation de l'état puisque les ouvrages sont totalement étanches au TS (catégorie 5)



# Allez! Tout le monde s'y met !

Alors euh...  
PGPGPF ?  
.....  
J'ai bon ?

Merci de votre attention