

Des rivières  
et des hommes



# Envasement des barrages réservoirs

Comment établir un bilan quantitatif  
d'eau et de sédiments ?



Dans le cadre de



**RESCIF**

Réseau d'excellence  
des sciences de l'ingénieur  
de la Francophonie



Dr Julien Némery  
Grenoble INP

Envasement des  
barrages réservoirs



## Sommaire

1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
  - les termes du bilan
  - calcul du temps de résidence
4. Bilan d'envasement
  - flux entrant et flux sortant
  - pourcentage de rétention
5. Solutions



Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

### 1. Usages et impacts

### 2. Carte d'identité d'un réservoir

### 3. Bilan hydrologique

### 4. Bilan d'envasement

### 5. Solutions

# Usages et impacts

## Le lien entre les barrages et les rivières

### Les barrages et leurs usages

- irrigation
- eau potable
- hydroélectricité
- régulation des crues et étiages



Le barrage de Cointzio (Mexique)

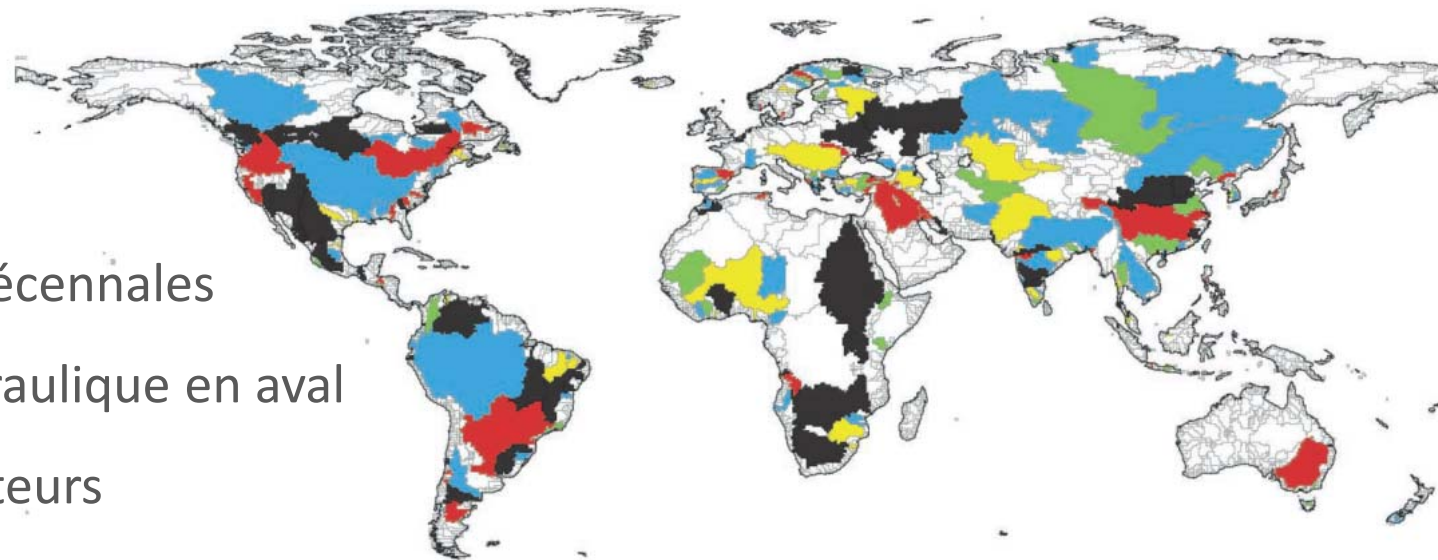


Le premier grand barrage :  
Hoover sur le Colorado 1935

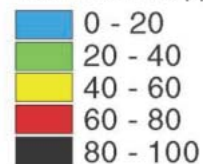
# Usages et impacts

## Impacts des barrages sur le fonctionnement des rivières

- rétention des sédiments
- dégradation de la qualité de l'eau (eutrophisation)
- effet néfaste des vidanges décennales
- perturbation du régime hydraulique en aval
- obstacle aux poissons migrateurs



Basinwide Trapping Efficiency (%)



*d'après Vörösmarty et al. 2003*

30 % de sédiment retenus à l'échelle globale



Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

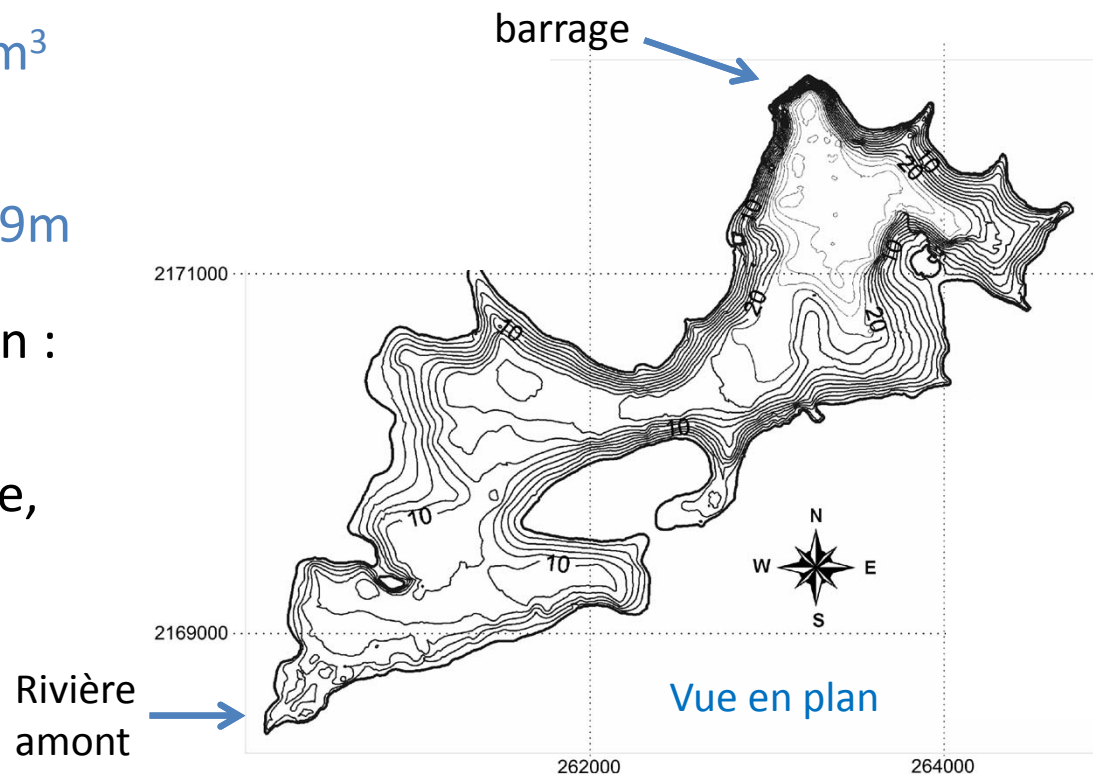
1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
4. Bilan d'envasement
5. Solutions

# Carte d'identité d'un réservoir

## Caractéristiques morphométriques

### Barrage de Cointzio

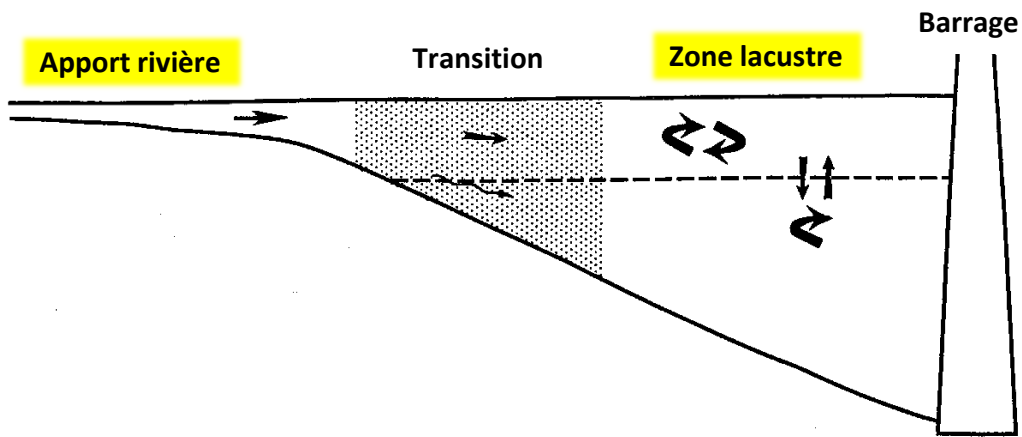
- volume  $V = 66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- surface  $A_0 = 6 \text{ km}^2$
- profondeur  $Z_{\max} = 29\text{m}$
- date de construction : 1940
- usages : eau potable, irrigation



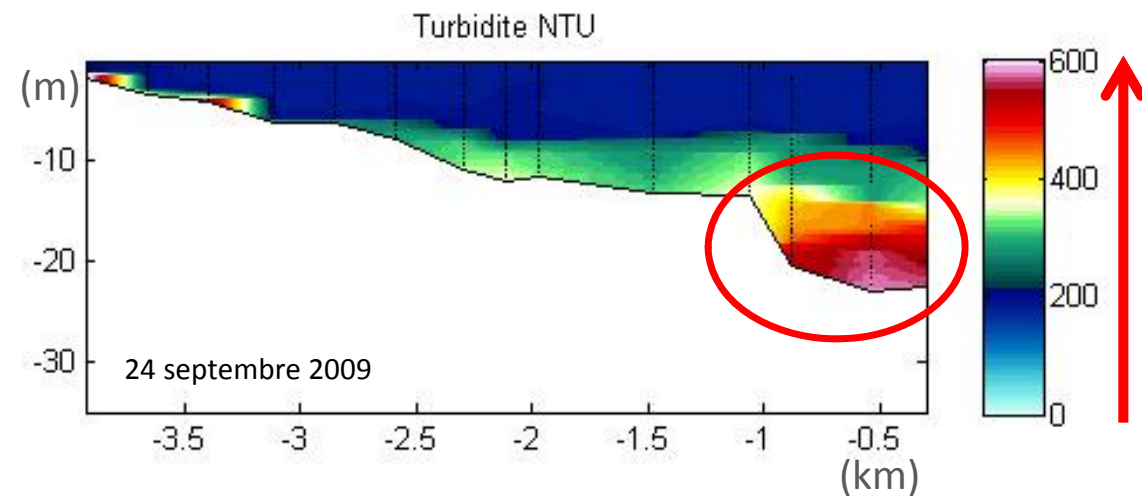
# Carte d'identité d'un réservoir

## Caractéristiques morphométriques

### Profil topographique



Coupe transversale



Exemple d'arrivée de sédiments pendant un épisode de crue (réservoir de Cointzio)



Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

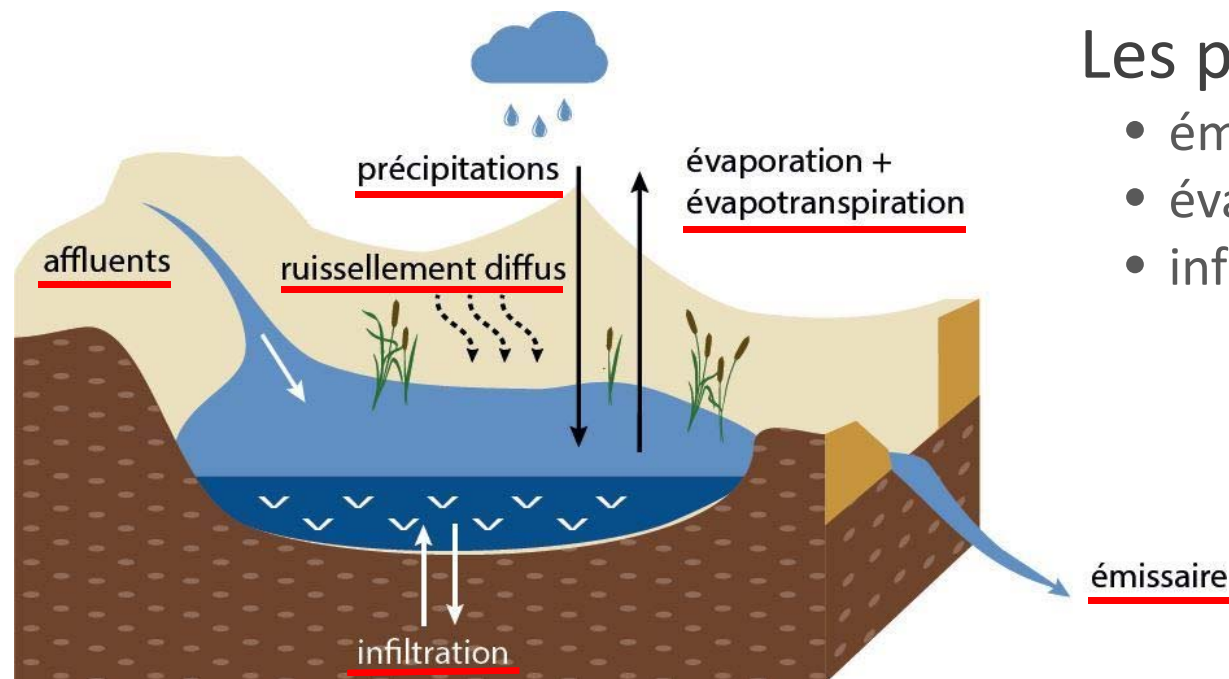
1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
4. Bilan d'envasement
5. Solutions

# Bilan hydrologique

## Les termes du bilan

### Les apports

- bassin versant (A = affluent et R = ruissellement)
- précipitations (P)
- remontées de nappe (N)



### Les pertes

- émissaires (E)
- évaporation (Ev)
- infiltrations (I)

# Bilan hydrologique

Le calcul du bilan

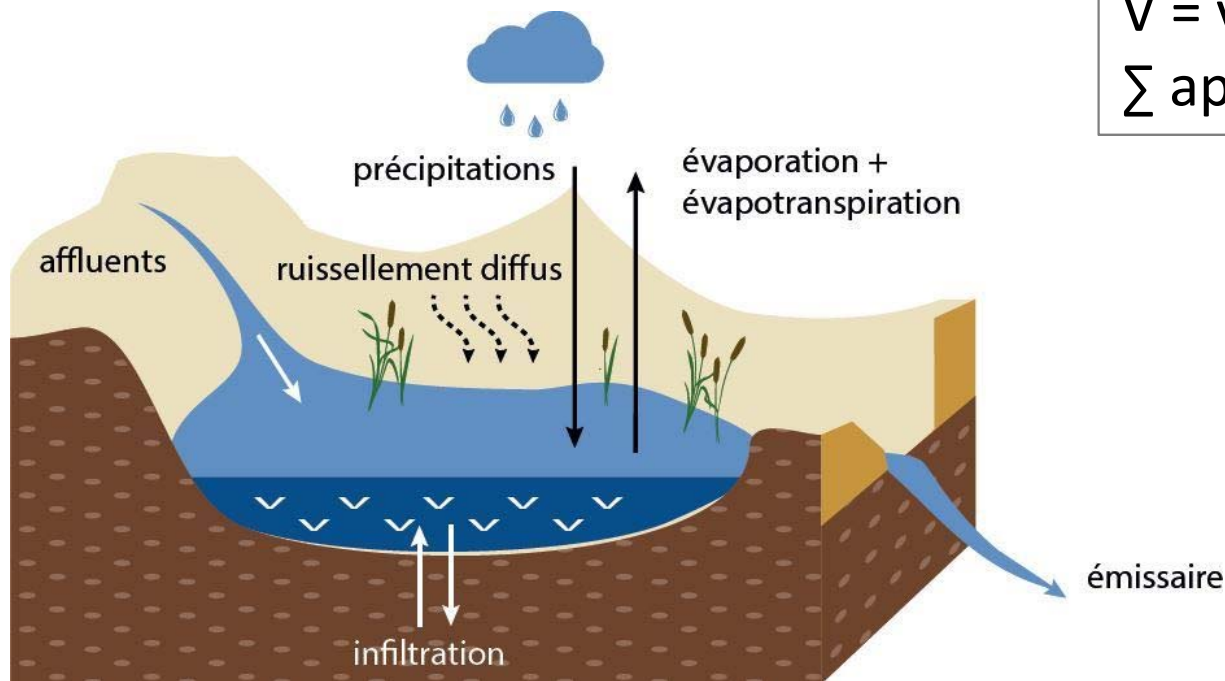
$$(A + R) + P + N = E + Ev + I$$

Le calcul du temps de résidence

$$T\omega = V / \sum \text{apports ou } V / \sum \text{pertes}$$

$V = \text{volume (km}^3\text{)}$

$\sum \text{apports ou des pertes} = \text{km}^3 \text{ an}^{-1}$



$T\omega < 1\text{an}$  (petit réservoir)

$T\omega 1\text{-}10 \text{ ans}$  (valeur courante)

$T\omega > 10 \text{ ans}$  (réservoir profond)




# Bilan hydrologique

## L'exemple du réservoir de Cointzio

- infiltration et remontée nappe = négligeables
- apports : rivière amont + précipitations
- pertes : flux d'eau à l'exutoire + évaporation

$$T\omega = V / \sum \text{apports ou } V / \sum \text{pertes}$$

	2008		2009	
Volume moyen ( $10^6 \text{ m}^3$ )	46		40	
	entrée	sortie	entrée	sortie
Flux eau ( $10^6 \text{ m}^3$ )	44	53	42	43
Précipitation ( $10^6 \text{ m}^3$ )	2,8		2,5	
Evaporation ( $10^6 \text{ m}^3$ )		5,8		5,2
Temps résidence (an)	0.98-0.80		0.90-0.83	

$T\omega \approx 1$  an caractéristique du fonctionnement d'un réservoir de petite taille  
Pertes > apports  importante fluctuation du volume du réservoir

# Bilan hydrologique

## Variation du volume Risque associé aux années sèches

**Lajornada**  
Michoacán

proporcionado por

usted está aquí: jueves 17 de septiembre de 2009 → municipios → las lluvias serán insuficientes para llenar la presa de cointzio: juan luis calderón

Exhortó a los ciudadanos a cuidar el agua ante la próxima temporada de estiaje

Las lluvias serán insuficientes para llenar la presa de Cointzio:  
Juan Luis Calderón

GEMA REYES

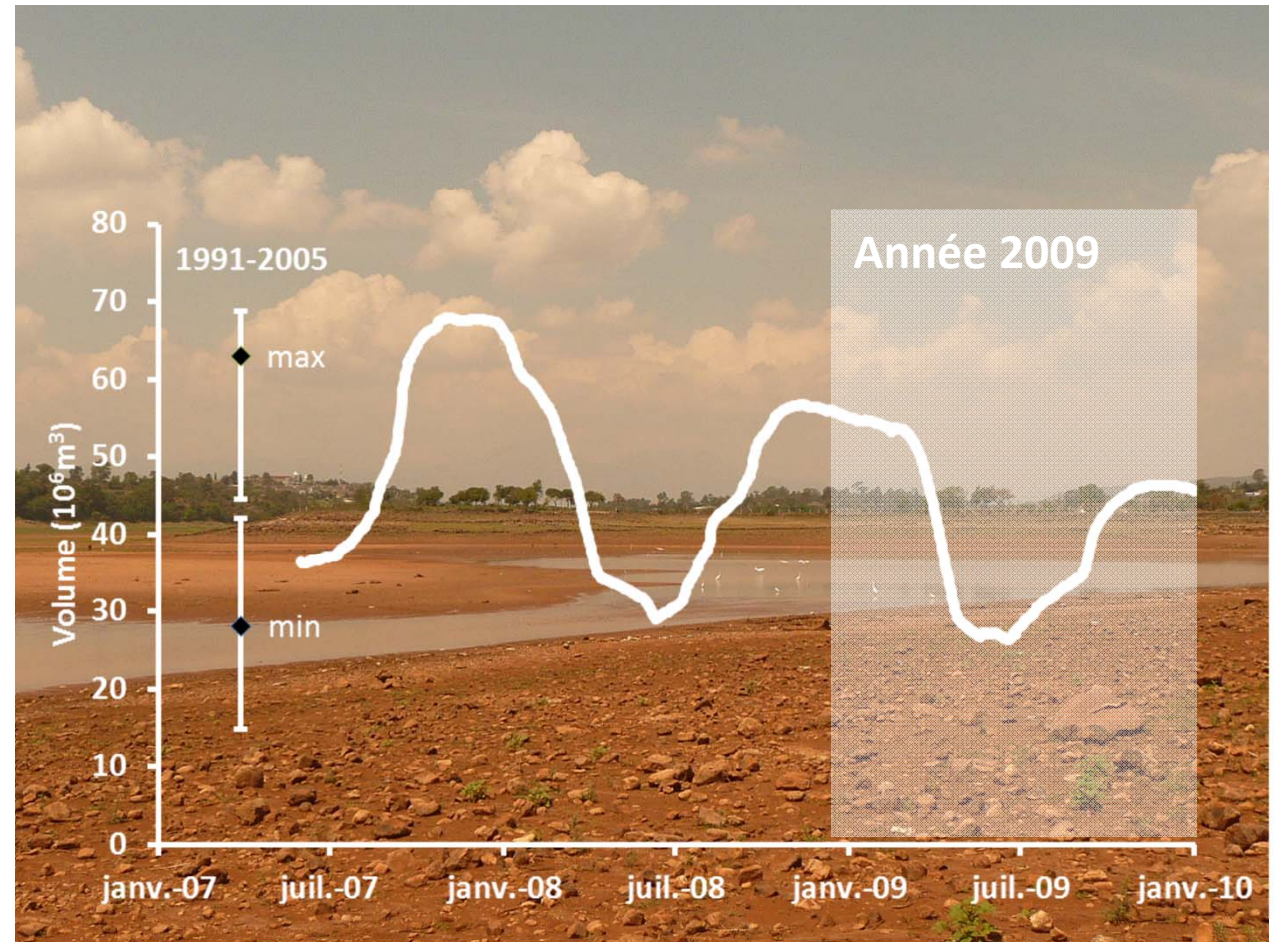


Ampliar la imagen

El director del Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOAPAS), Juan Luis Calderón, explicó que para prevenir la temporada de estiaje que comenzará al inicio del próximo año, se está solicitando a los ciudadanos que cuiden el agua, ya que debido a que las lluvias de este año se presentaron tarde el nivel de la presa de Cointzio se encuentra en 45 por ciento de su capacidad: sin embarao, no se considera que loare llenarse



### Déficit en eau pour l'année 2010





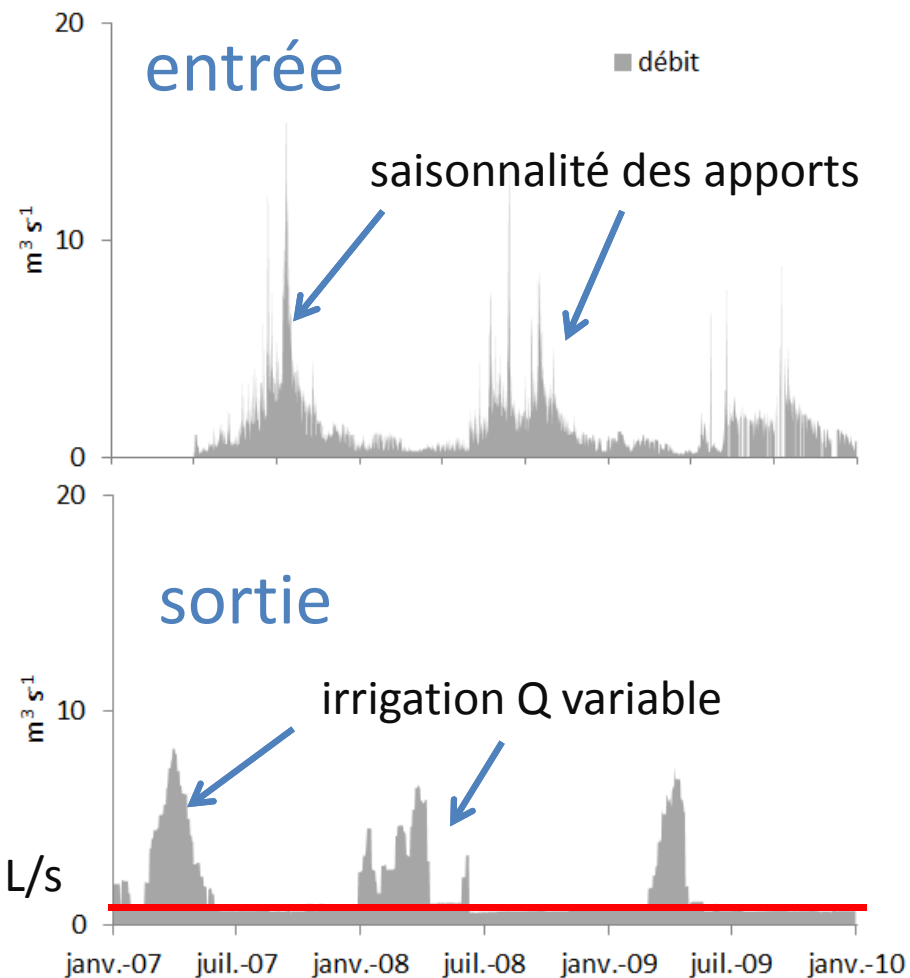
Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
4. Bilan d'envasement
5. Solutions

# Bilan d'envasement

## Saisonnalité des débits entrant et sortant





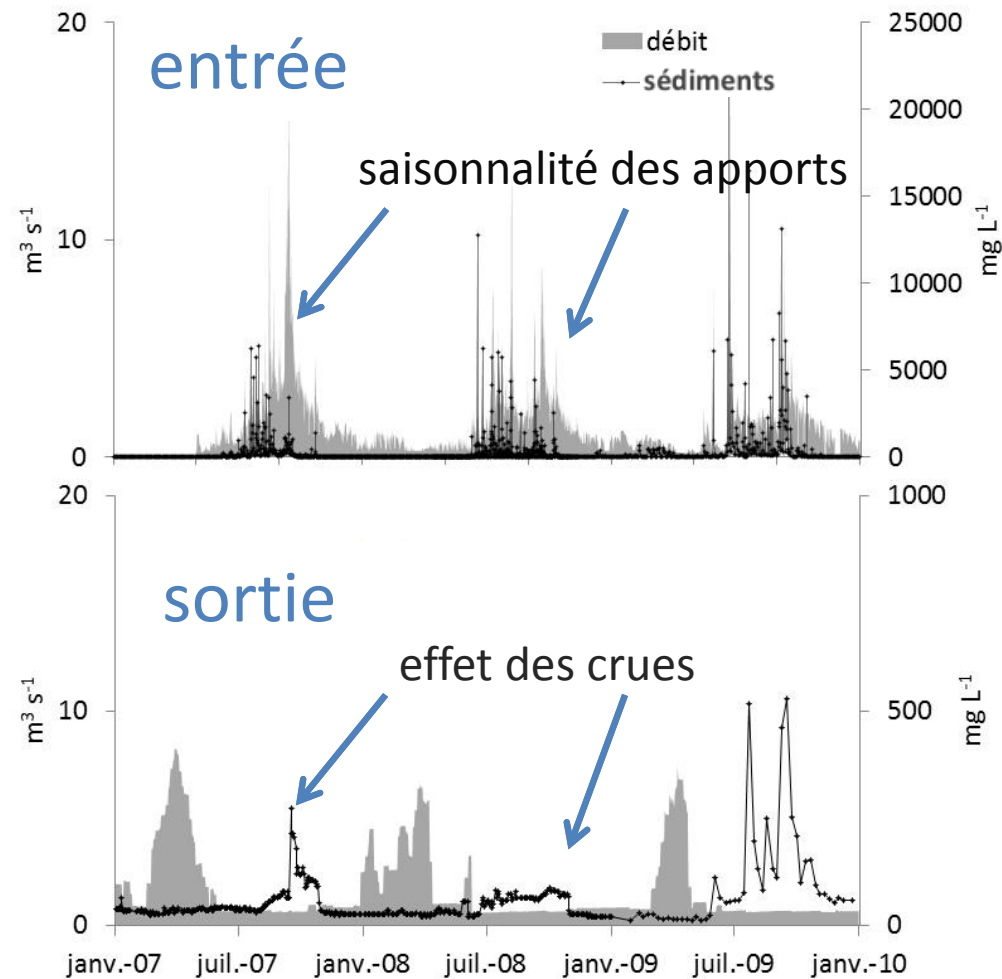
Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
4. Bilan d'envasement
5. Solutions

# Bilan d'envasement

## Saisonnalité des sédiments entrant et sortant



# Bilan d'envasement

## Calcul de la rétention

Sur la base de chroniques haute fréquence

1) rétention =  $(Q \text{ entrant} \times C \text{ entrant}) - (Q \text{ sortant} \times C \text{ sortant})$

2) % de rétention =  $(\sum \text{flux entrant} - \sum \text{flux sortant}) \times 100 / \sum \text{flux entrant}$

## Bilan interannuel du % de rétention dans Cointzio

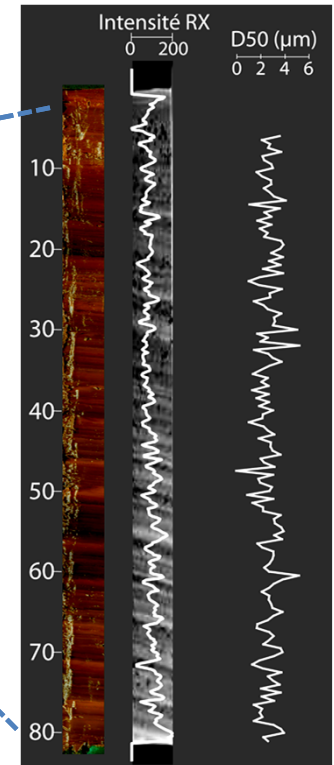
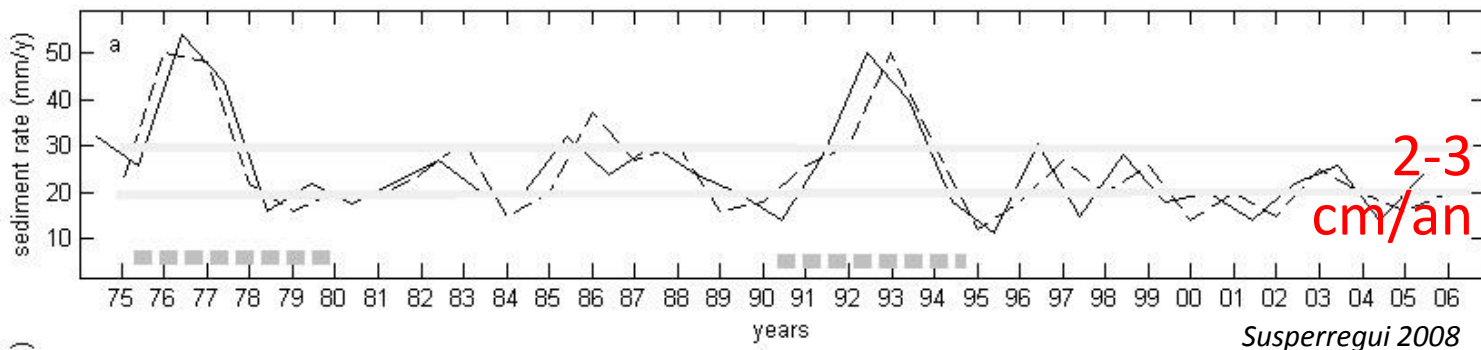
	2008		2009	
	entrée	sortie	entrée	sortie
Flux Eau ( $10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ )	44	53	42	43
Flux Sediment ( $10^3 \text{ tons/an}$ )	22.2	1.8	22.2	2.4
% de retention	92		89	

# Bilan d'envasement

L'intérêt des carottes sédimentaires

➔ reconstituer l'historique des dépôts

Estimation de l'épaisseur du dépôt :

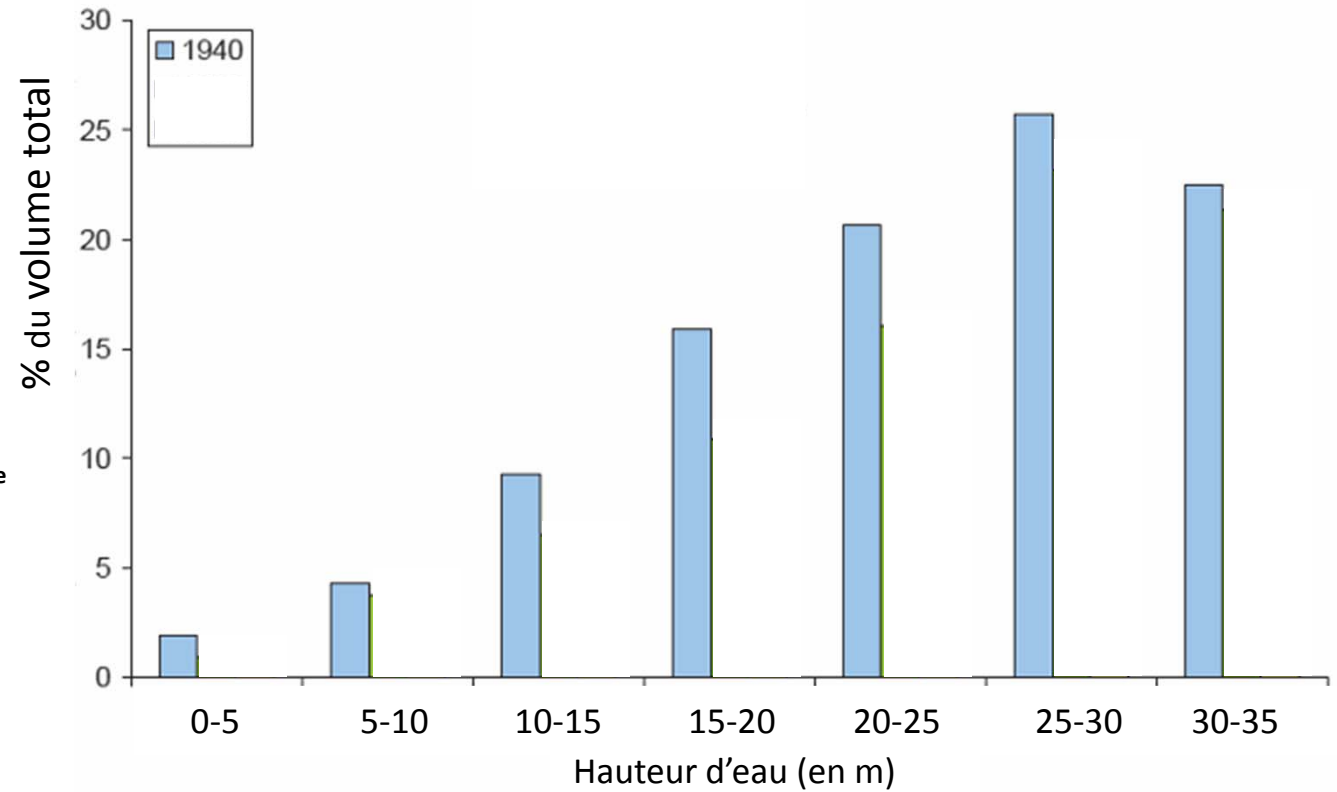
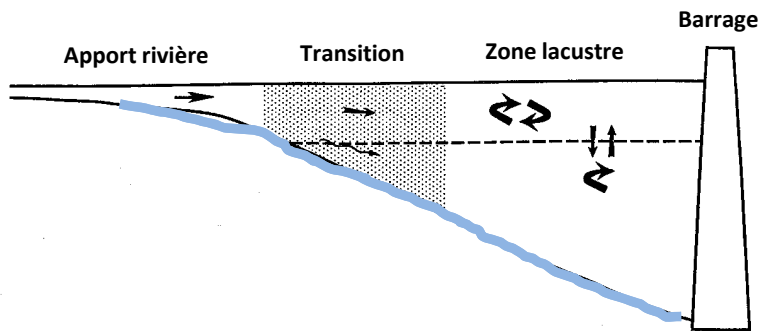


Densité des sédiments :  $550 \text{ kg/m}^3$  ➔ conversion en équivalent tonnes

# Bilan d'envasement

Estimation de la perte de capacité de stockage d'eau

1940 (88 Mm<sup>3</sup>)

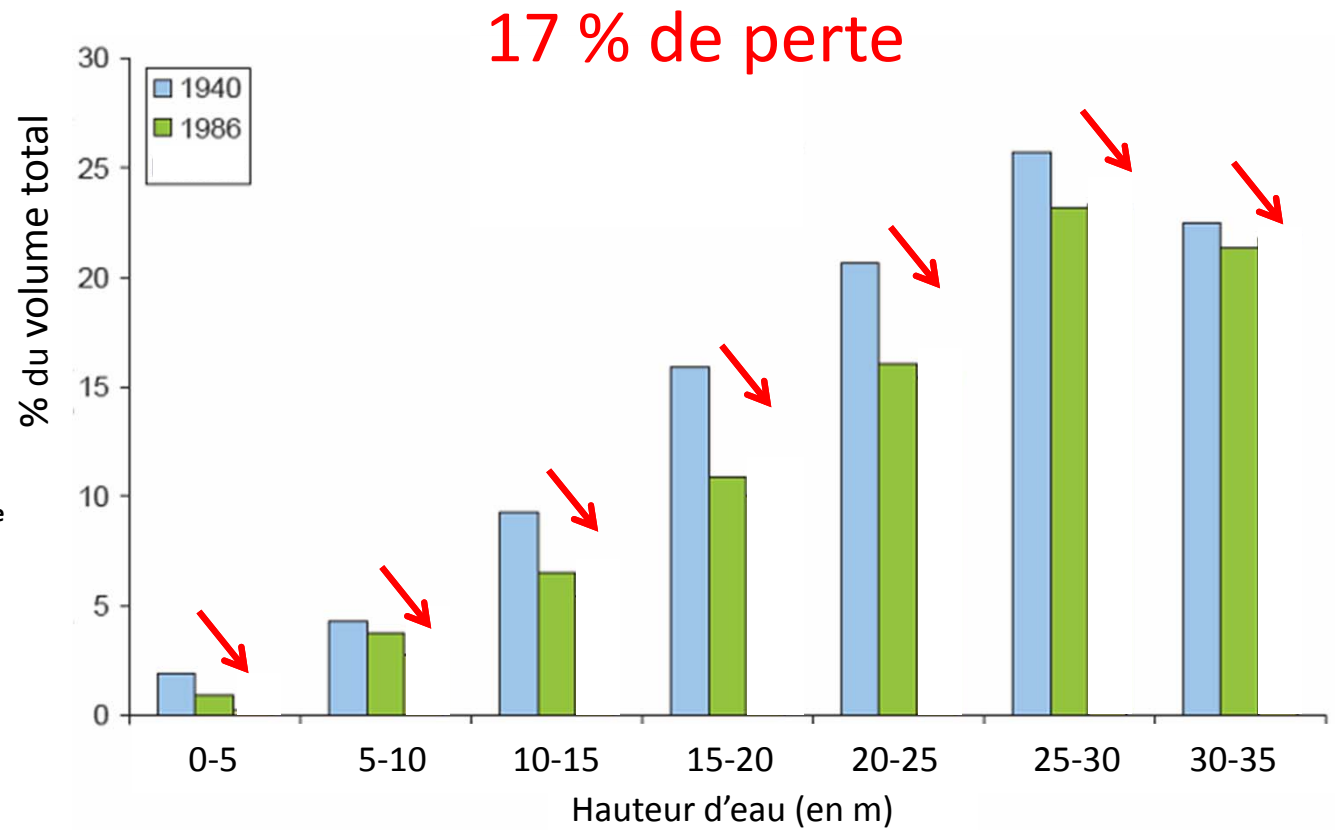
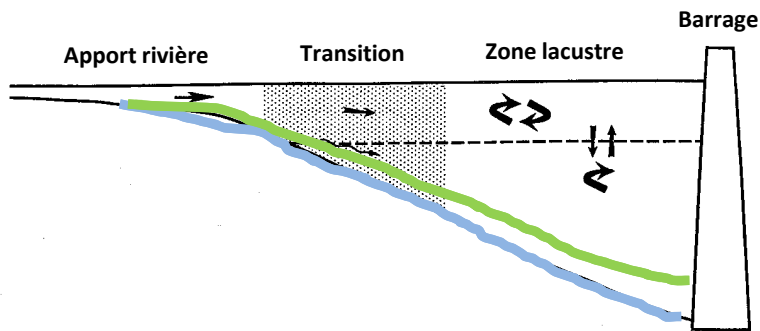


# Bilan d'envasement

Estimation de la perte de capacité de stockage d'eau

1940 (88 Mm<sup>3</sup>)

1986 (73 Mm<sup>3</sup>)





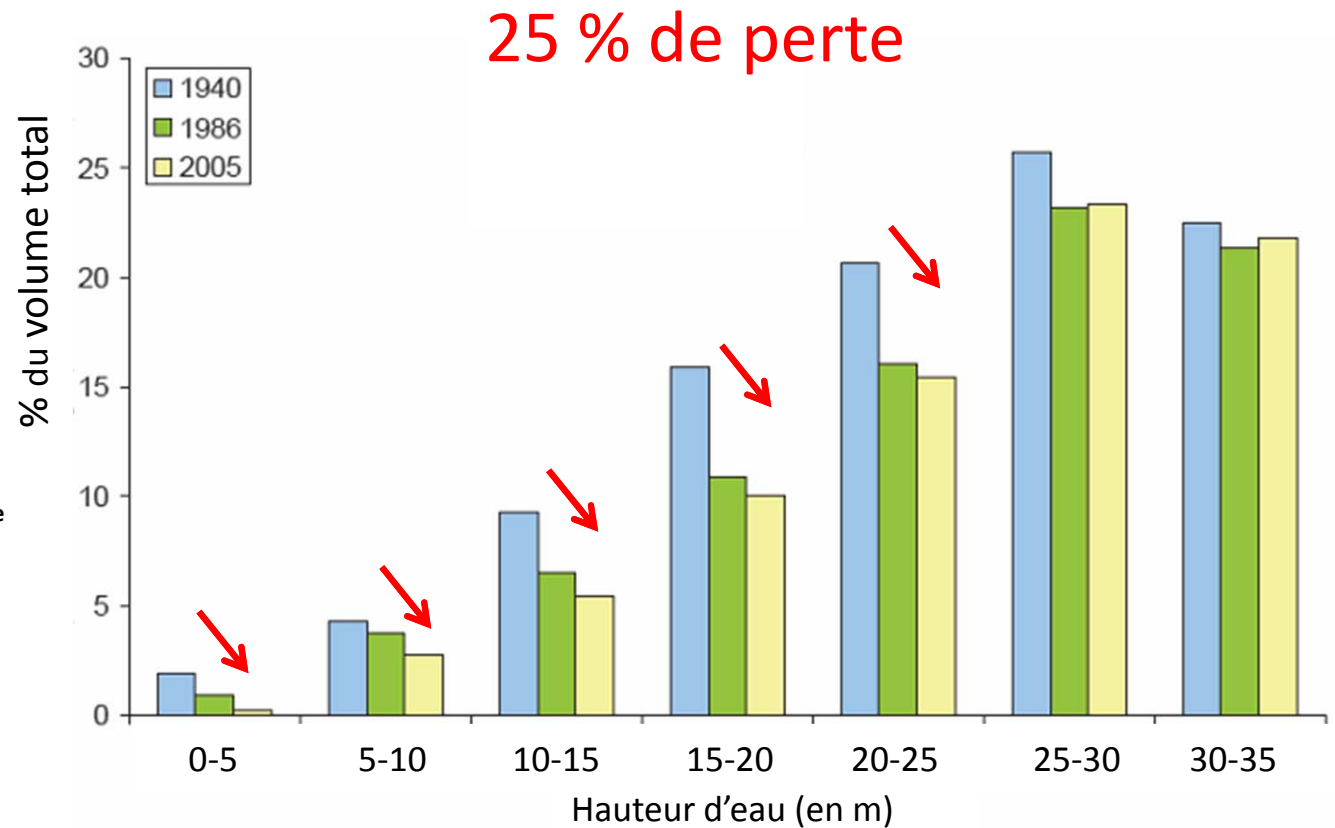
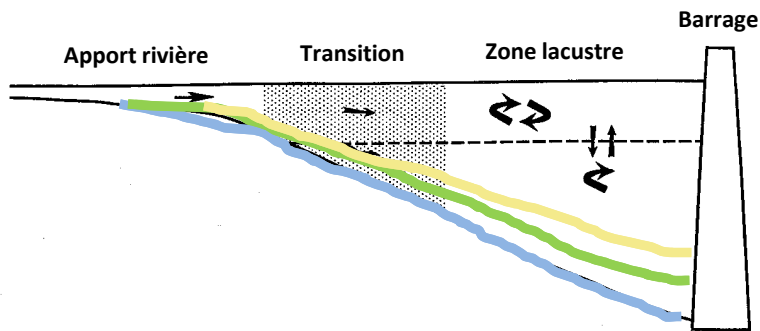
# Bilan d'envasement

Estimation de la perte de capacité de stockage d'eau

1940 (88 Mm<sup>3</sup>)

1986 (73 Mm<sup>3</sup>)

2005 (66 Mm<sup>3</sup>)





Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
4. Bilan d'envasement
5. Solutions

# Solutions

Comment éviter l'envasement?

## La remédiation

- revégétalisation des zones érodées du bassin versant  
➔ limitation érosion/ruissellement

avant



après



# Solutions

Comment éviter l'envasement?

## Les interventions de désenvasement

- chasse hydraulique
- dragage / curage





Dr Julien Némery  
Grenoble INP

## Envasement des barrages réservoirs

1. Usages et impacts
2. Carte d'identité d'un réservoir
3. Bilan hydrologique
4. Bilan d'envasement
5. Solutions

# Notions vues dans la séquence

- Usages et impacts des barrages réservoirs
- Calcul des bilans
  - hydrologique
  - d'envasement
- Solutions au problème d'envasement

Le barrage de Cointzio (Mexique)



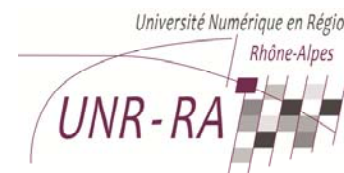
# Des rivières et des hommes



## Réalisation



## Avec le soutien de



## Crédits photo

---

Basses eaux sur le barrage de Cointzio : **J. Némery**

Hoover Dam ©**Hugy**

Graphique rétention de sédiment : **Vorösmarty et al** (2003), Global Planetary

Carottage sur le barrage de Cointzio - Figure d'érosion sur le bassin versant de

Cointzio - Revégétalisation sur le bassin versant de Cointzio : **P. Bonté**

Chasse hydraulique dans la vallée de l'Arc (France) : **M. Jodeau**

Dredging the canal... ©**Niceregionpics**

# Réalisation multimédia

---



PerForm - Grenoble INP



Service TICE-EAD de l'Université Pierre-Mendès-France, Grenoble 2