



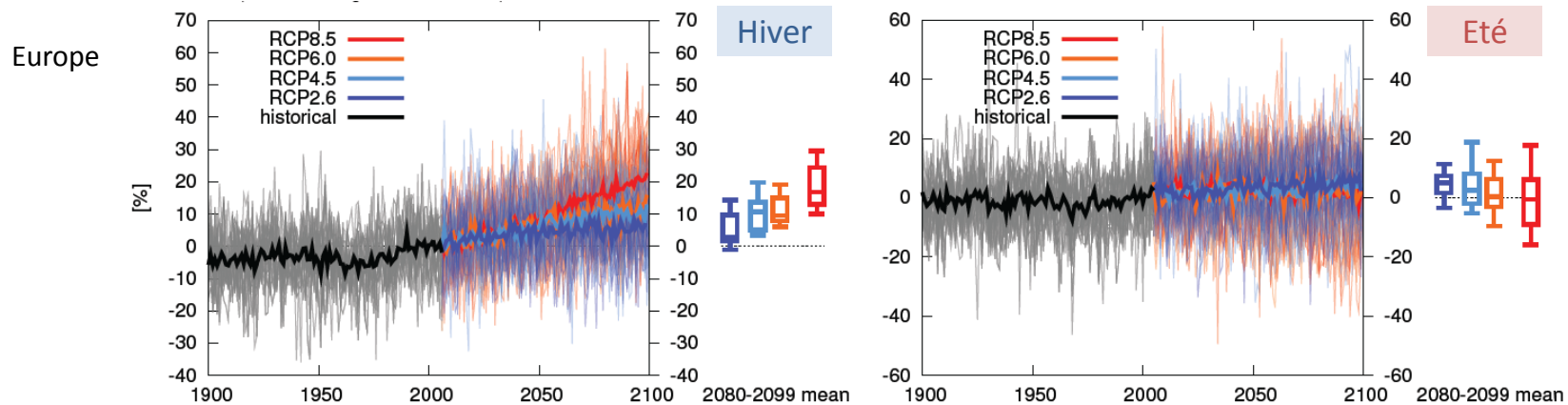
(R)évolutions dans la gestion des eaux de surface



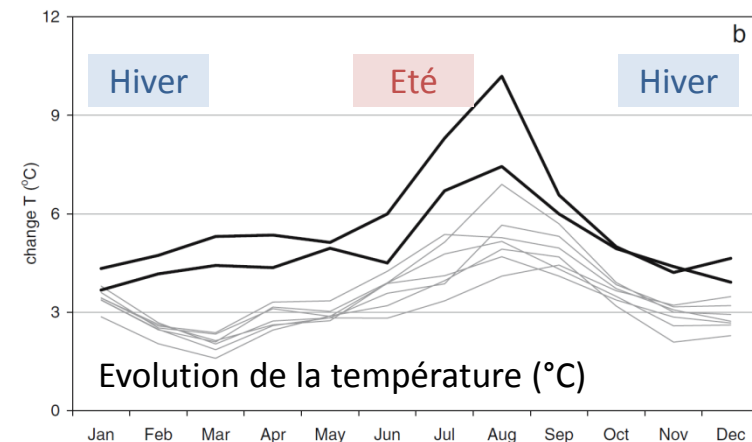
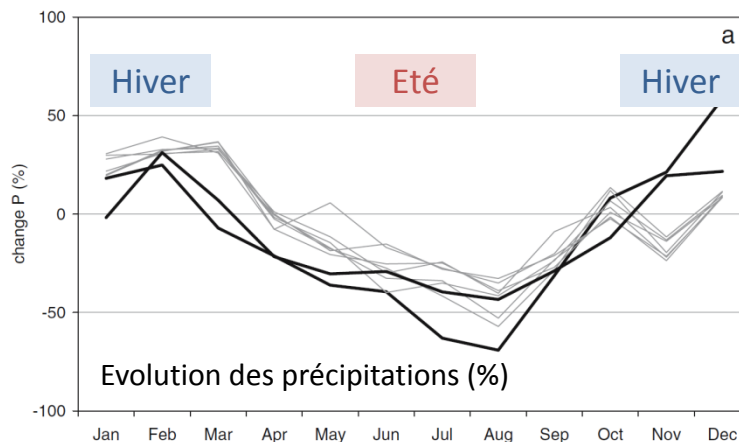
Benjamin Dewals

Les impacts anthropiques sur l'environnement affectent directement le cycle hydrologique

Davantage d'eau en hiver et moins d'eau en été ...



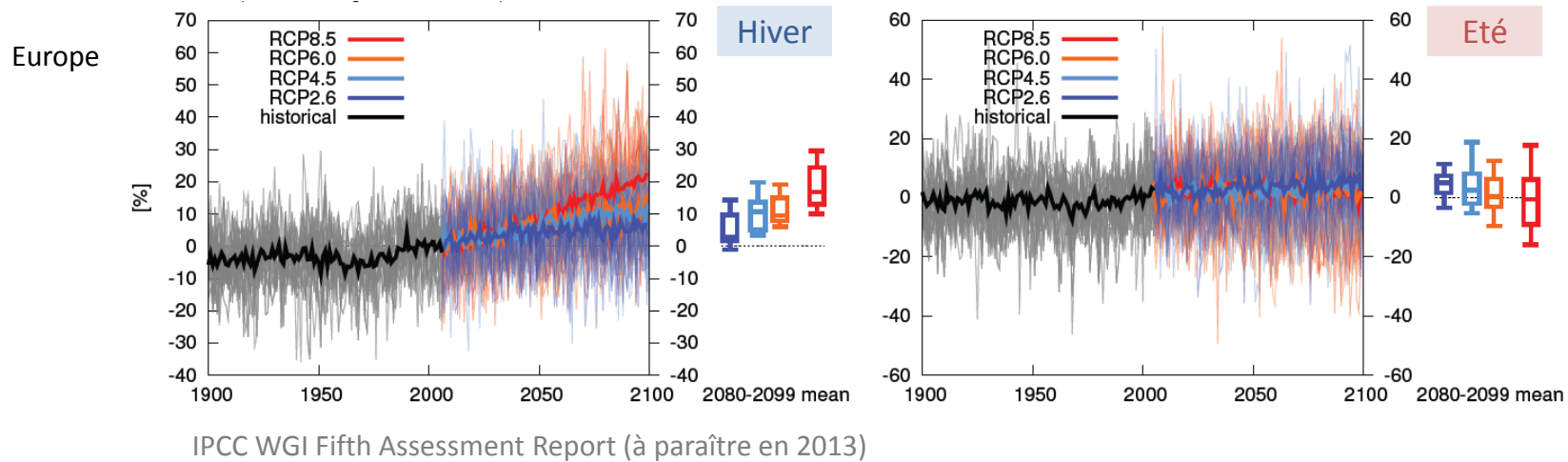
Meuse basin
(2070-2100)
vs. (1960-1990)



de Wit *et al.* (2007), in *Climatic change*

Les impacts anthropiques sur l'environnement affectent directement le cycle hydrologique

Davantage d'eau en hiver et moins d'eau en été ...

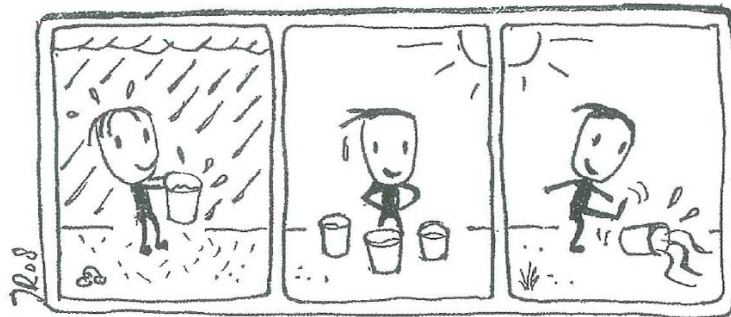
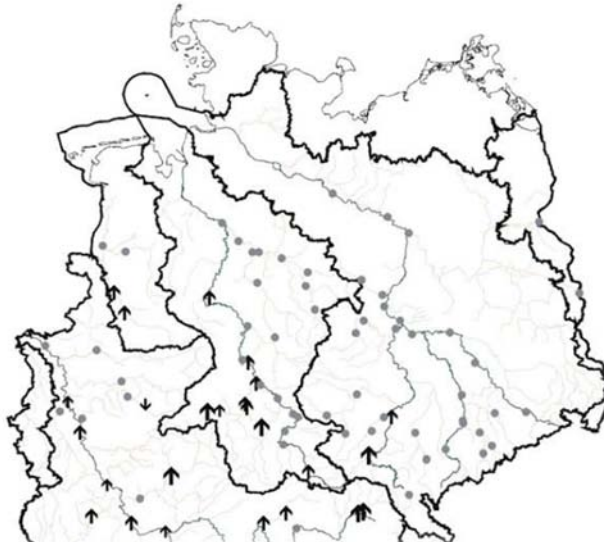


Démographie
et urbanisation croissantes



Les impacts anthropiques sur l'environnement affectent directement le cycle hydrologique

Episodes extrêmes plus marqués (crues, étiages)



CAPTER

STOCKER

EVACUER



Les barrages-réservoirs jouent aussi un rôle majeur dans l'atténuation des changements climatiques

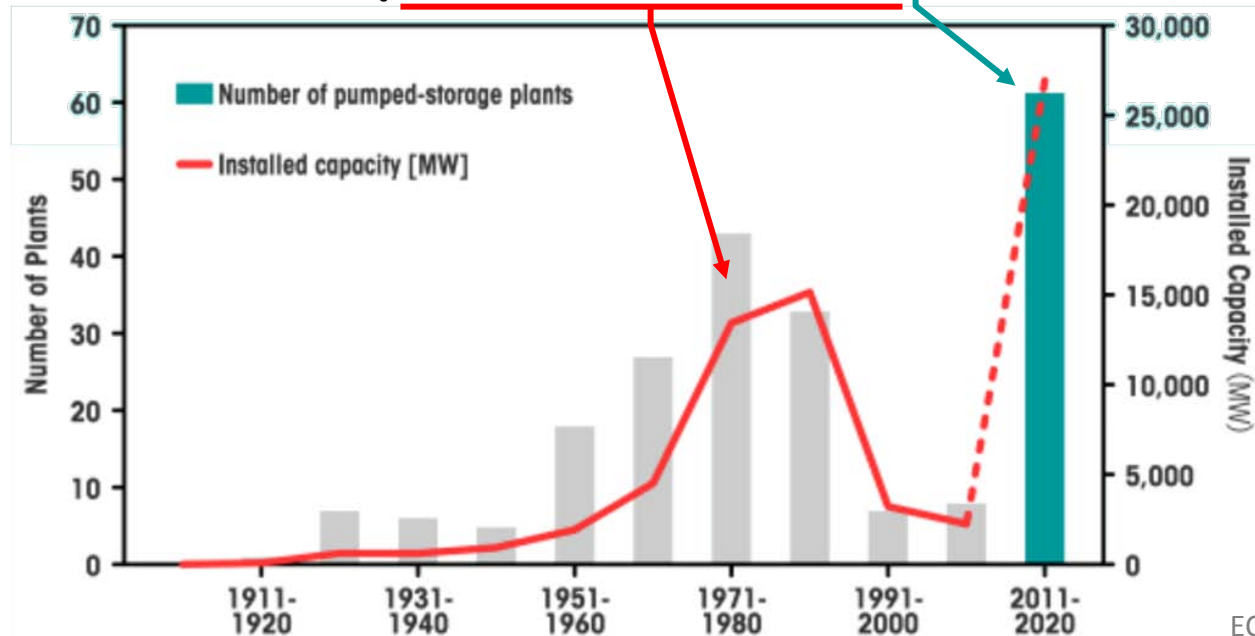


Threat



Opportunity

Les stations de pompage-turbinage servent de tampon entre une demande électrique fluctuante ...
et une production *renouvelable* intermittente.



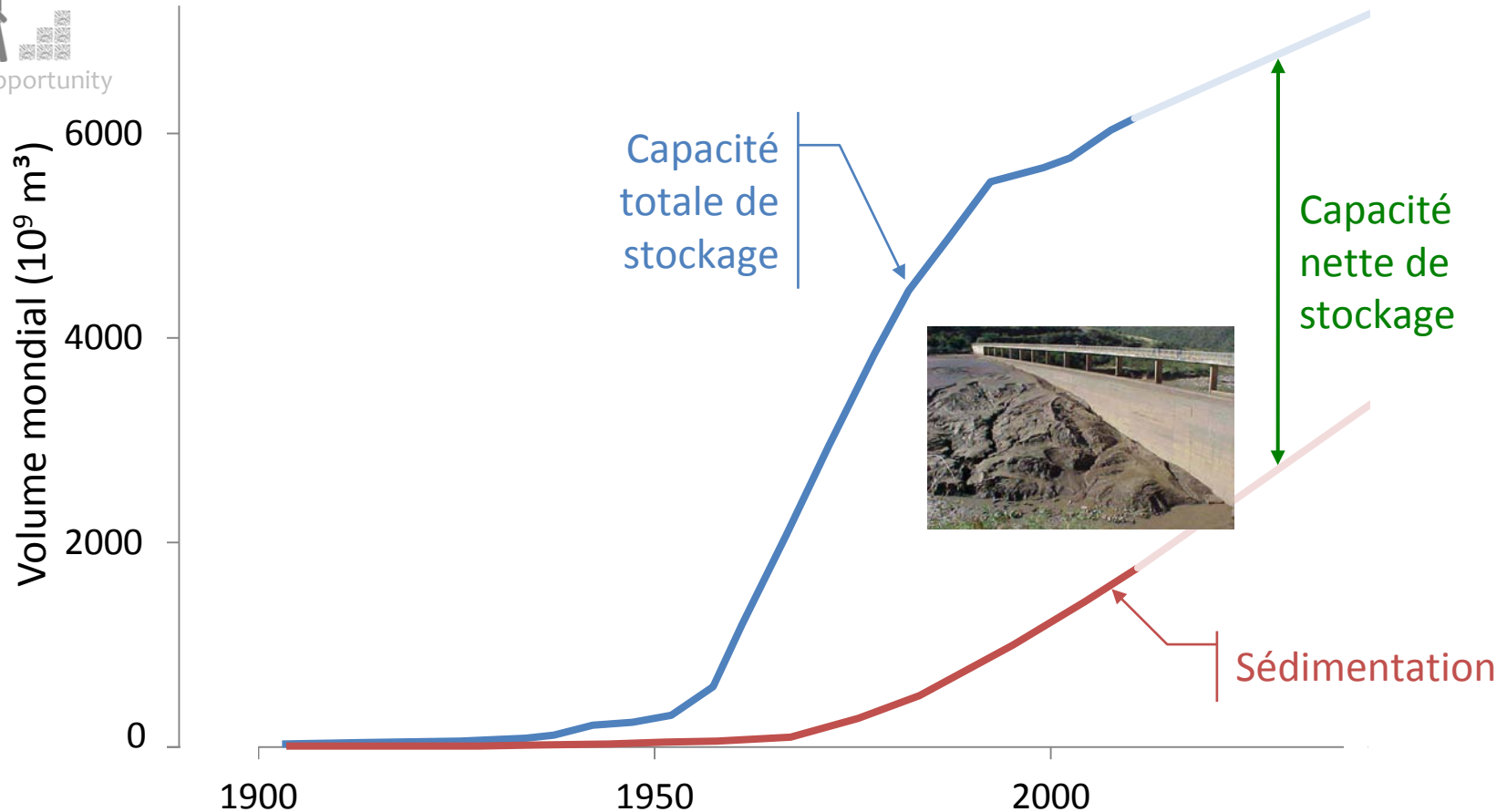
1 à 2% de la capacité de stockage mondiale est perdue chaque année par sédimentation dans les réservoirs



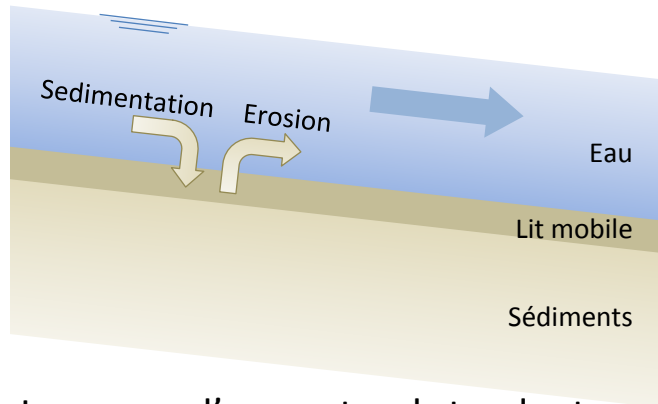
Threat



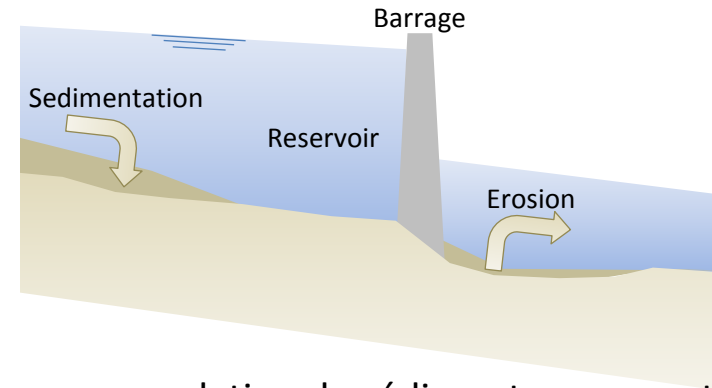
Opportunity



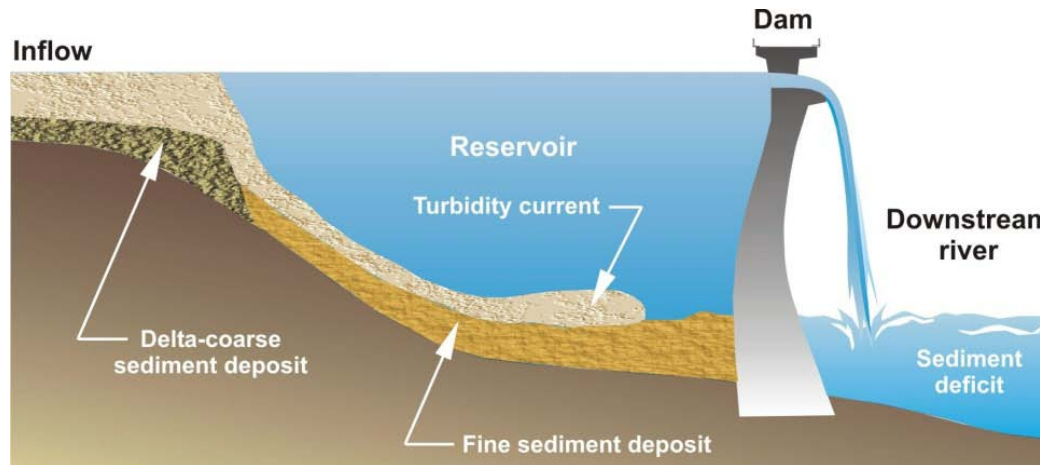
Les ouvrages de retenue (barrages, seuils, ...) interrompent la continuité sédimentaire



Les cours d'eau naturels tendent vers un équilibre hydrosédimentaire



accumulation de sédiments en amont
déficit sédimentaire en aval



Tri granulométrique dans le réservoir

Atténuation
by-pass
check-dams

Remédiation
dragage
chasses

La gestion optimale des sédiments requiert une connaissance fine de l'écoulement

Taux de rétention des sédiments dans le réservoir
($TE = Trapping Efficiency$)

$$TE = \frac{\text{Débit solide entrant} - \text{Débit solide sortant}}{\text{Débit solide entrant}}$$

Formules empiriques



Modélisation de l'écoulement et du transport solide



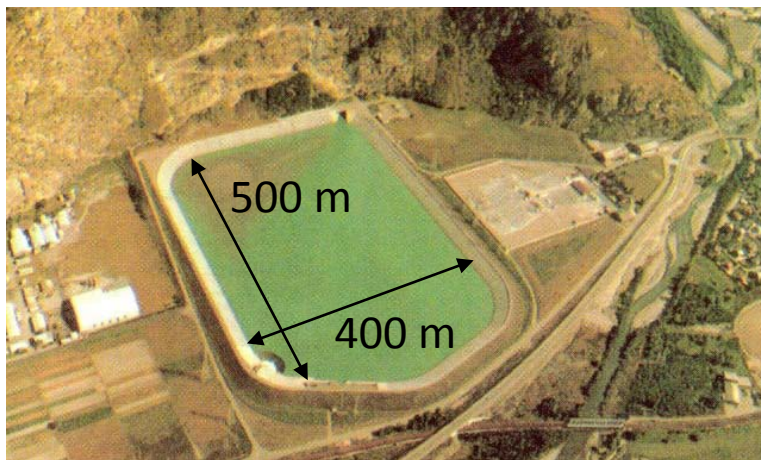
- hauteurs d'eau
- champs de vitesses

...

- état de turbulence à l'échelle du grain

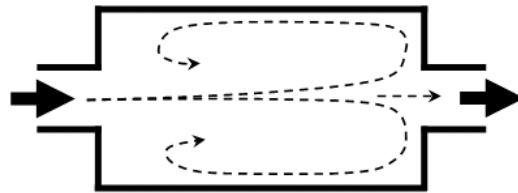


Des écoulements complexes se développent même dans des ouvrages de géométrie très simple



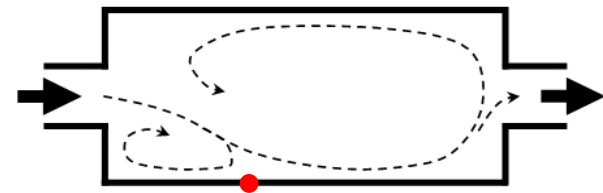
Différentes configurations d'écoulement sont observées selon la géométrie du réservoir rectangulaire

Réservoirs « courts »
écoulement symétrique



$TE \sim 10\%$

« Longueurs intermédiaires »
1 point de rattachement



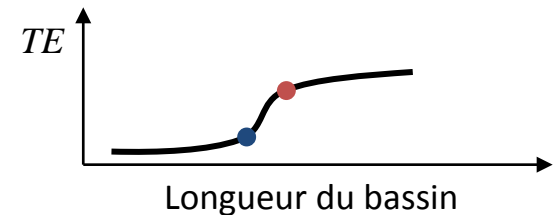
R_1

$TE \sim 50\%$

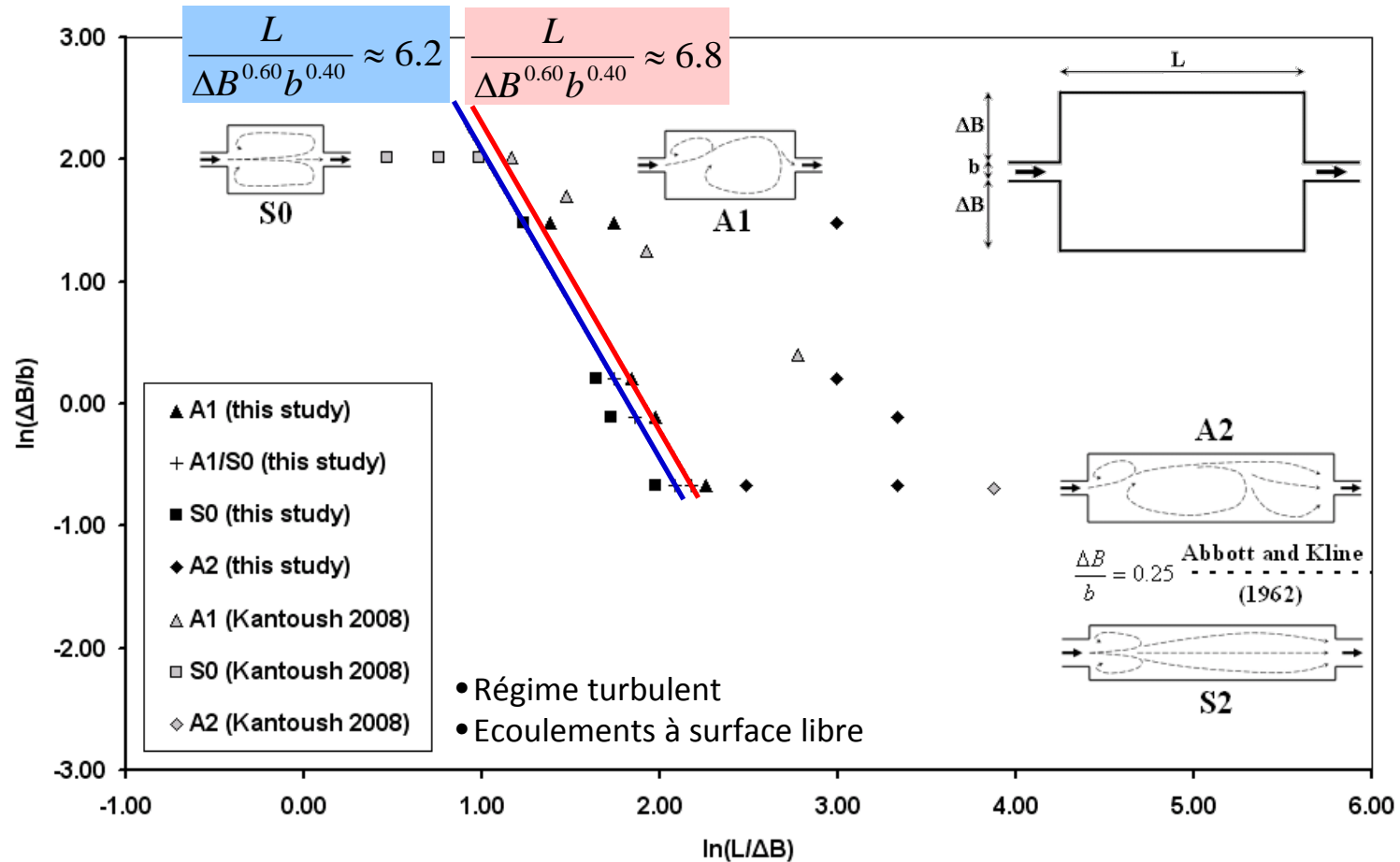
Dewals, Kantoush et al. (2008)
in *Env. Fluid Mech.*

Importance pratique:

- géométries peu différentes
- taux de rétention fortement modifié



La typologie des écoulements a été établie par une approche combinée expérimental-numérique

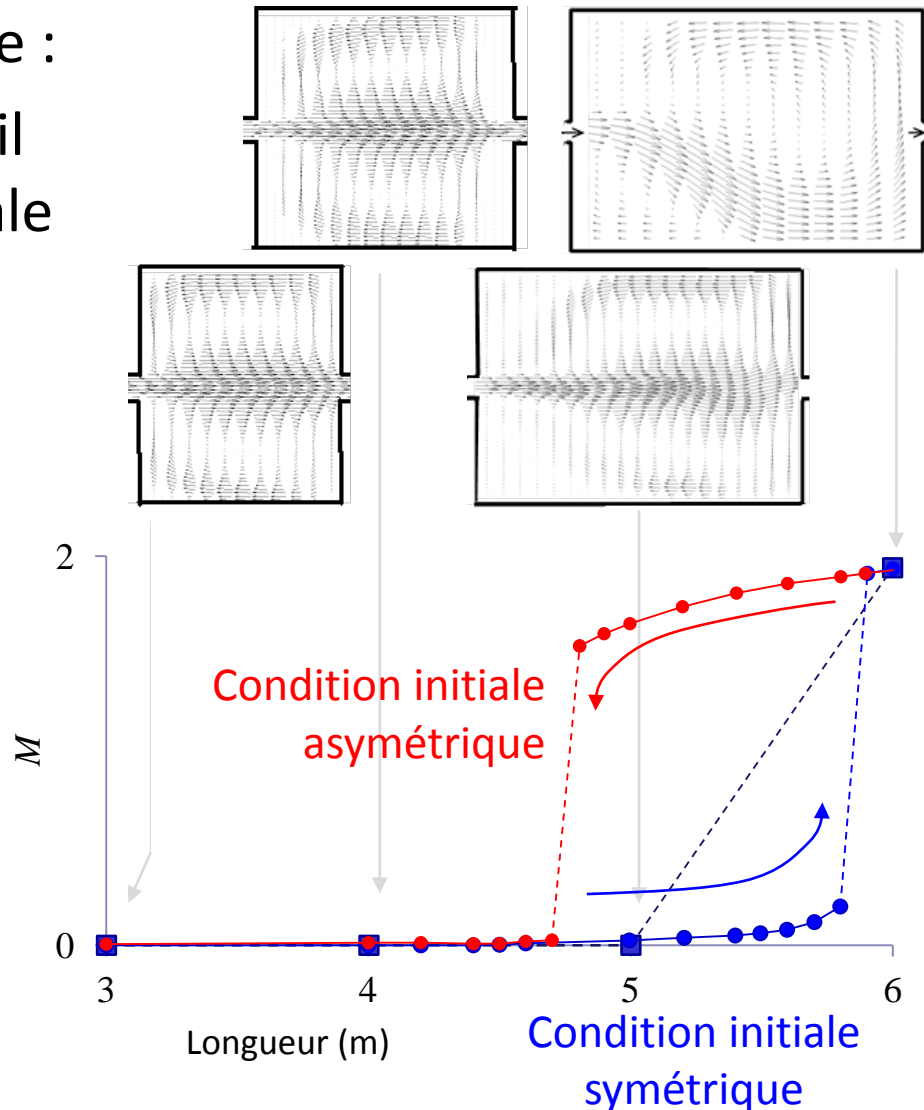


Dans la zone de transition,
un comportement de type hystérésis peut se produire

Indicateur d'asymétrie :
le moment M du profil
de vitesse longitudinale

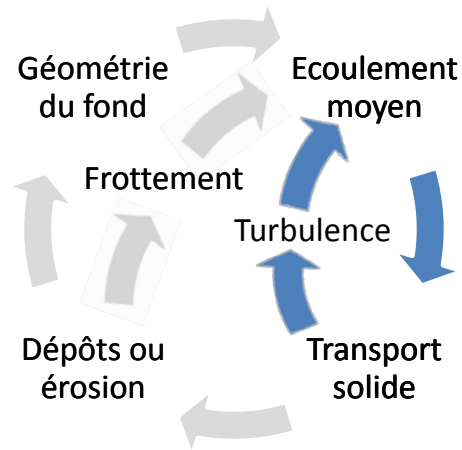
$$m = \frac{2}{UB^2} \int_{-B/2}^{B/2} uy \, dy$$

$$M = \frac{1}{L} \int_0^L |m| \, dx$$



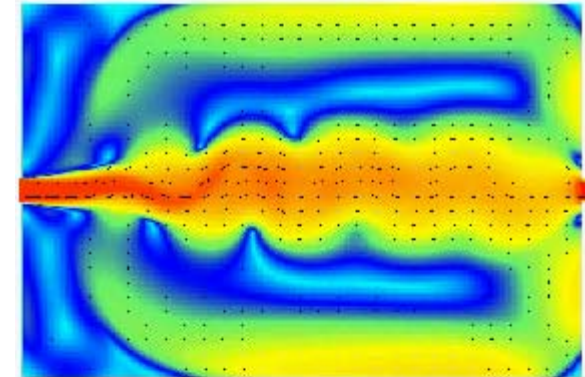
Dewals, Epicum et al. (2012)
in *J. Hydraul. Res.*

Recherches en cours : influence des sédiments en suspension sur la turbulence et écoulements oscillants

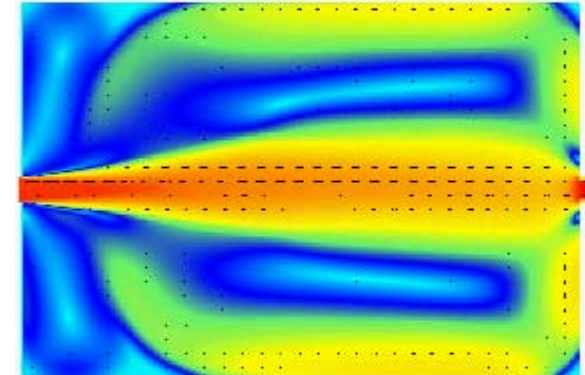


Des sédiments fins par rapport aux échelles caractéristiques de la turbulence peuvent atténuer la turbulence de l'écoulement

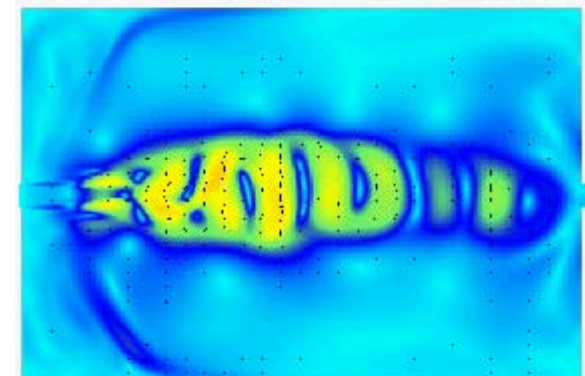
Écoulement dans le réservoir



Composante moyenne

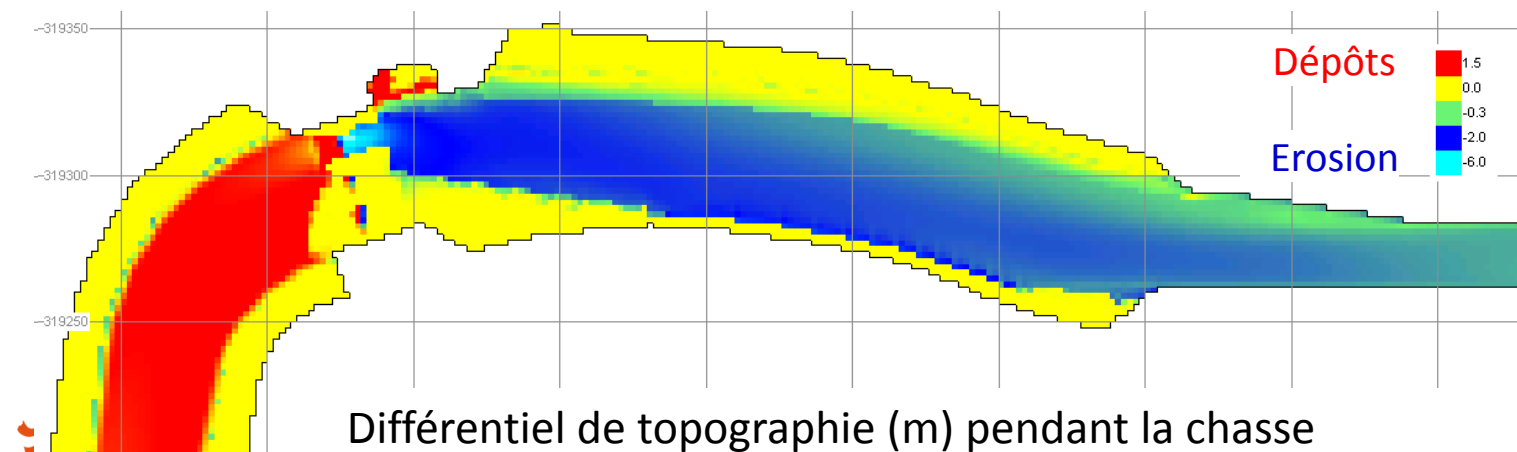
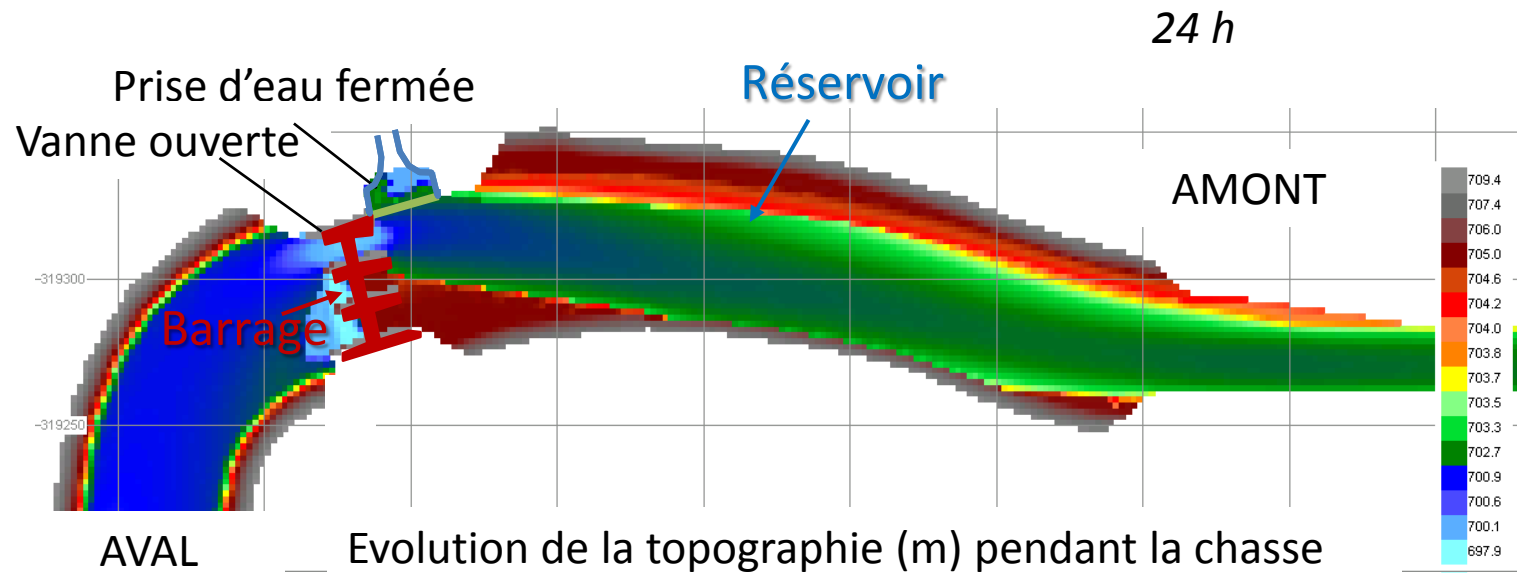


Composante oscillante



$$St = f(Fr)$$

Les simulations multidimensionnelles (2D et 3D) permettent de diagnostiquer et gérer les cas réels



Une approche intégrée à l'échelle du bassin versant s'impose pour une gestion optimale des réservoirs



Contrôle optimum multi-objectifs

Maximiser



Revenus hydroélectriques



Services environnementaux

Minimiser



Risque d'inondation



Sédimentation

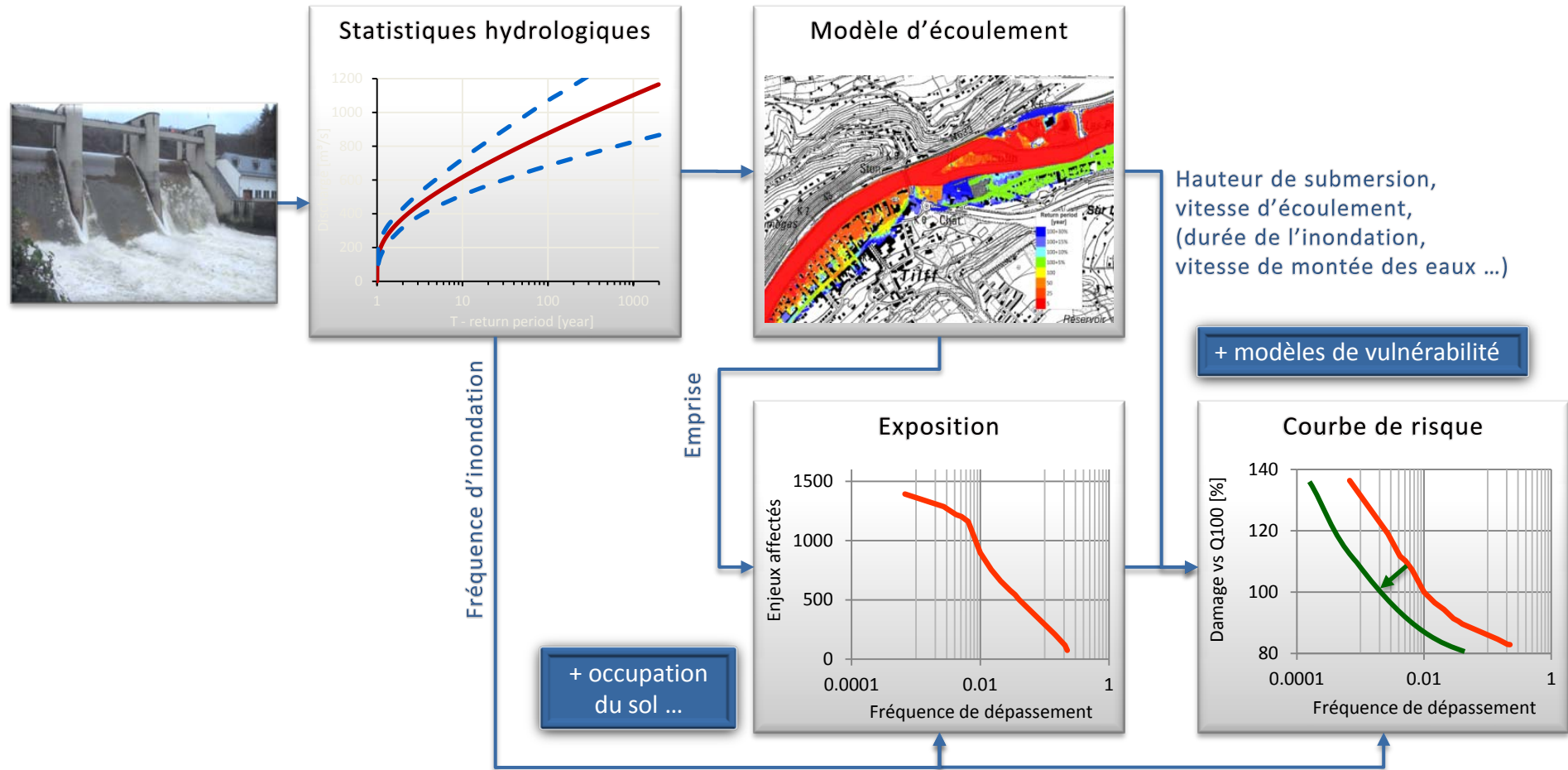


Défaut d'approvisionnement



Interruptions de la navigation

Les choix de gestion doivent être évalués en termes de « risque » évité ou accru



L'analyse de risque contribue aussi à une évaluation fondée et objective de mesures de protection en aval



Threat



Opportunity



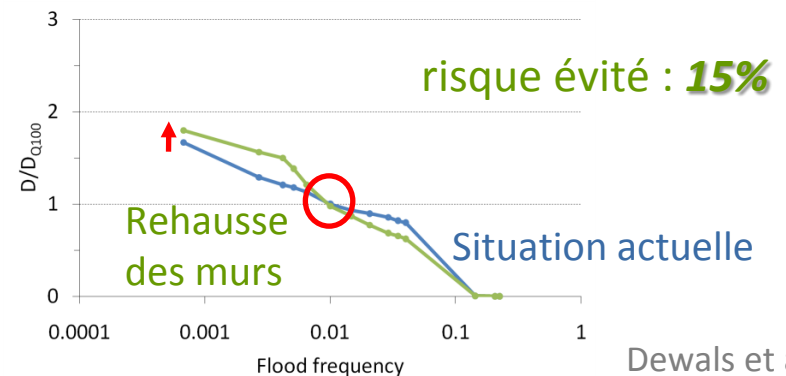
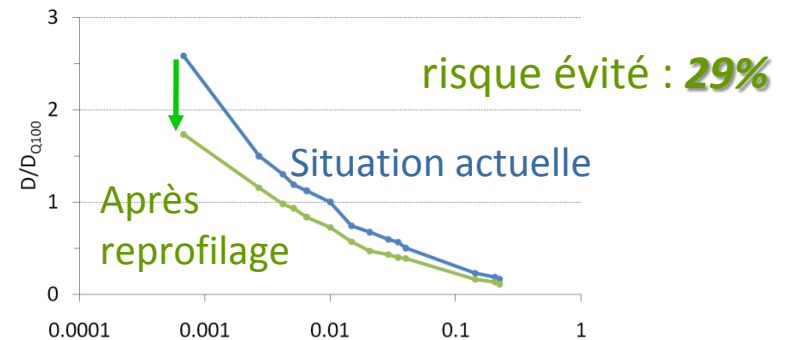
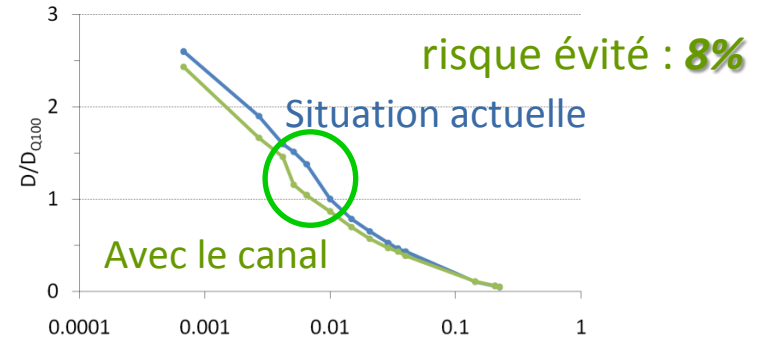
Réhabilitation d'un canal



Reprofilage du lit majeur



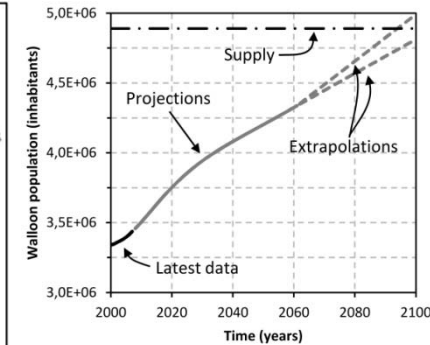
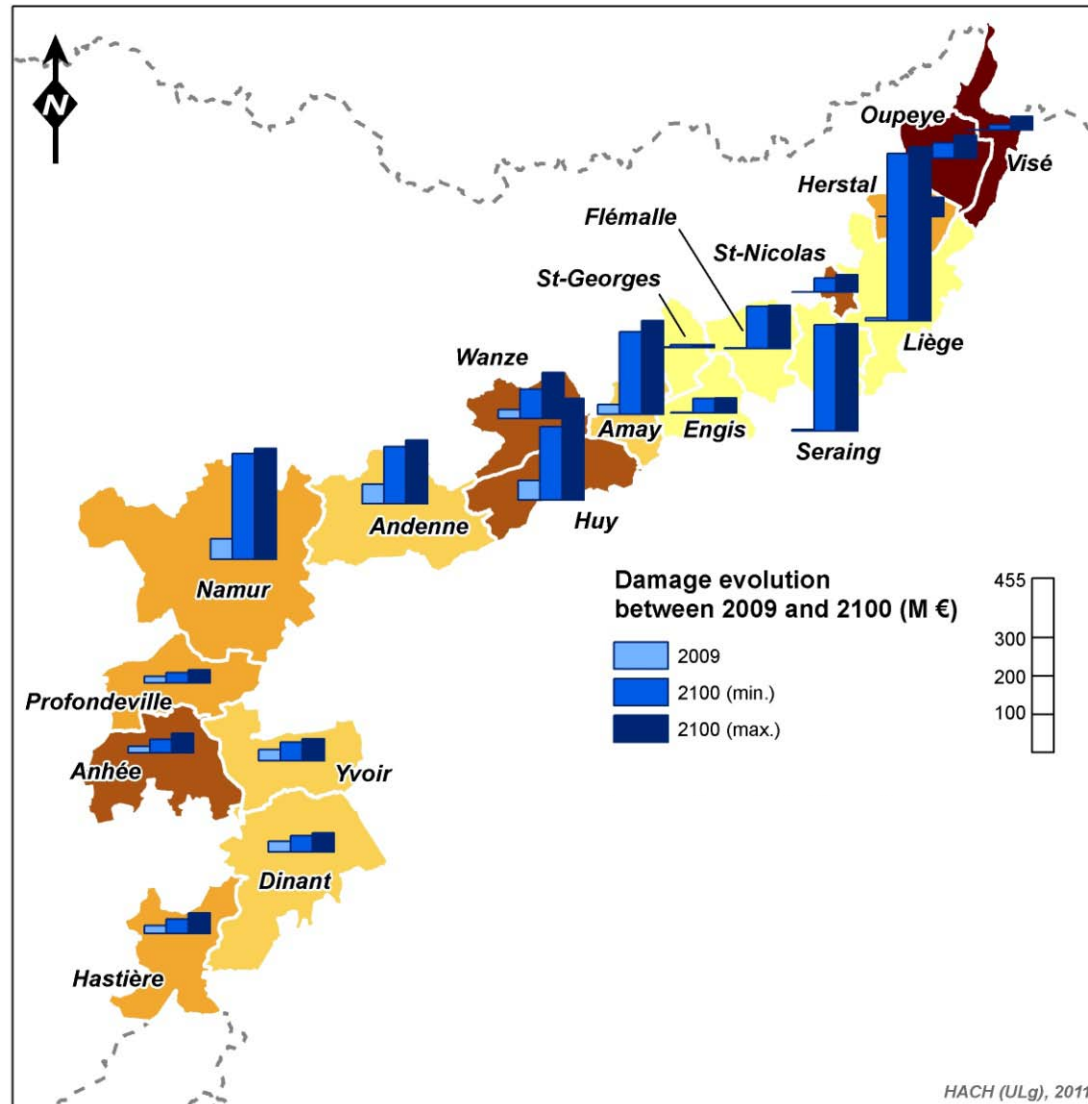
Rehausse de murs anti-crues



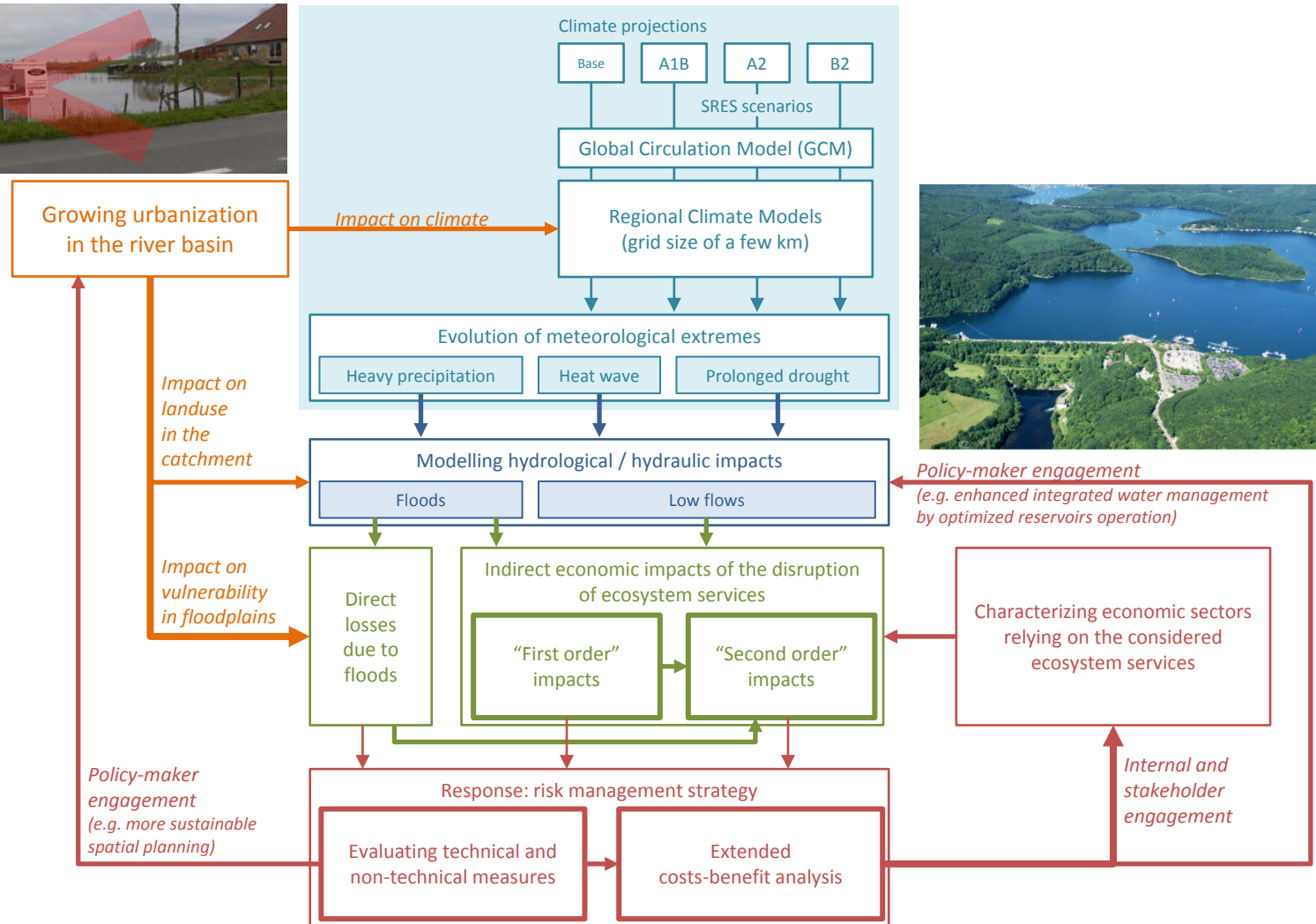
Dewals et al. (2011)

“A single number is not a big enough concept to communicate the idea of risk. It takes a whole curve”. Kaplan and Garrick (1981)

Une part significative de l'accroissement des dommages dus aux inondations sera imputable à l'urbanisation future



La gestion du risque associé aux extrêmes hydrologiques requiert une approche systémique et intégrée



Pour différentes échelles spatiales d'analyse, la cohérence entre données, méthodes et résultats doit être assurée

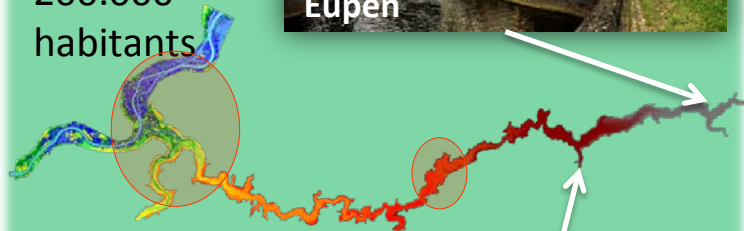
Analyse micro-échelle

Optimisation de la gestion des barrages de la Vesdre et impacts en aval (70 km, BV : 700 km²)

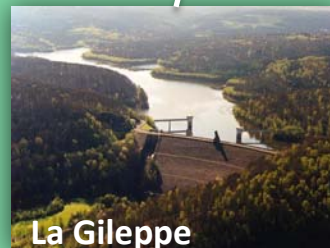
Liège
200.000
habitants



Eupen



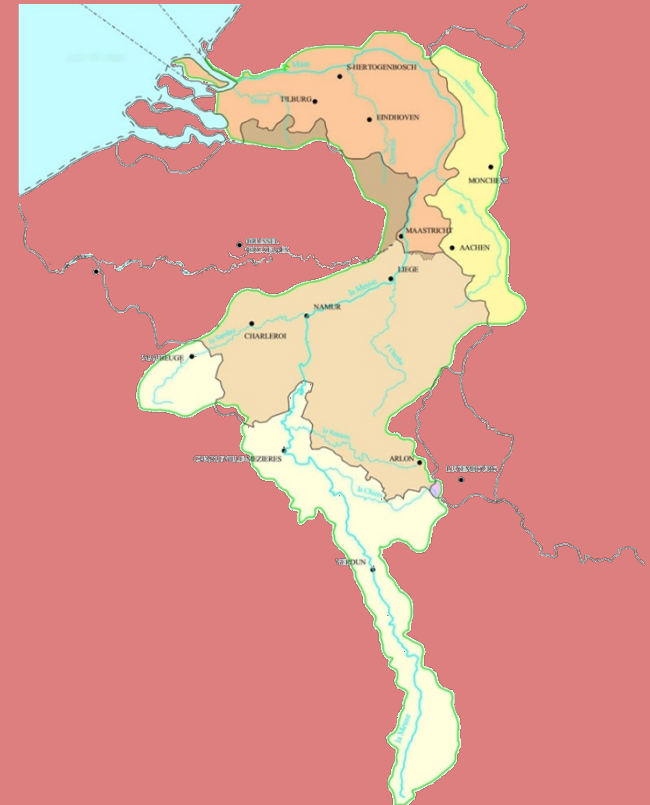
Verviers
55.000 habitants



La Gileppe

Analyse méso-échelle

Analyse du risque d'inondation de la source à l'embouchure de la Meuse (900 km, 30.000 km²)



Conclusions

Les **barrages-réservoirs** joueront un rôle majeur dans l'adaptation de la gestion des eaux de surface face aux changements environnementaux

Une gestion optimale des ressources en eaux requiert une **approche systémique, intégrée et orientée risque**, pour laquelle des méthodologies existent

Des outils de modélisation existent pour élaborer des stratégies de **gestion durable des sédiments** tant sur le plan technico-économique qu'environnemental

L'ingénieur modélisateur doit systématiquement vérifier la **stabilité** des solutions simulées



(R)évolutions dans la gestion des eaux de surface



Benjamin Dewals