

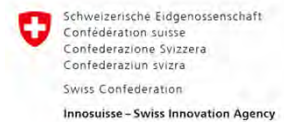
GESTION INNOVATIVE DES SEDIMENTS POUR UNE CASCADE DE RESERVOIRS ALPINS

- KNOWLEDGE AND TECHNOLOGY TRANSFER FOR HYDROPOWER -

Samuel Vorlet | Pedro Manso

samuel.vorlet@epfl.ch | pedro.manso@epfl.ch

SCCER-SoE Annual Conference 2019, Lausanne



Motivation

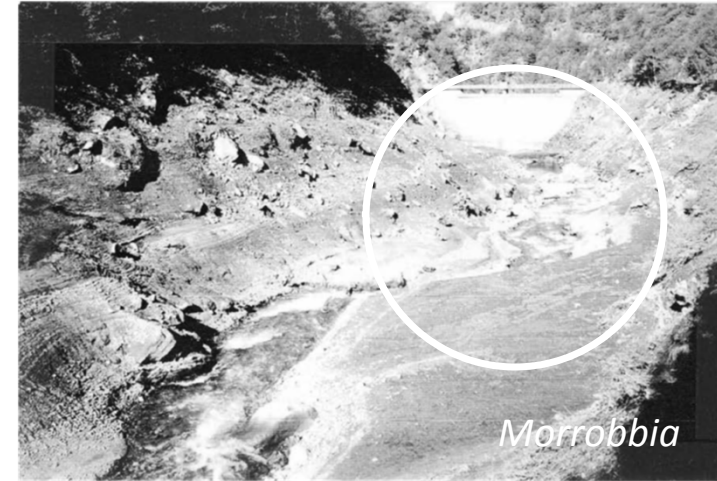
- Réservoirs alpins sujets à la sédimentation
- Flux entrants de sédiments principalement composés de sédiments fins
- Risques:
 - Blocage de la vidange de fond (sécurité du barrage)
 - Abrasion des turbines
 - Perte de volume utile
 - Blocage des prises d'eau



Motivation

- Solution idéale
 - Maintien de la continuité des écoulements sédimentaires
 - Transfert des sédiments à travers le réservoir
- Réservoirs avec faibles flux annuels entrants
 - Ecoulements induits par le vent et les opérations suffisants
- Réservoirs avec des flux entrants relativement importants
 - Mesure additionnelles obligatoires

→ **Opérations de purge et vidange:** une des mesures les plus communes pour libérer les dépôts dans les réservoirs alpins

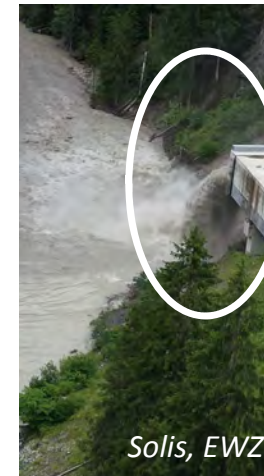


Motivation

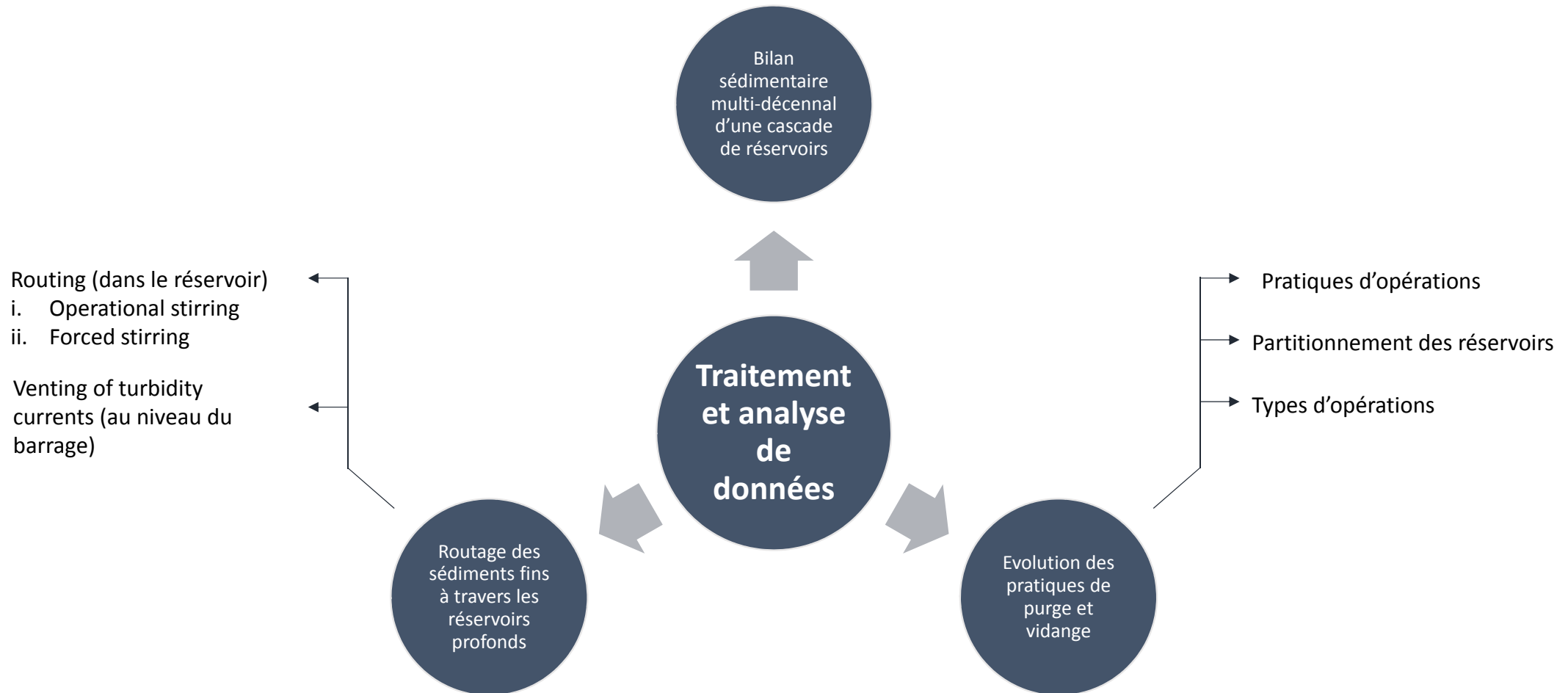
- Impacts négatifs sur les écosystèmes avals
- Impacts pour les opérations hydroélectriques
- Challenge pour les opérateurs:
 - Limitation de l'utilisation d'eau
 - Distributions de la taille des grains et concentrations
 - Taux / Timing / Localisation adéquats

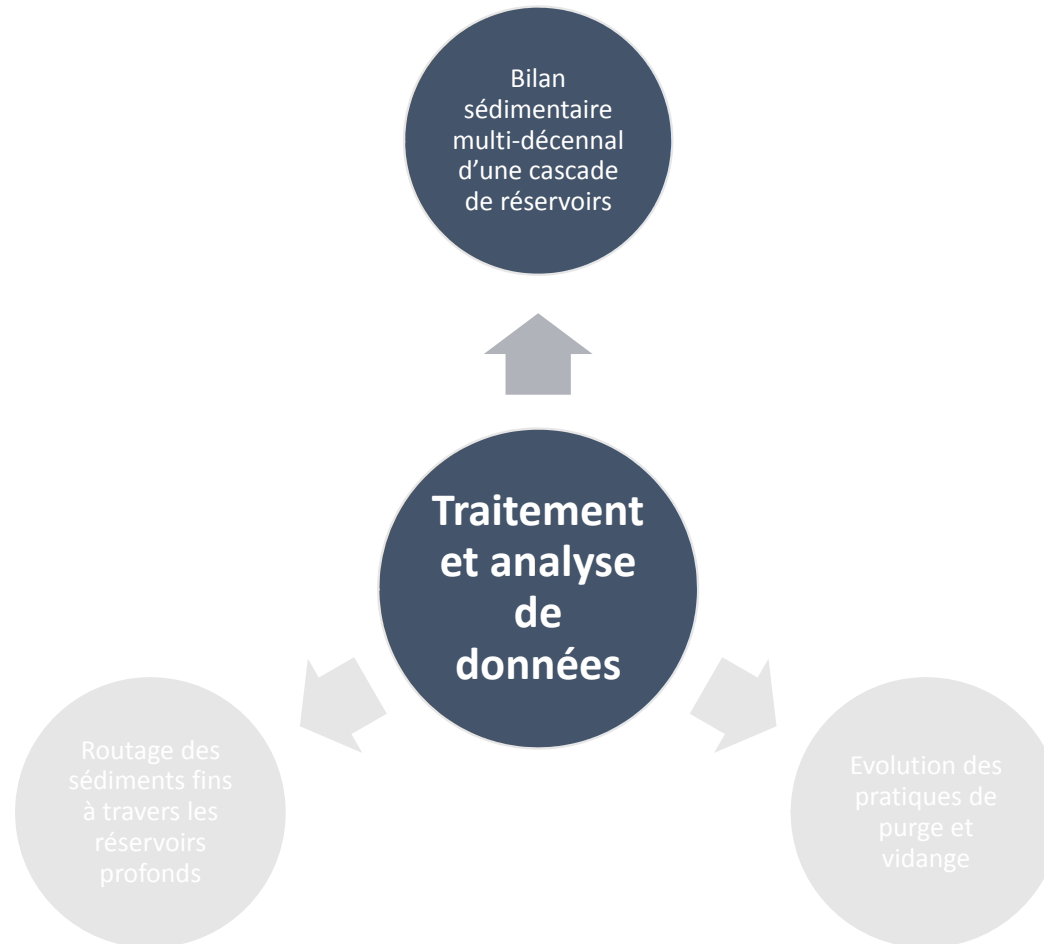


Écoulements chargés en sédiments:



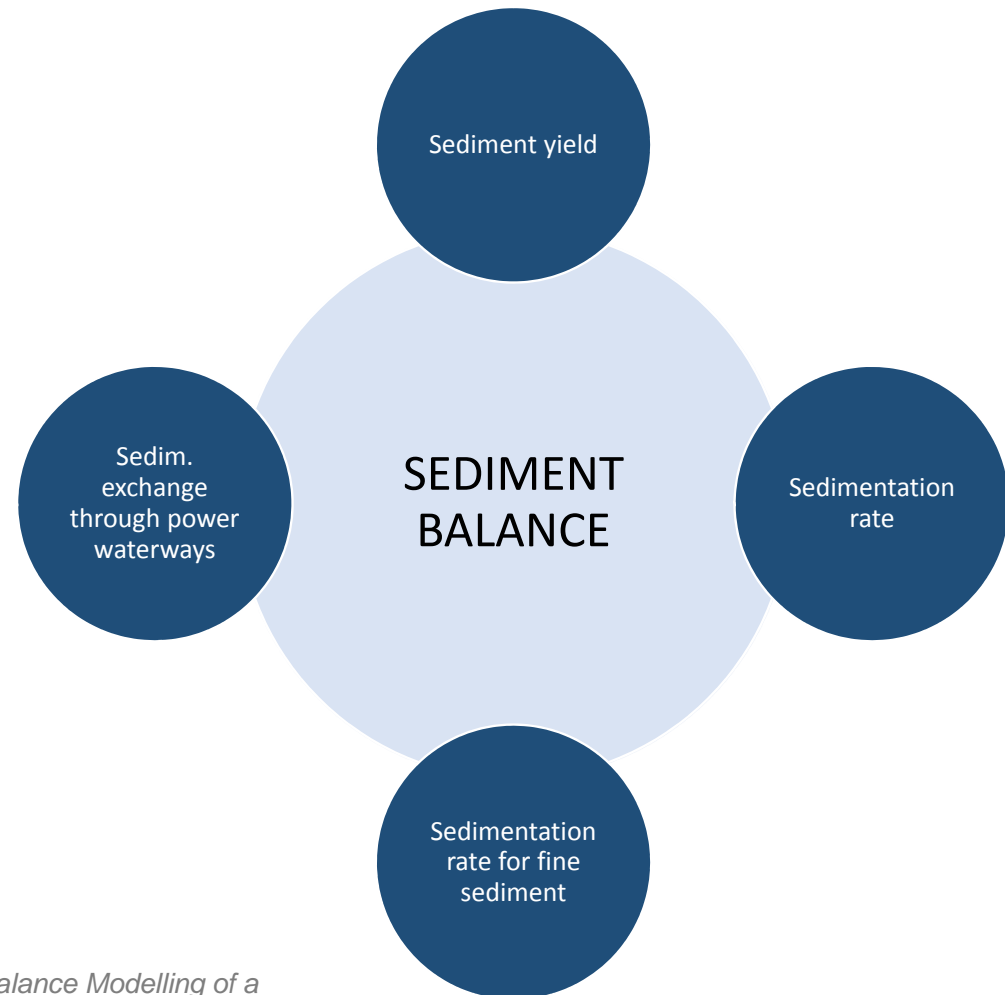
Méthodes





Bilan sédimentaire multidecadal d'une cascade de réservoirs

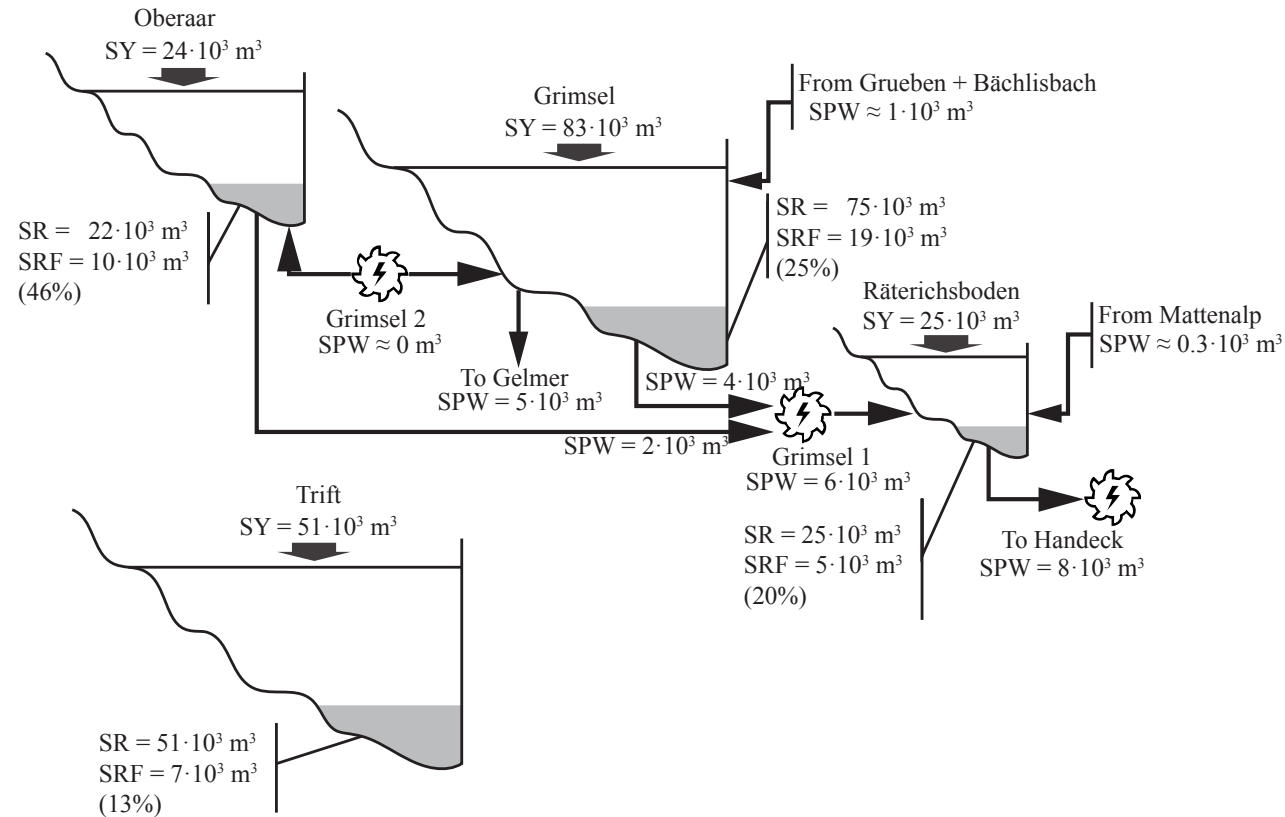
- **Model complet des flux d'entrée et sortie** des sédiments d'une cascade complexe de réservoirs interconnectés
- **Sous-modèles détaillés** des échanges sédimentaires mensuels et quotidiens

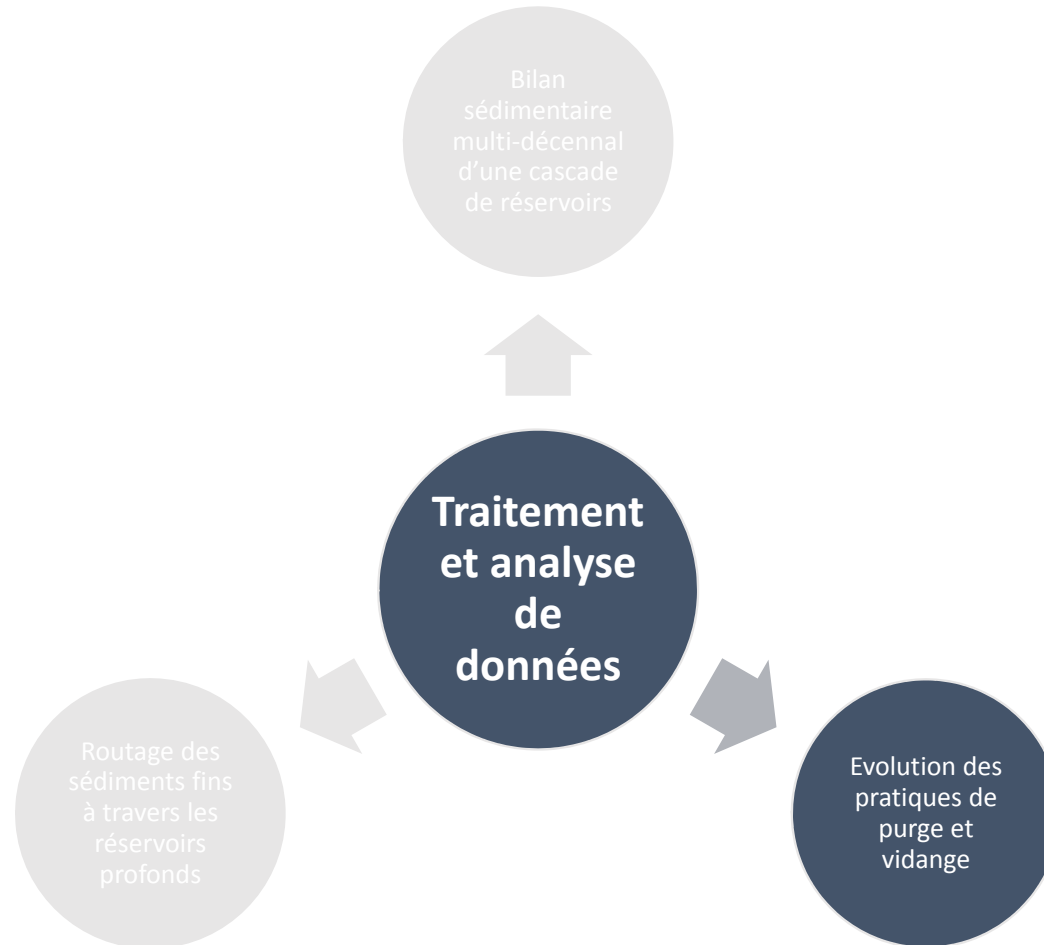


Guillen Ludena, S., Manso, P., & Schleiss, A.J. (2018). Multidecadal Sediment Balance Modelling of a Cascade of Alpine Reservoirs and Perspectives Based on Climate Warming. *Water*. 10(12), 17-59.

Bilan sédimentaire multi-décennal d'une cascade de réservoirs

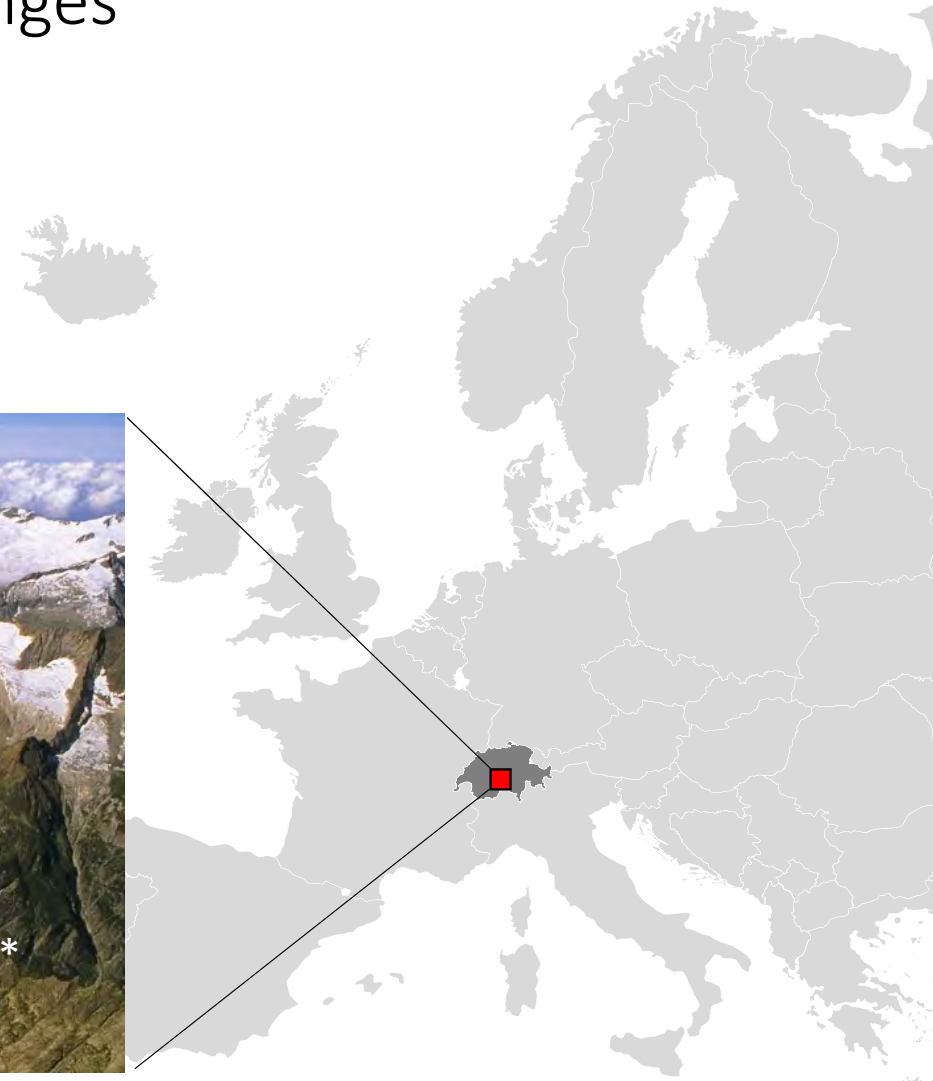
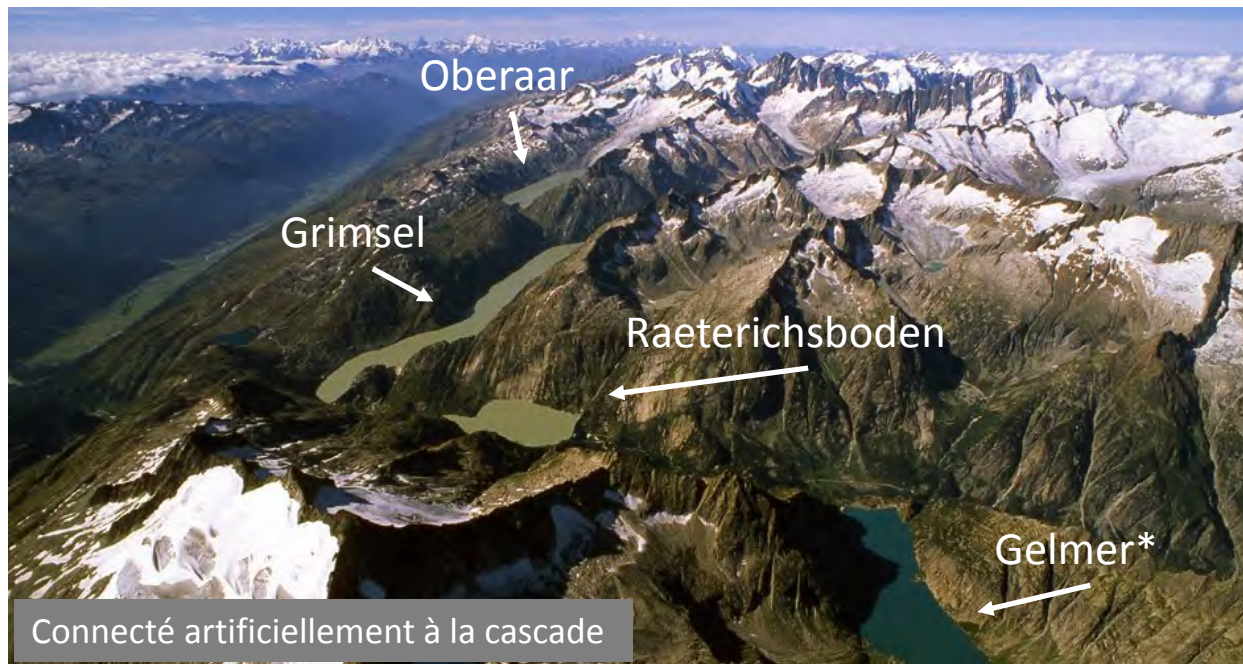
- Première **application** du modèle:
 - Quantification des taux de sédimentation (totaux et fins) par réservoir
 - Evaluation des impacts futurs du réchauffement climatique
- Outils approprié pour **réplication** dans d'autres cascades





Evolution des pratiques de purges et vidanges

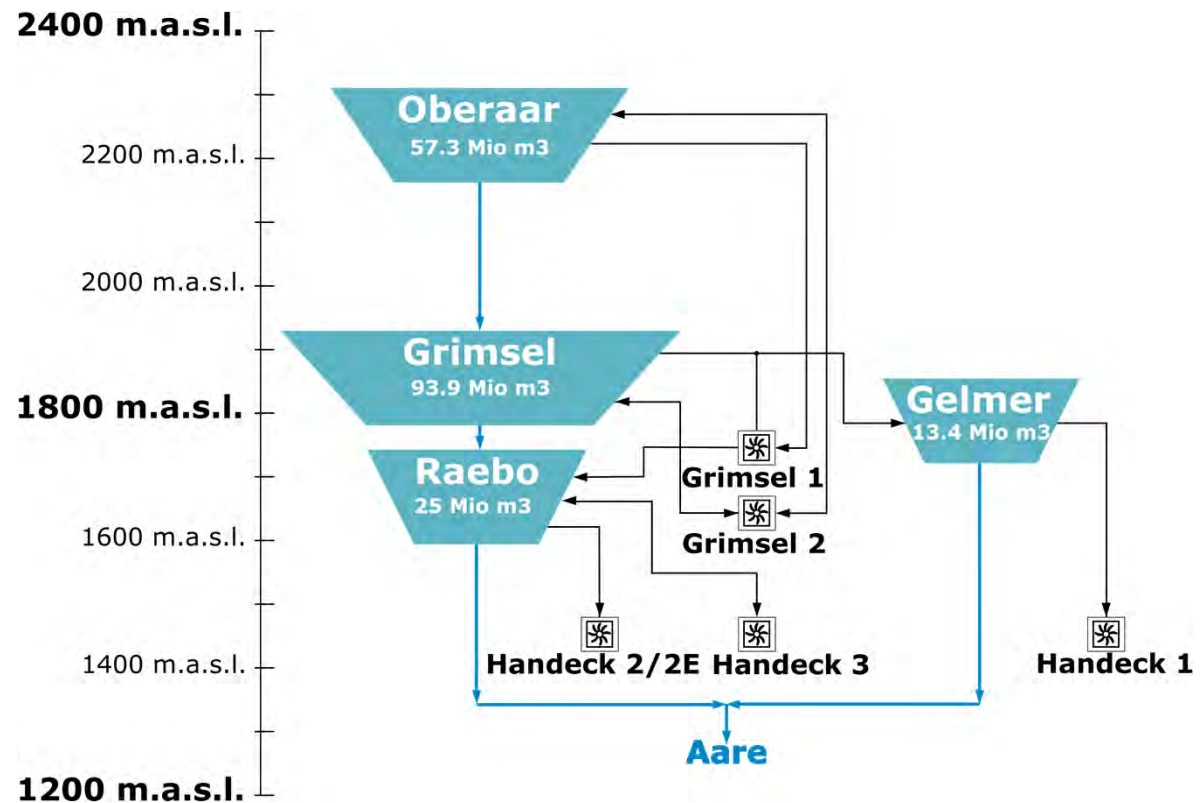
- **Grimsel hydropower cascade**
- Formée par trois lacs artificiels
- Partie de l'aménagement **Grimselstrom**



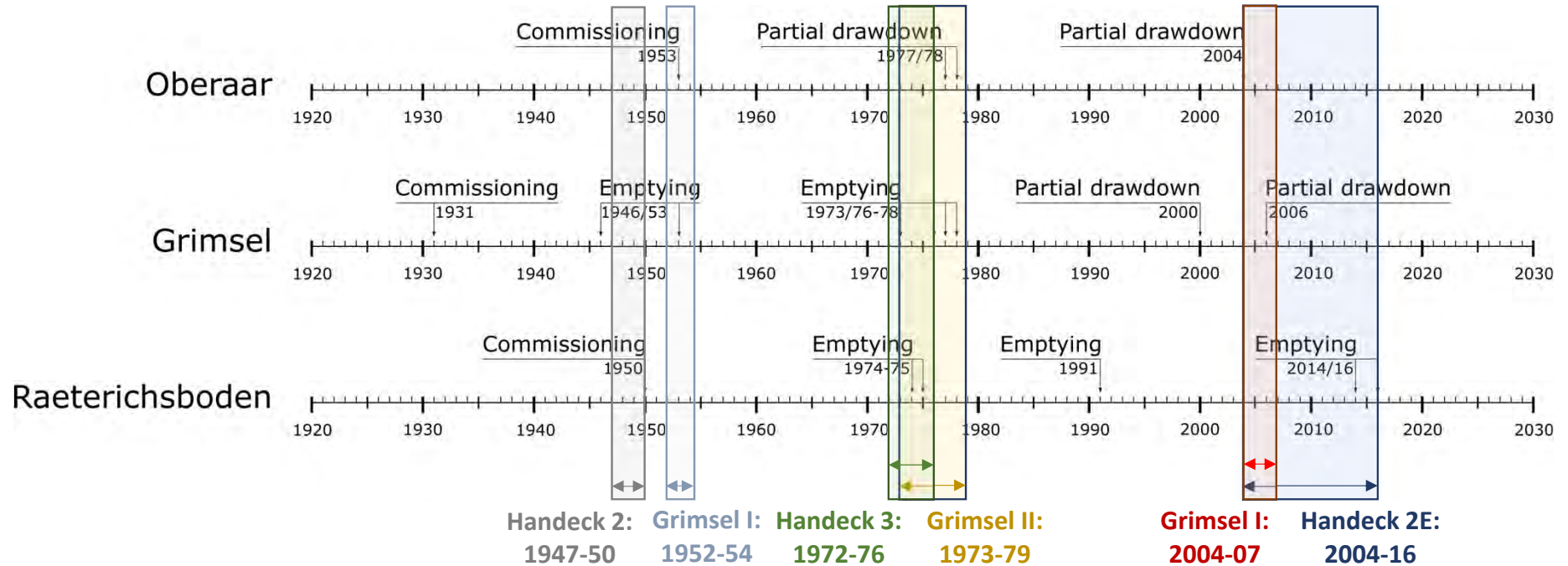
Evolution des pratiques de purges et vidanges

- **Live storage:** 176.3 Mio m³
- **Catchments:**
 - Direct: 108.31 km²
 - Indirect: 48.12 km²
 - Total : 156.43 km²
- **Grimsel I:** max. capacity of 20 m³/s
- **Grimsel II:** max. capacity of 90 m³/s (PSP)

→ Extensive dataset



Evolution des pratiques de purges et vidanges

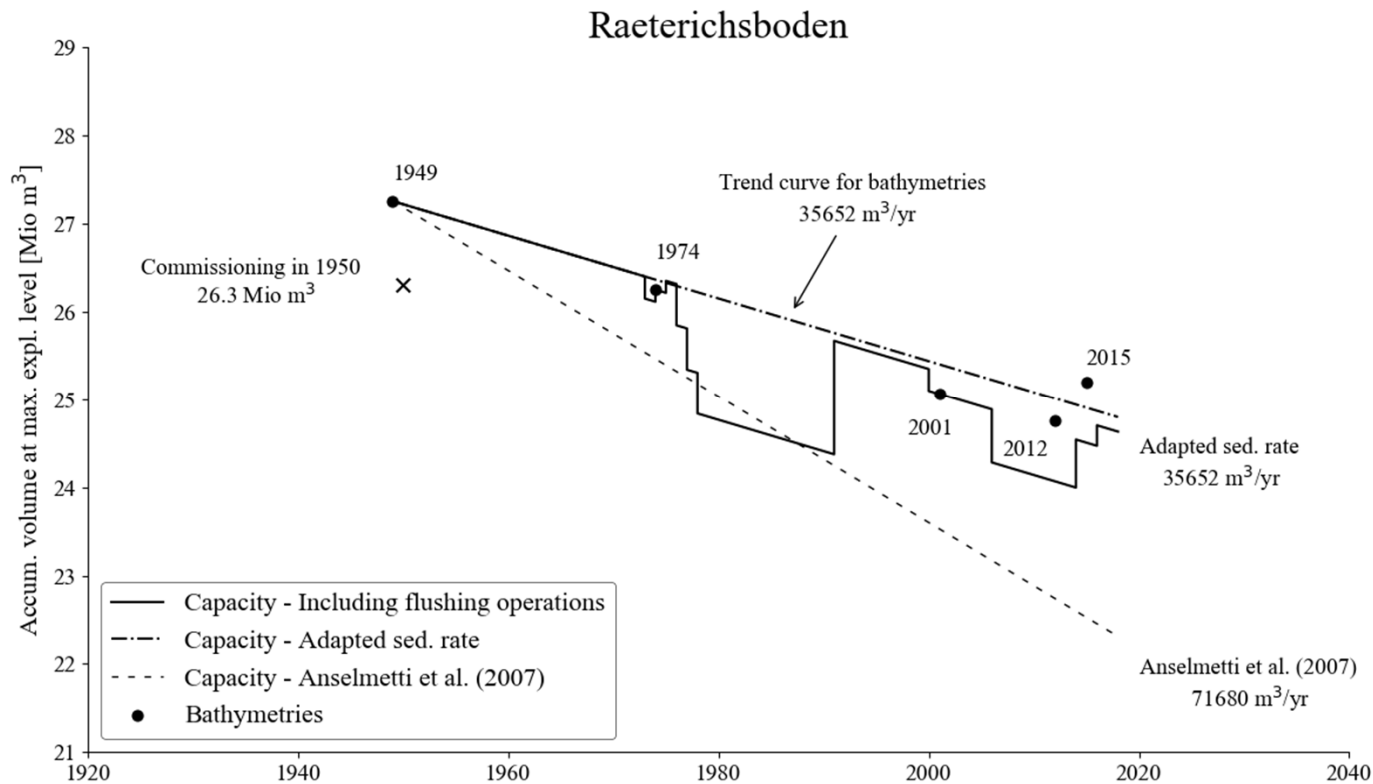


- 16 opérations de purge et vidange dans la cascade
- Corrélation entre travaux de construction/rénovation et opération de purge et vidange
- Augmentation de la conscience des implications pour les écosystèmes avals et les opérations de production hydroélectriques

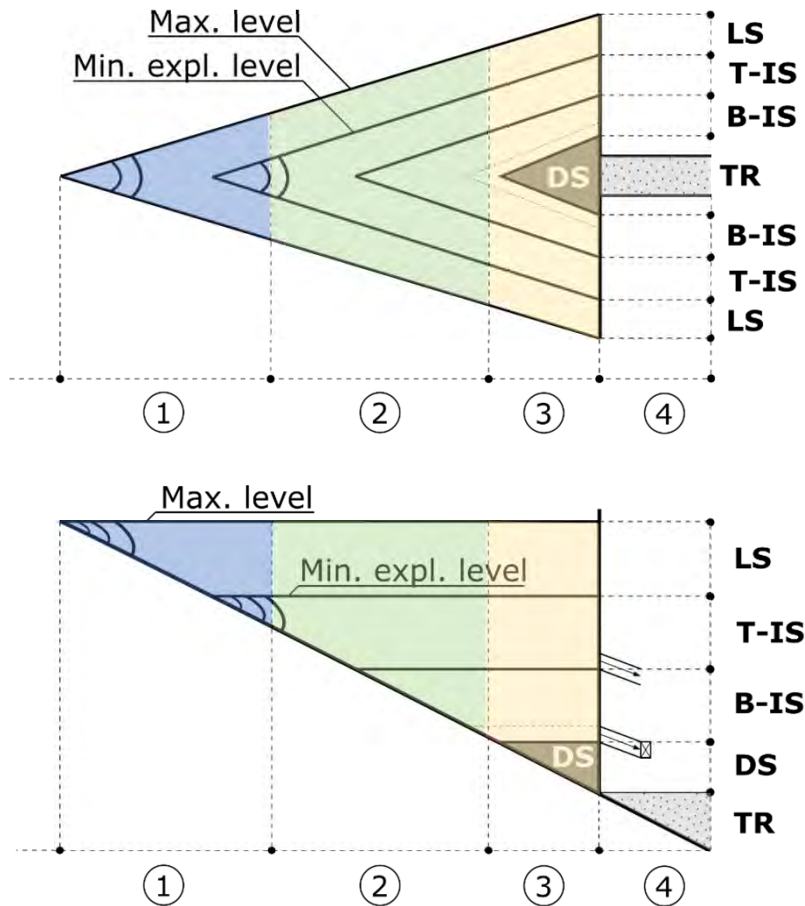
Manso, P., et al. (2018). Evolution of reservoir flushing and emptying practices in a cascade of réservoirs across several decades. Conference Paper, Hydro 2018, Gdansk, Poland.

Evolution des pratiques de purges et vidanges

- Capacity evolution of reservoirs including flushing operations



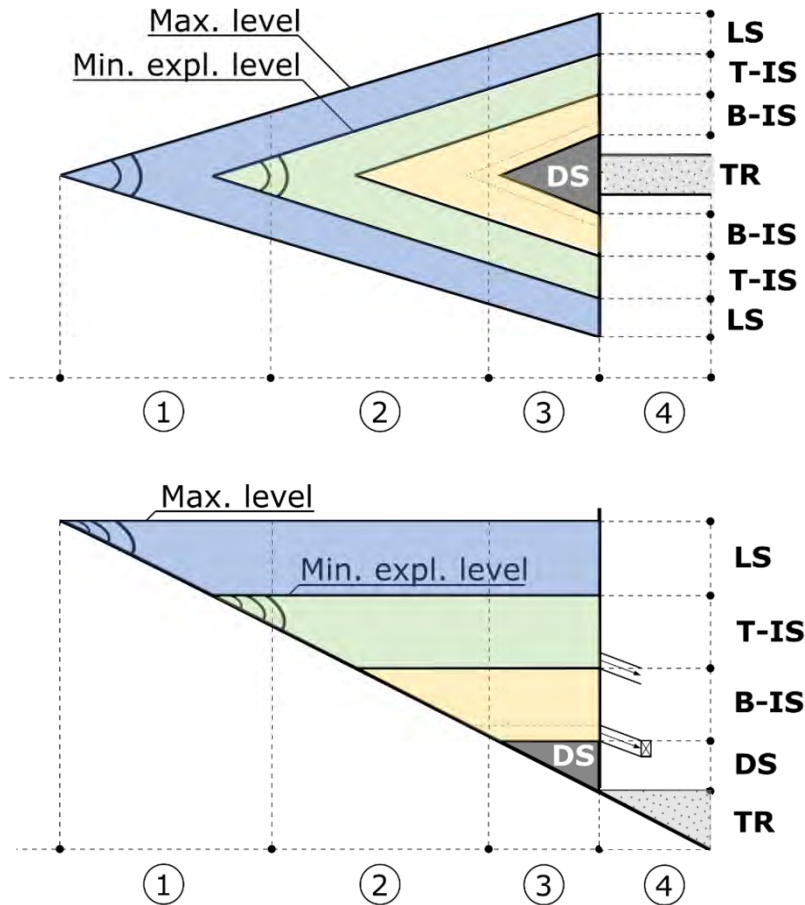
Concept de partitionnement des réservoirs



- Divisions longitudinales et verticales du réservoir
- Représentation schématique
- Outil de représentation/description
- Longitudinalement
 1. Zone de delta
 2. Zone de transition du réservoir
 3. Zone influencée par les prises d'eau
 4. Tronçon de transition aval
- Verticalement
 - LS: Live Storage (volume utile)
 - T-IS: Top-Inactive Storage (volume inactif supérieur)
 - B-IS: Bottom-Inactive Storage (volume inactif inférieur)
 - DS: Dead storage (volume mort)
 - TR: Transition Reach (tronçon de transition)

Manso, P., et al. (2018). Evolution of reservoir flushing and emptying practices in a cascade of réservoirs across several decades. Conference Paper, Hydro 2018, Gdansk, Poland.

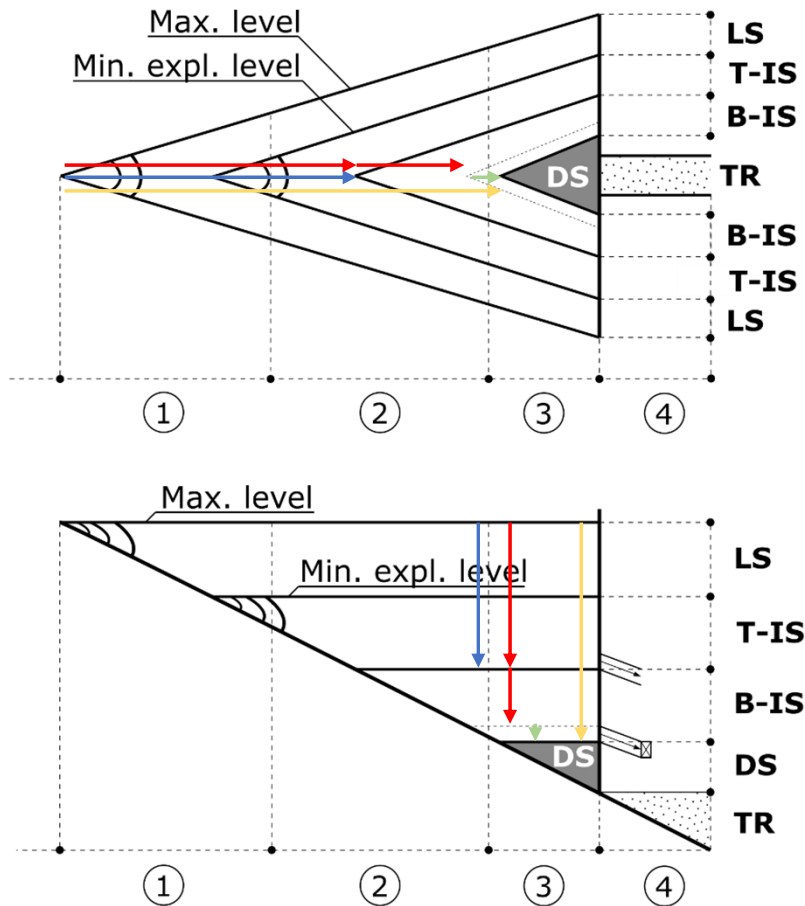
Concept de partitionnement des réservoirs



- Divisions longitudinales et verticales du réservoir
- Représentation schématique
- Outil de représentation/description
- Longitudinalement
 1. Zone de delta
 2. Zone de transition du réservoir
 3. Zone influencée par les prises d'eau
 4. Tronçon de transition aval
- Verticalement
 - LS: Live Storage (volume utile)
 - T-IS: Top-Inactive Storage (volume inactif supérieur)
 - B-IS: Bottom-Inactive Storage (volume inactif inférieur)
 - DS: Dead storage (volume mort)
 - TR: Transition Reach (tronçon de transition)

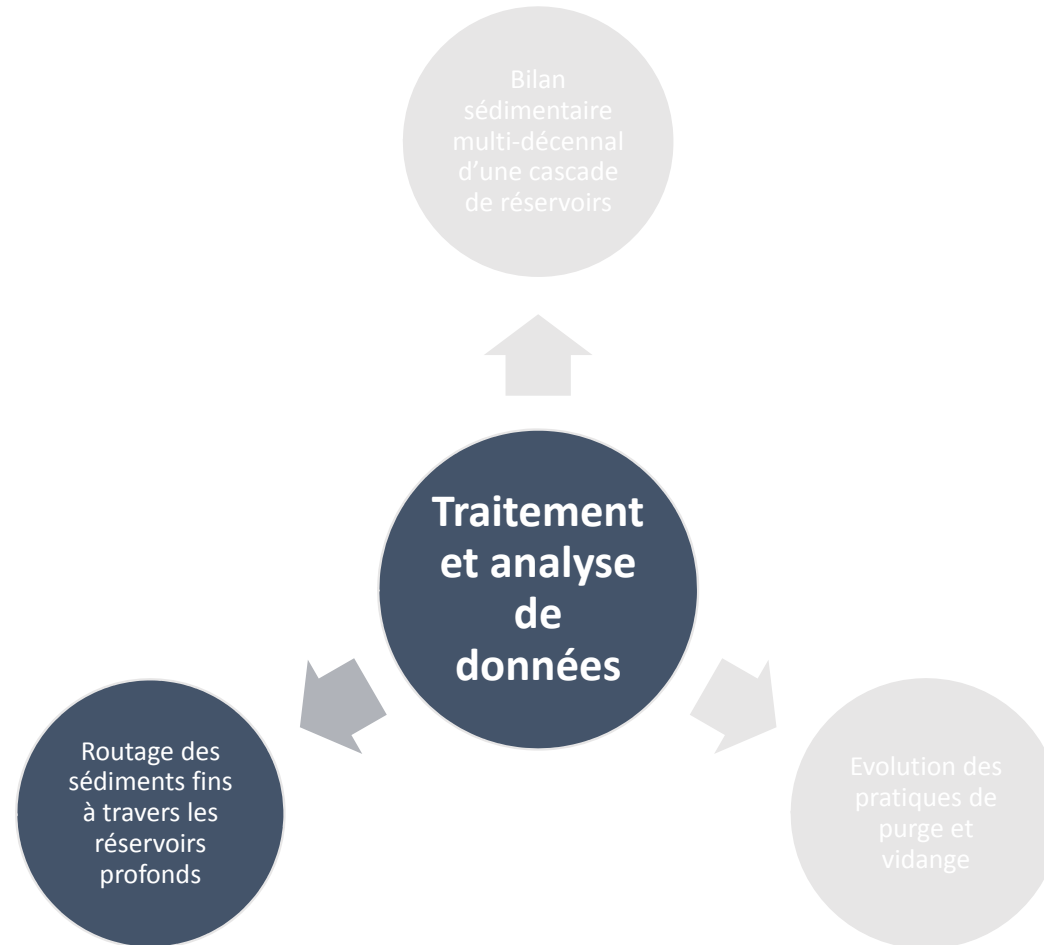
Manso, P., et al. (2018). Evolution of reservoir flushing and emptying practices in a cascade of réservoirs across several decades. Conference Paper, Hydro 2018, Gdansk, Poland.

Nomenclature des opérations

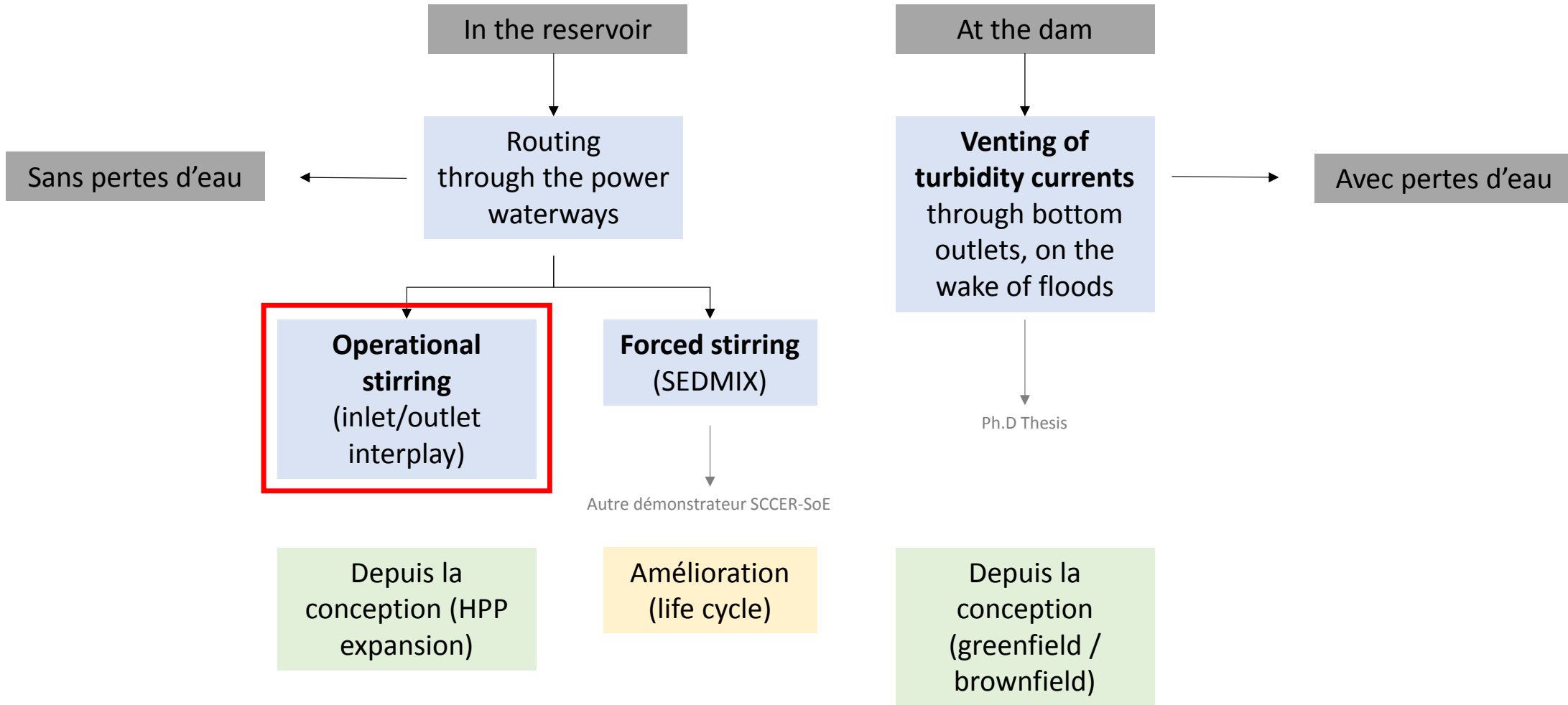


- Outil de caractérisation/description des opérations
- **Abaissement opérationnel**
 - A travers les prises d'eau: jusqu'au niveau de la prise d'eau
- **Purge sous pression**
 - Dans le volume utile: abaissement du plan d'eau dans le volume utile
 - En-dessous du niveau min. d'exploitation: abaissement du niveau d'eau dans le volume inactif
- **Purge à surface libre**
 - Purge avec écoulement à surface libre
- **Vidange complète**
 - Abaissement complet du niveau d'eau, écoulement à surface libre peut se produire, mais n'est pas obligatoire

Manso, P., et al. (2018). Evolution of reservoir flushing and emptying practices in a cascade of réservoirs across several decades. Conference Paper, Hydro 2018, Gdansk, Poland.

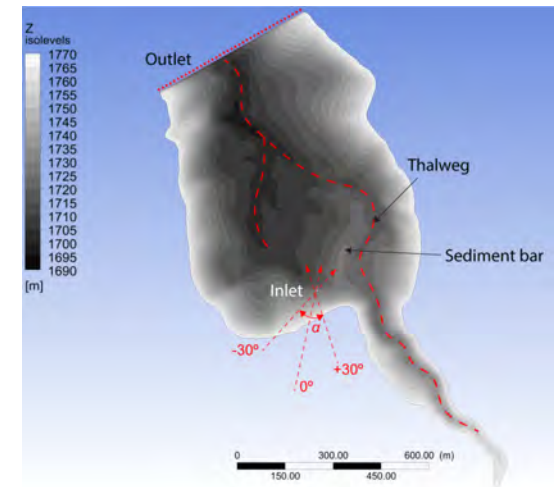
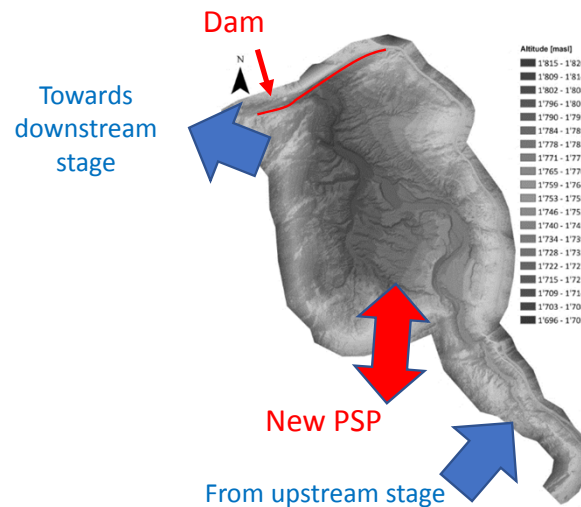
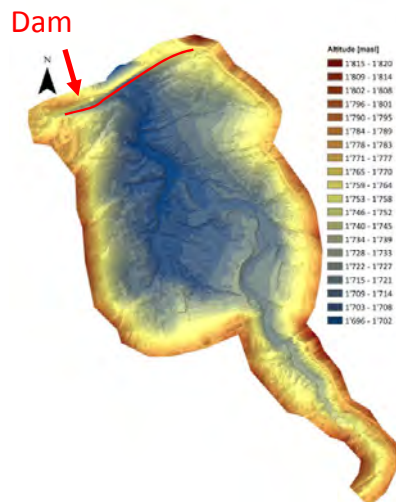


Méthodes innovatives (EPFL PL-LCH)



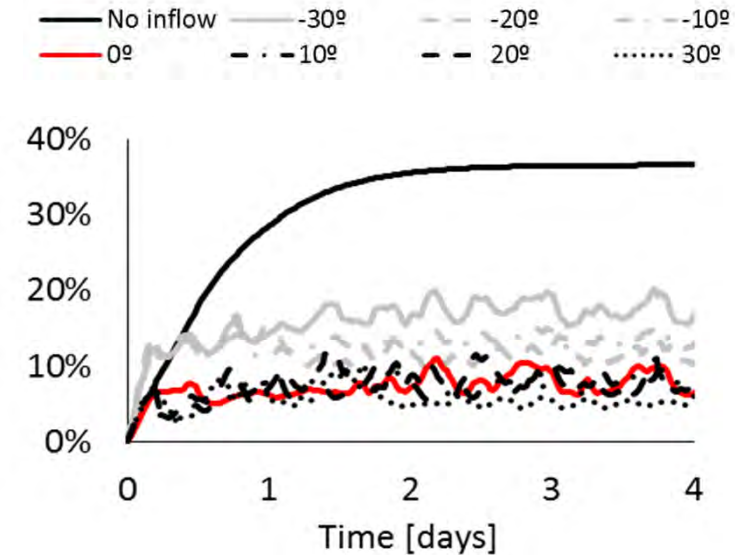
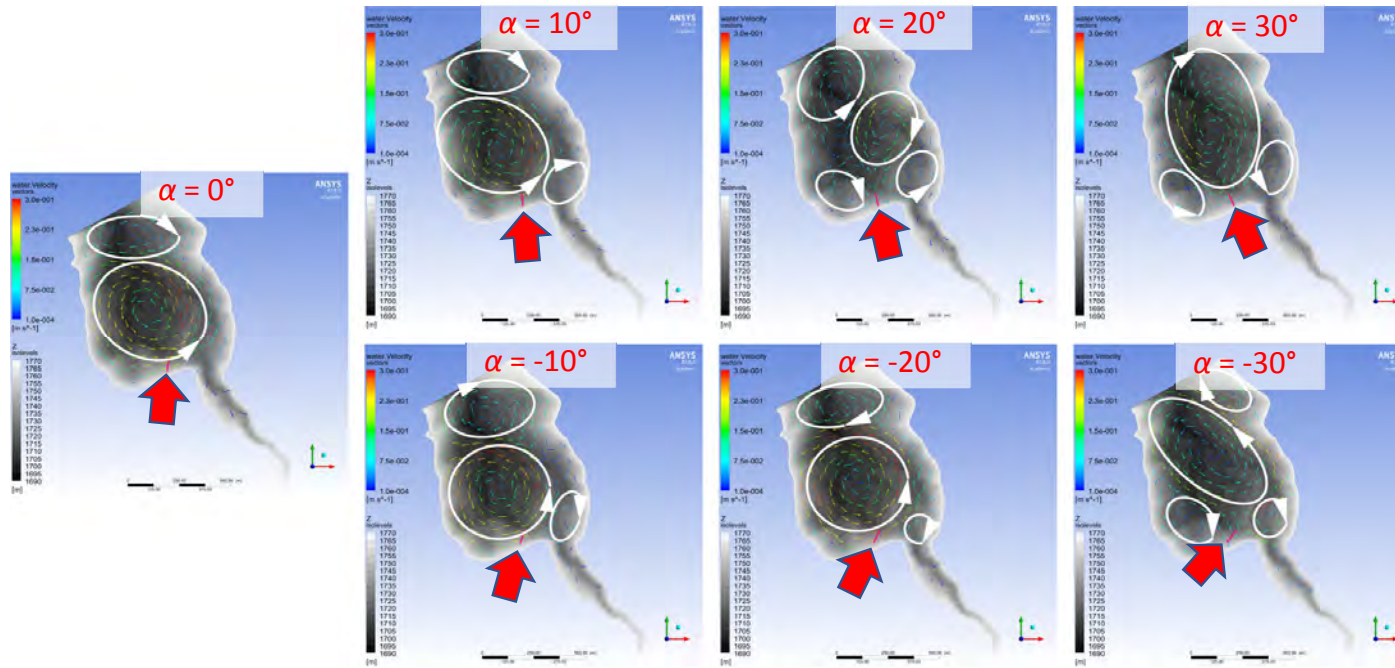
Operational stirring

- Utiliser l'interaction entre flux entrants et hydrodynamique du réservoir
- Entraver la dépositions des sédiments fins
- Application durant le design de nouveaux HPP/PSP



Operational stirring

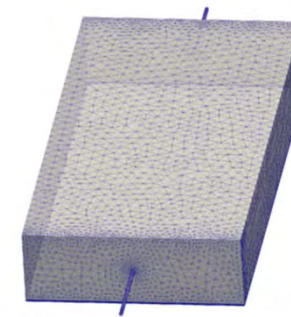
- Jets entrants influencent les réservoirs profonds:
 - Hydrodynamique
 - Niveaux de turbulence (transport en suspension)
- Orientation adéquate du jet réduit la déposition de sédiments de manière significative



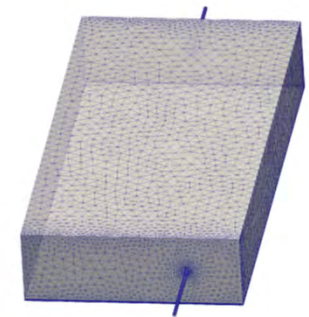
Operational stirring

- Améliorer les connaissances pour les réservoirs profonds:
 - Hydrodynamique
 - Processus de sédimentation
- Modélisation numérique (ANSYS CFX v.18)
- Modèle simplifié:
 - Réservoirs profonds
 - Position relative inlet / outlet
 - Ouvrages d'entrée/sortie situés à mi-hauteur
 - Simulations:
 - Eau claire
 - Sédiments suspendus ($d_m = 4\mu\text{m}$)
 - Etude sur:
 - Champs d'écoulement
 - Niveaux de turbulence
 - Disposition des dépôts de sédiments

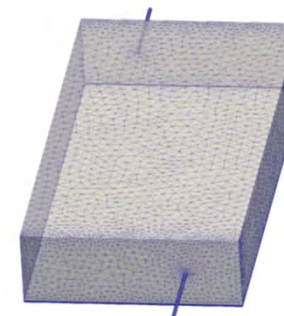
Configuration 1 (C-C)



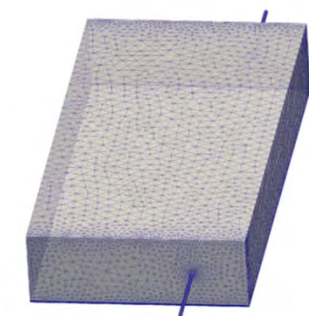
Configuration 2 (R-C)



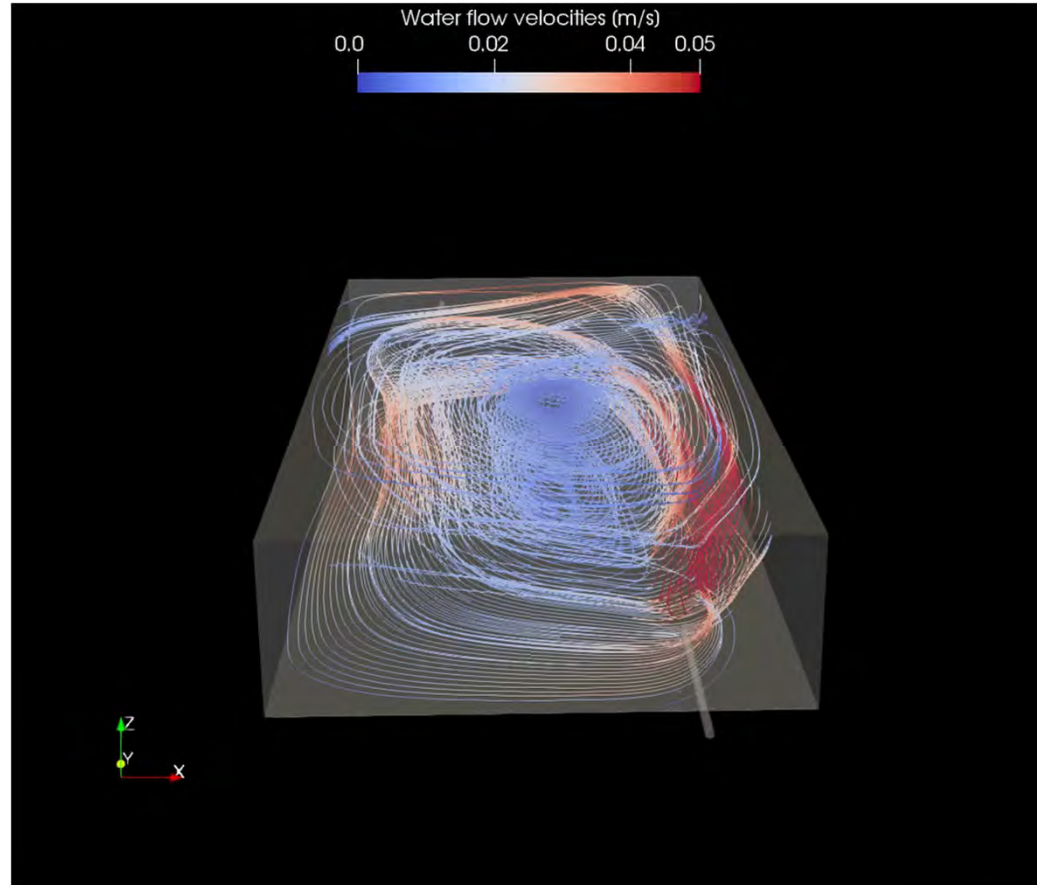
Configuration 3 (R-L)



Configuration 4 (R-R)

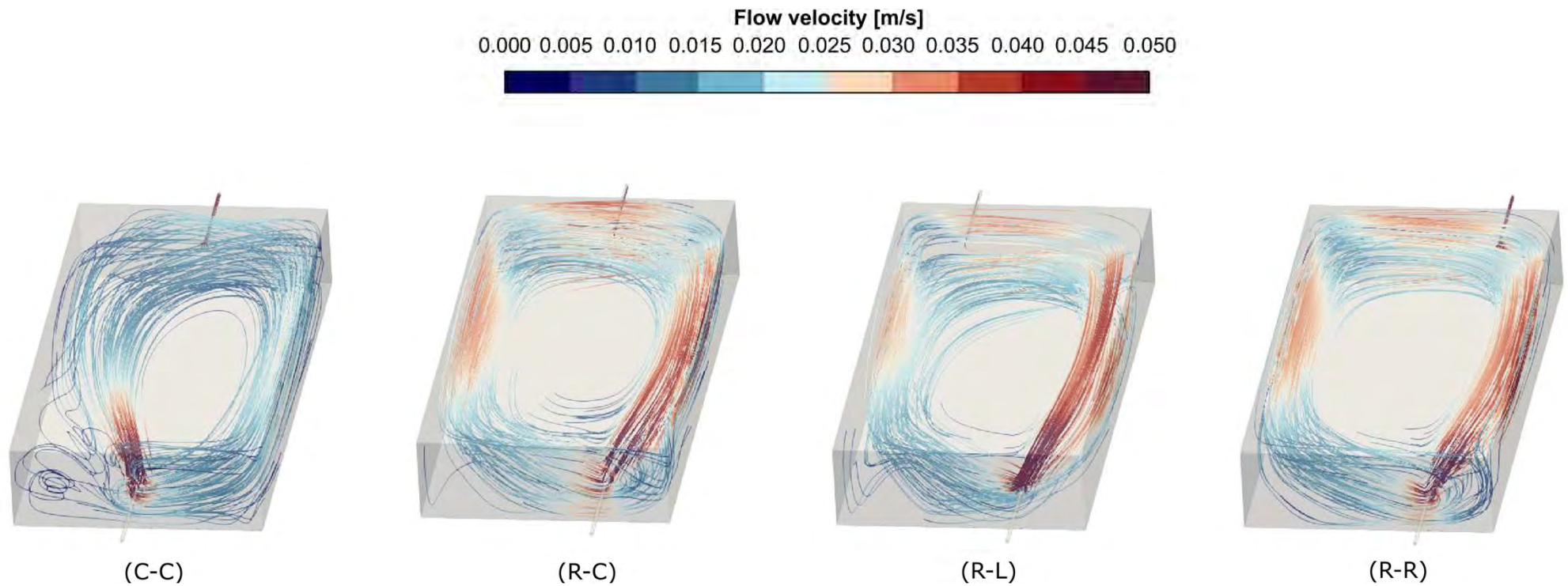


Operational stirring



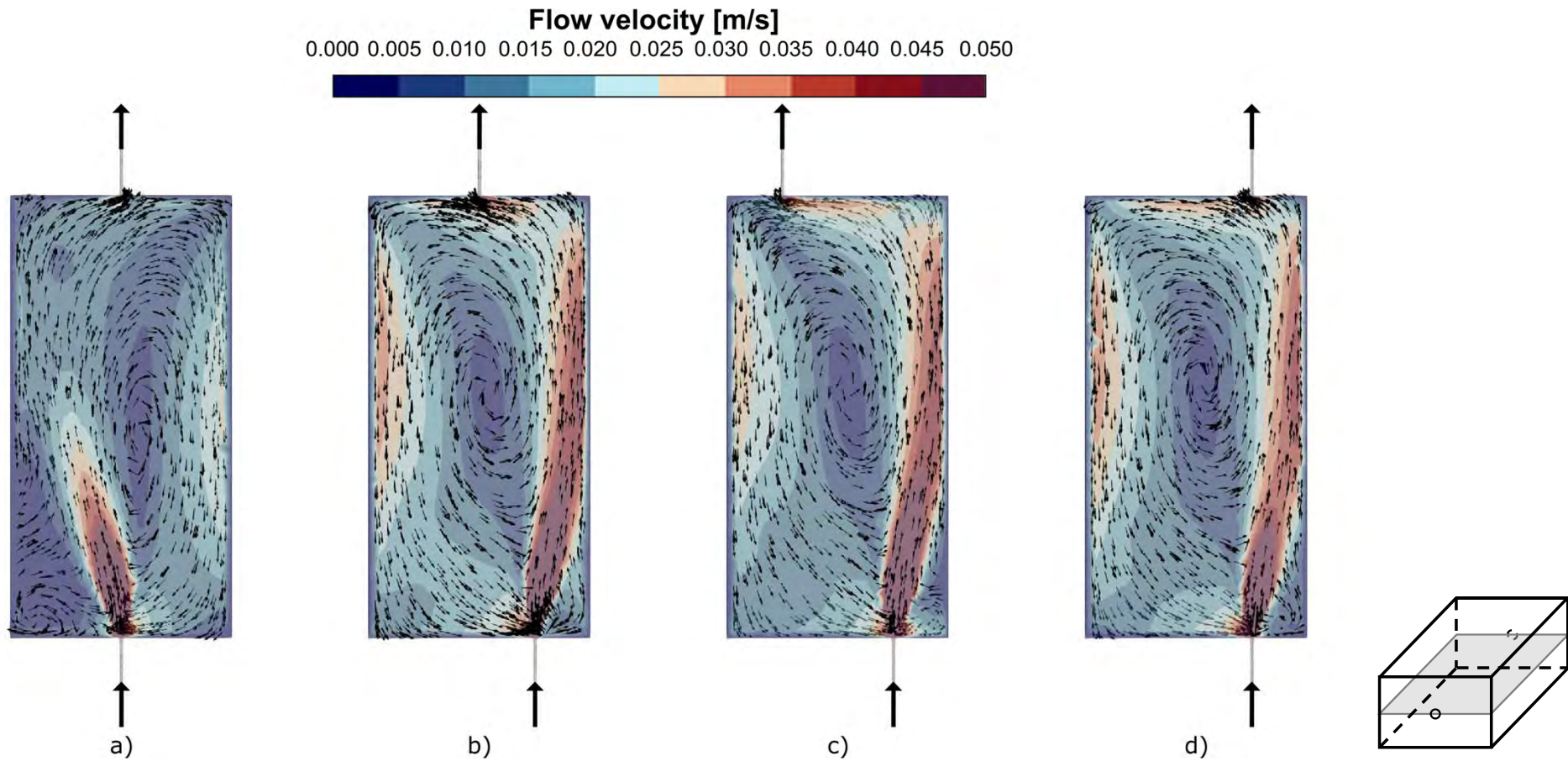
Operational stirring

- Lignes d'écoulement: influence de la position relative des ouvrages d'entrée/sortie



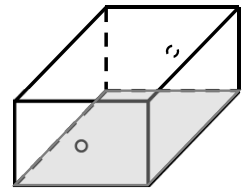
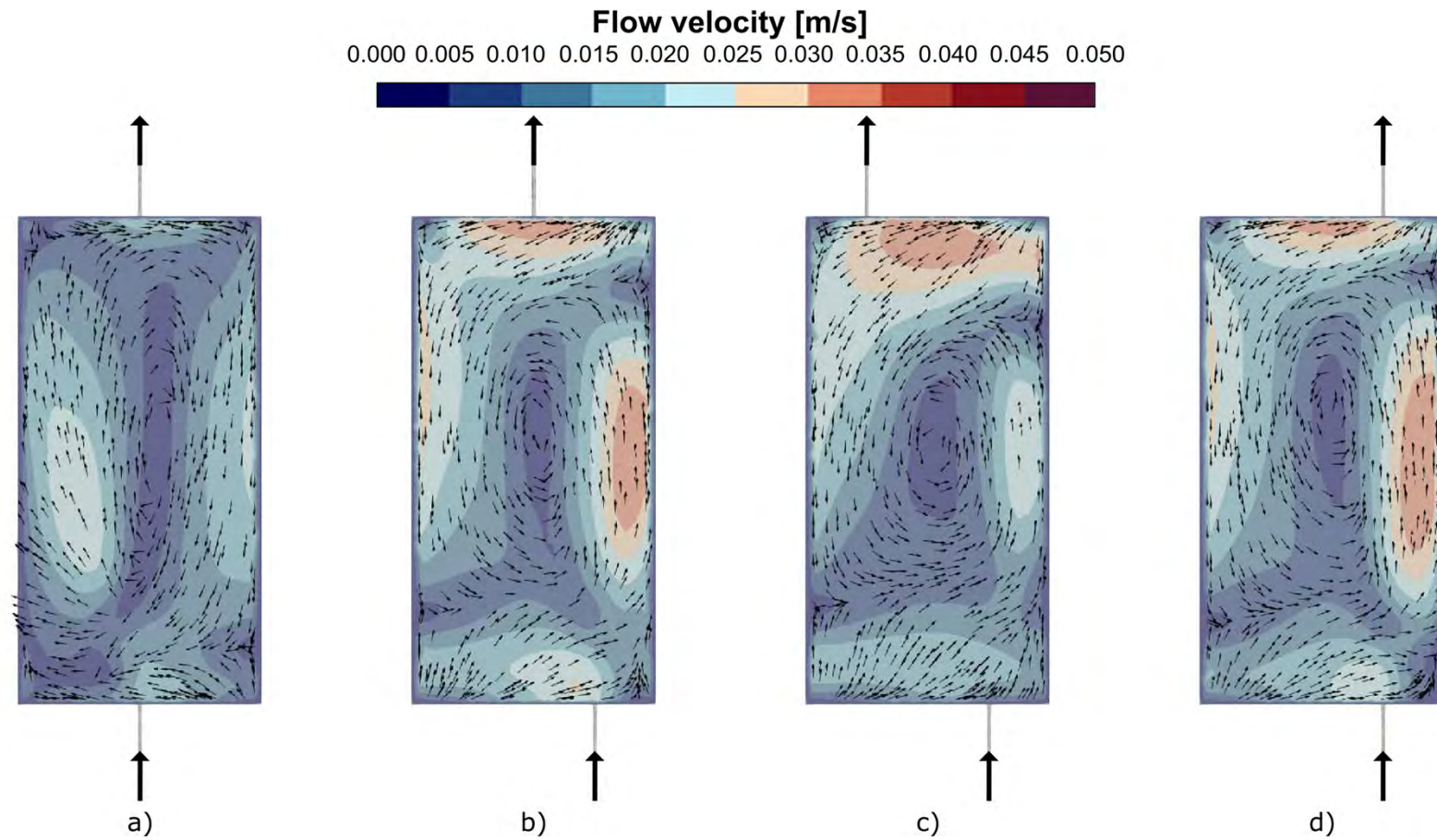
Operational stirring

- Champs d'écoulement au niveau des jets: différence en fonction de la position relative des ouvrages d'entrée/sortie



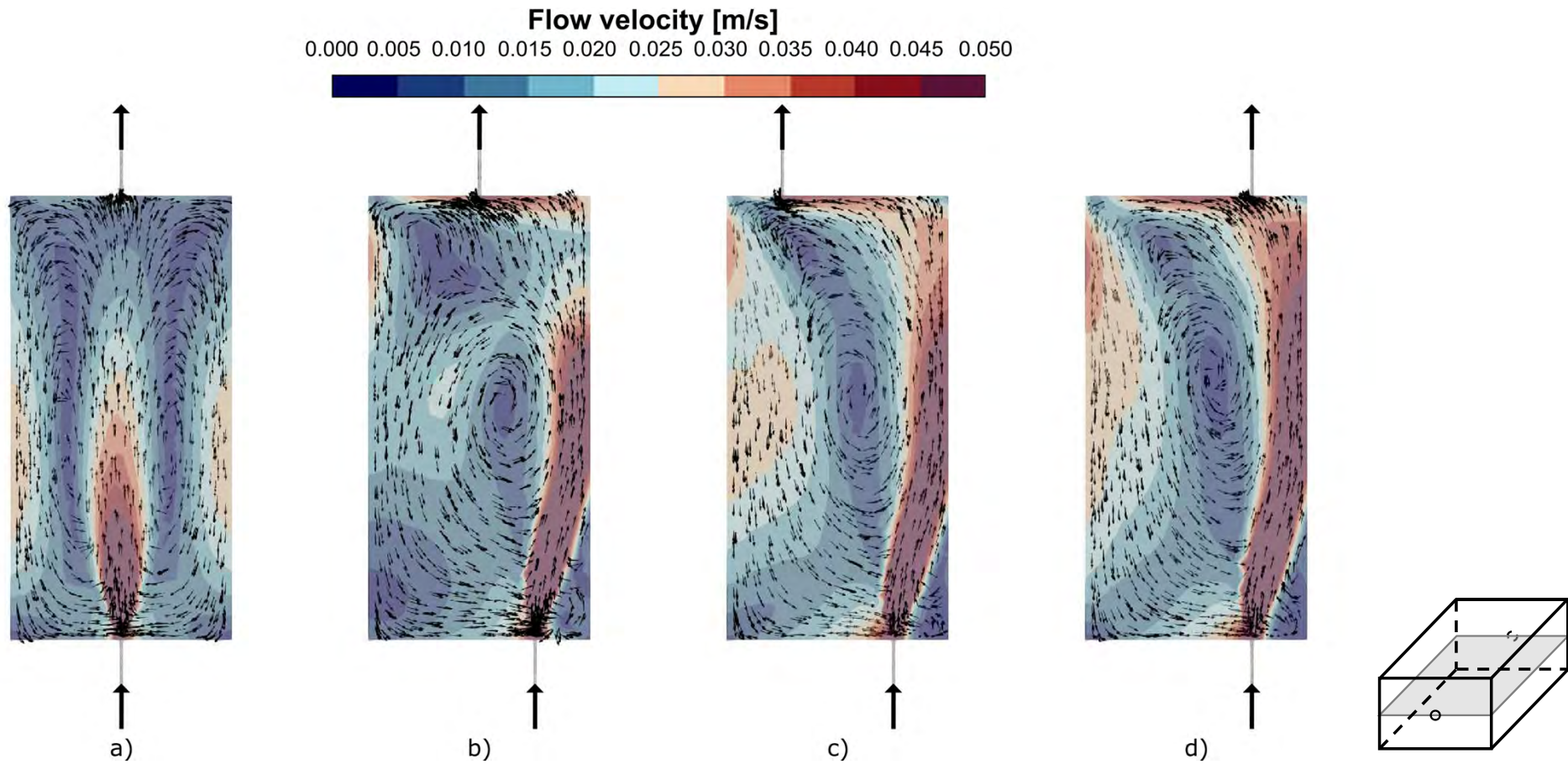
Operational stirring

- Champs d'écoulement proches du fond: différence en fonction de la profondeur



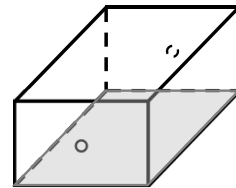
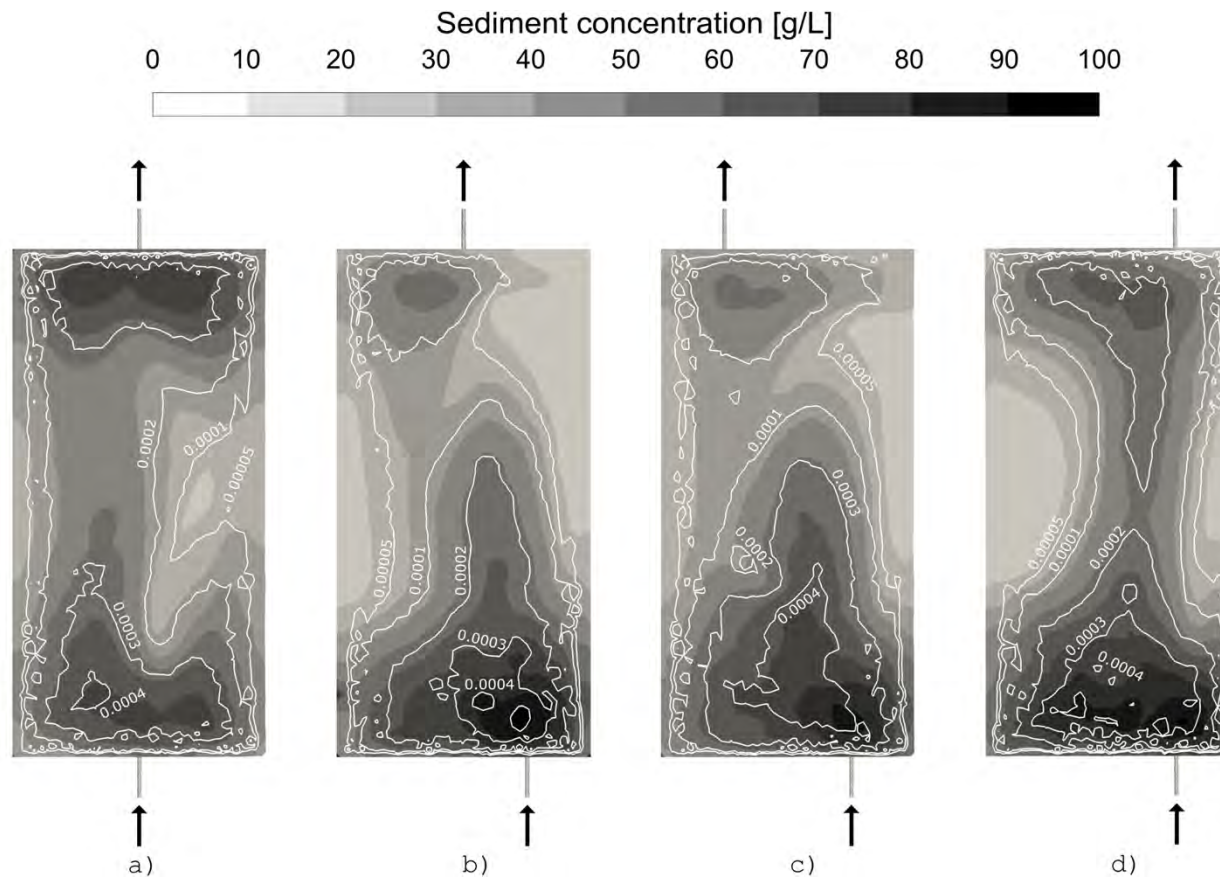
Operational stirring

- Champs d'écoulement au niveau des jets: influence de la présence de sédiments fins suspendus



Operational stirring

- Corrélation entre la disposition des dépôts de sédiments et le taux de dissipation d'énergie cinétique de turbulence

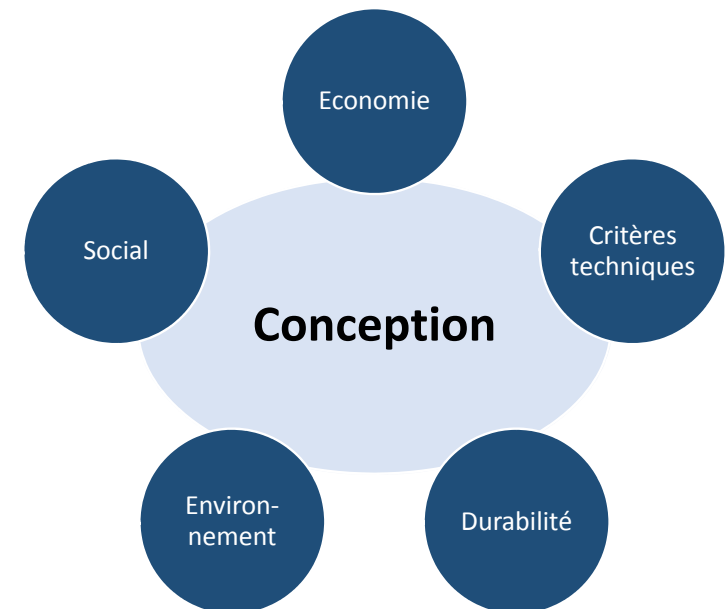


Operational stirring

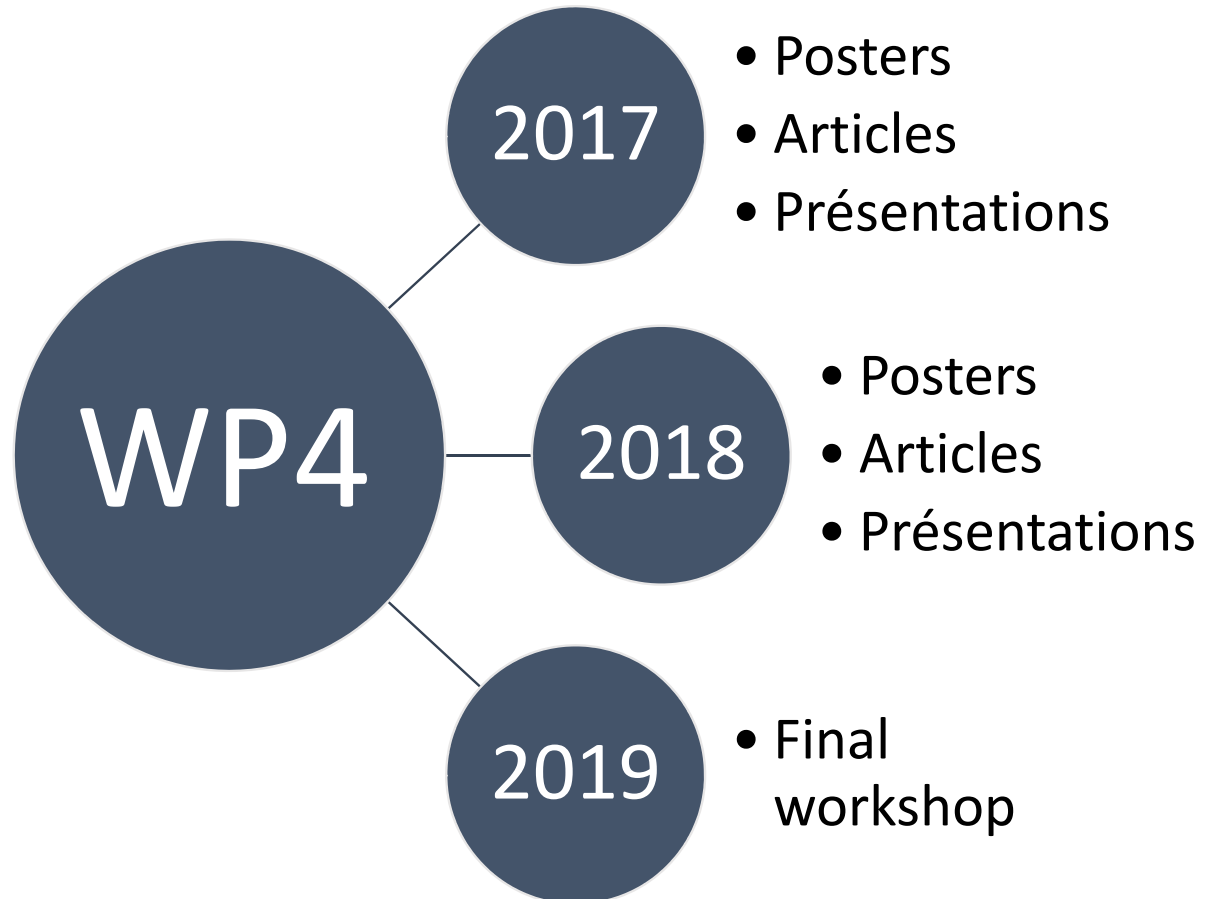
- Champs d'écoulement:
 - Position relative des ouvrages d'entrée/sortie
 - Dépendent de la profondeur du réservoir
- Présence des sédiments:
 - Hydrodynamique
 - Niveaux de turbulence
- Champs de déposition des sédiments \Leftrightarrow Taux de dissipation d'énergie cinétique turbulente

→ Grand champ de recherche en perspective

→ Concepts pris en compte dès la conception



Contribution to FLEXSTOR toolbox



Résumé

