



# Séquence Recherche et Innovation

*Luc Deroo, Frédéric Laugier, Laurent Peyras*



## Recherche et innovation dans les ouvrages hydrauliques

portée par les différents acteurs de notre profession

BEs, entreprises, exploitants

universités, écoles d'ingénieurs

Instituts de recherche, Etablissements publics

collaboration entreprise-universités/instituts (thèses CIFRE)

projets de recherche : FUI, CPER, Europe ...

Les sociétés savantes : CFBR en première place

recherche partenariale



## Environnement - Energie

- Solaire flottant - Hybridation
- Evaluation empreinte carbone des aménagements hydrauliques
- Intégration environnementale
- Développement de la biodiversité



## Hydraulique

- EVC innovants / PKW / Hausses fusibles
- Dissipation d'énergie – Erosion aval
- Modélisation numérique avancée hydraulique



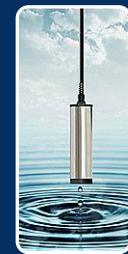
## Matériaux

- Sol chaux, sols traités
- Géosynthétiques multifonctions
- Etanchéité des canaux - Géomembrane SibelonMat - **Prix innovation ICOLD 2022**
- Effets de la sécheresse sur les OH
- Interfaces béton-rocher
- Ancrages passifs
- Matériaux biosourcés



## Travaux

- Terrassement
- Traitement, renforcement et étanchéité des fondations
- Peinture des vannes et CF / Robotisation



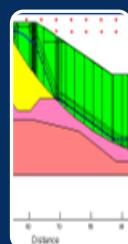
## Auscultation

- IA pour analyse des données
- Fibre optique fuites et déformations
- Suivi vibratoire
- Capteurs piézométrique - Pendule



## Hydrologie

- Modélisations stochastiques des crues extrêmes : SHADEX, SHYPRE – SHYREG
- Instationnarité climatique



## Géomécanique - Modélisations avancées

- Maçonnerie
- Gonflement des bétons
- Comportement au séisme
- Érosion interne
- Erosion externe – surverse
- Liquéfaction



## Surveillance – Exploitation

- Gestion des sédiments : Robots Nessy et Lisy - **Prix de l'innovation ICOLD 2025**
- Evaporation dans les retenues
- Supervision - Jumeau numérique



## Analyse de risques

- Fiabilité - Méthodes probabilistes
- Sûreté de fonctionnement
- Prise en compte des incertitudes
- IA pour l'évaluation de la fiabilité
- Maintenance basée sur la fiabilité



## Digues

- Durabilité des matériaux en contexte maritime : DIGUE2020 - **Prix les Etoiles de l'Europe 2024**
- Comportement à long terme des matériaux sous sollicitations hydromécaniques
- Projet BONSAI (Boosting flood resilience in estuarine systems anticipating shifting climate zones)
- Projet DigueElite : **prix de l'innovation ICOLD 2018**



## Environnement - Energie

- Solaire flottant - Hybridation
- Evaluation empreinte carbone des aménagements hydrauliques
- Intégration environnementale
- Développement de la biodiversité



## Hydraulique

- EVC innovants / PKW / Hausses fusibles
- Dissipation d'énergie – Erosion aval
- Modélisation numérique avancée hydraulique



## Matériaux

- Sol chaux, sols traités
- Géosynthétiques multifonctions
- Etanchéité des canaux - Géomembrane SibelonMat - **Prix innovation ICOLD 2022**
- Effets de la sécheresse sur les OH
- Interfaces béton-rocher
- Ancrages passifs
- Matériaux biosourcés



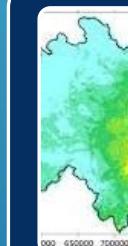
## Travaux

- Terrassement
- Traitement, renforcement et étanchéité des fondations
- Peinture des vannes et CF / Robotisation



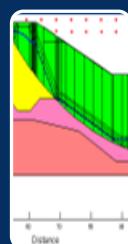
## Auscultation

- IA pour analyse des données
- Fibre optique fuites et déformations
- Suivi vibratoire
- Capteurs piézométrique - Pendule



## Hydrologie

- Modélisations stochastiques des crues extrêmes : SHADEX, SHYPRE – SHYREG
- Instationnarité climatique



## Géomécanique - Modélisations avancées

- Maçonnerie
- Gonflement des bétons
- Comportement au séisme
- Érosion interne
- Erosion externe – surverse
- Liquéfaction



## Surveillance – Exploitation

- Gestion des sédiments : Robots Nessy et Lisy - **Prix de l'innovation ICOLD 2025**
- Evaporation dans les retenues
- Supervision - Jumeau numérique



## Analyse de risques

- Fiabilité - Méthodes probabilistes
- Sûreté de fonctionnement
- Prise en compte des incertitudes
- IA pour l'évaluation de la fiabilité
- Maintenance basée sur la fiabilité



## Digues

- Durabilité des matériaux en contexte maritime : **DIGUE2020 - Prix les Etoiles de l'Europe 2024**
- Comportement à long terme des matériaux sous sollicitations hydromécaniques
- Projet BONSAI (Boosting flood resilience in estuarine systems anticipating shifting climate zones)
- Projet DigueElite : **prix de l'innovation ICOLD 2018**

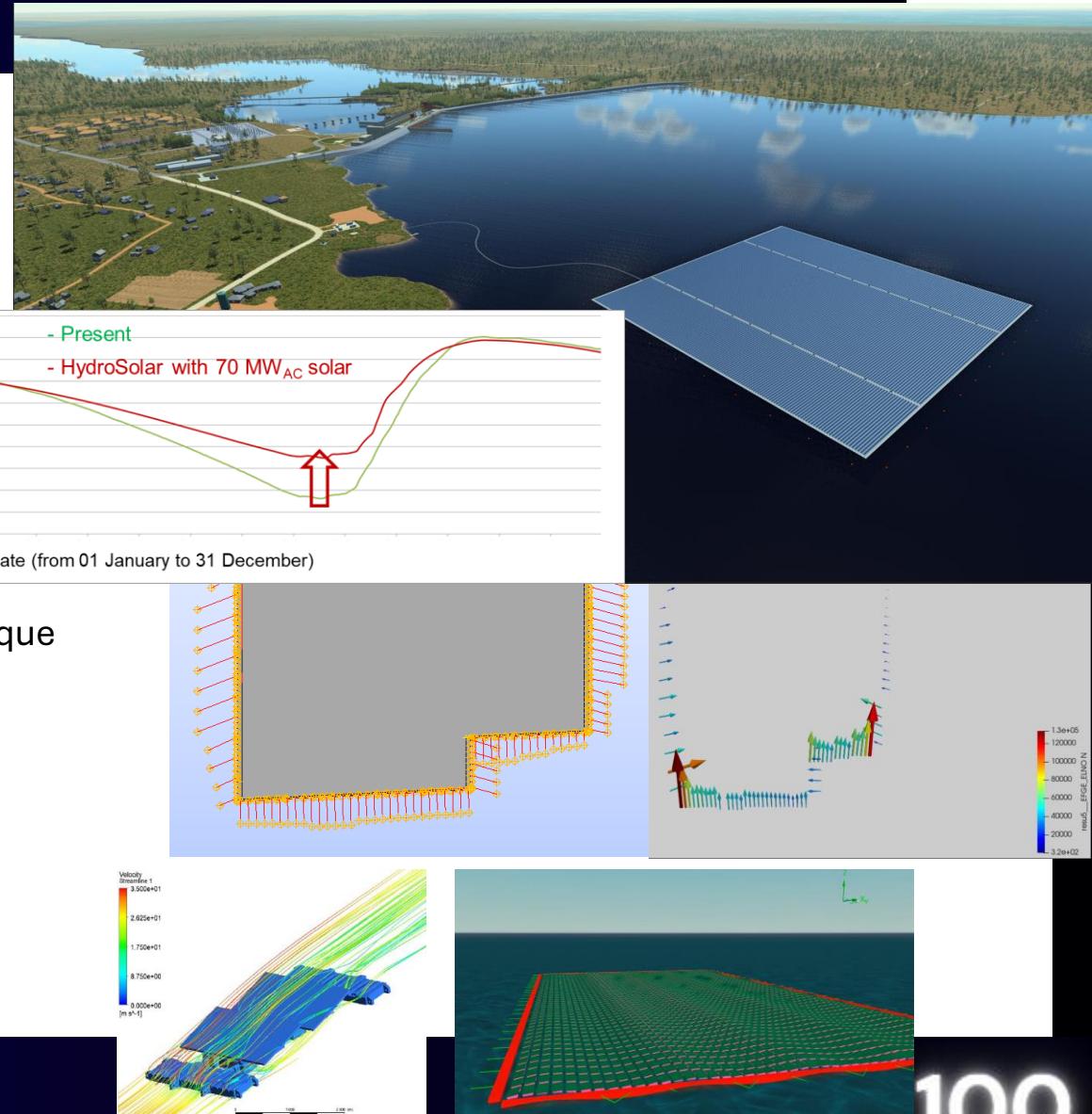


# SOLAIRE FLOTTANT ET HYBRIDATION

Astrid NKONDA

# SOLAIRE FLOTTANT ET HYBRIDATION

- Hybridation Hydrosolaire, un mix gagnant-gagnant**
  - Préservation ressource en eau
  - Optimisation énergétique → performance ~ flexibilité
- Barrage et PV flottant, cohabitation exigeante**
  - Exigence de sécurité et performance VS nouvelles contraintes
  - Résilience face aux évènements climatiques exceptionnels
- PV flottant, structure complexe**
  - Complexité des sollicitations : vent, vagues, courant, marnage, thermique
  - Système dynamique à multi-échelles → réponse non linéaire
  - Modélisation dynamique couplée hydro-aéro – structure – ancrage
- Un chemin à tracer par l'innovation**
  - Retour d'expérience pas encore consolidé
  - Approches de modélisation à maturer

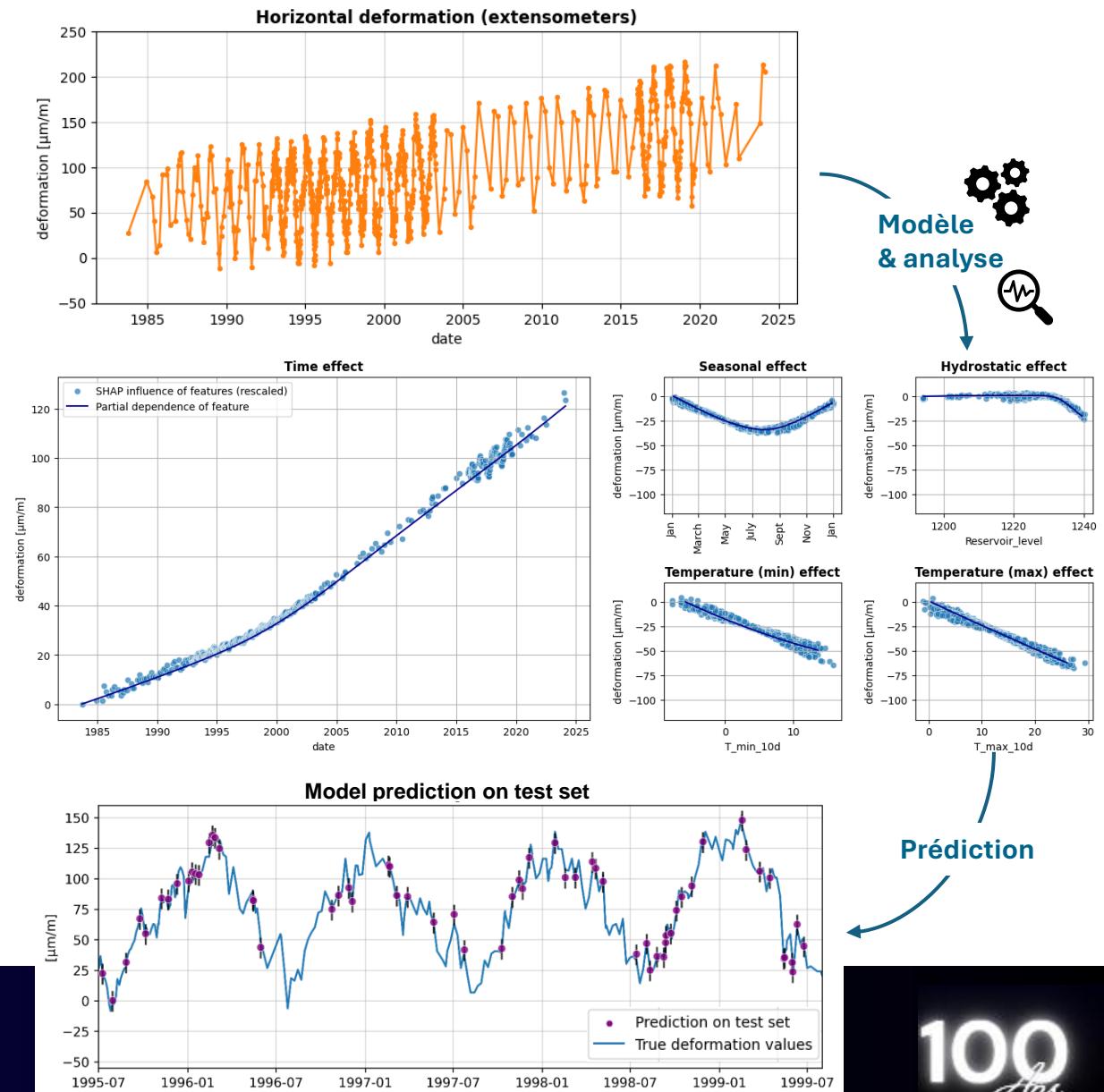
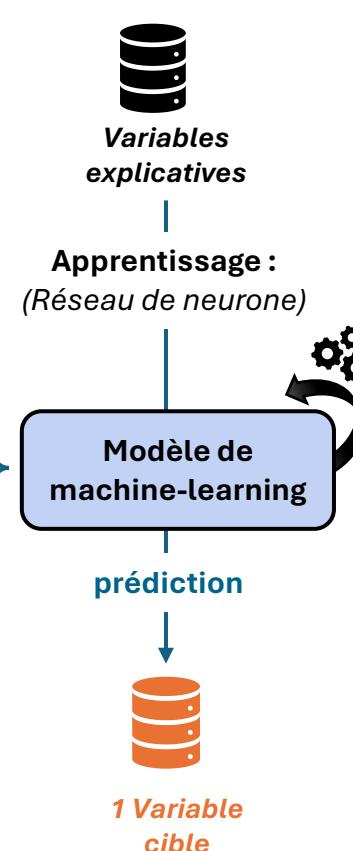
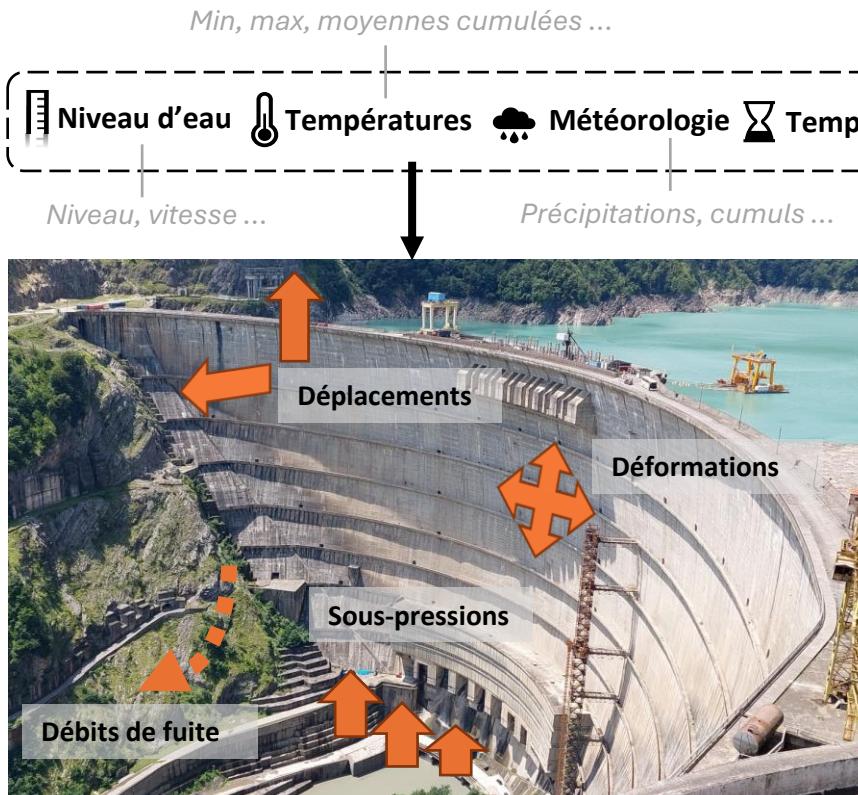




# Analyse des données d'auscultation par IA

Noémie Roussel

# Analyse des données d'auscultation par machine-learning



## Objectifs :

- Analyse du comportement
- Prévision : détection d'anomalies

# Les robots NESSIE et LISIE

*Prix de l'innovation ICOLD 2025*

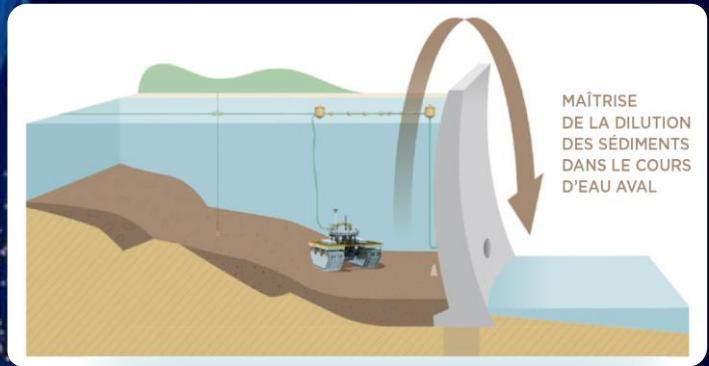


Raphaël GAILLARD



Stephane CAFFO

# Les Robots NESSIE et LISIE





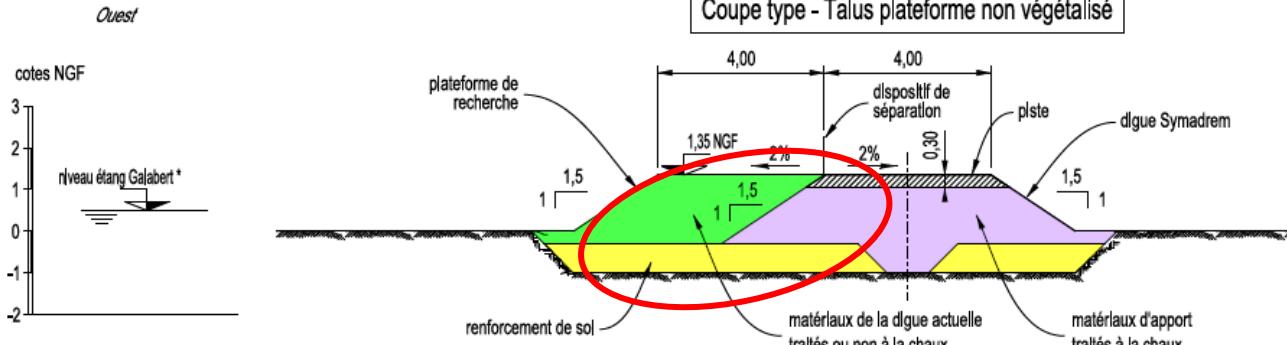
# Digue 2020 : une plateforme de recherche pour étudier la résistance à l'érosion des sols traités en contexte maritime

Antoine Wautier (INRAE), Céline de Paris (SYMADREM)

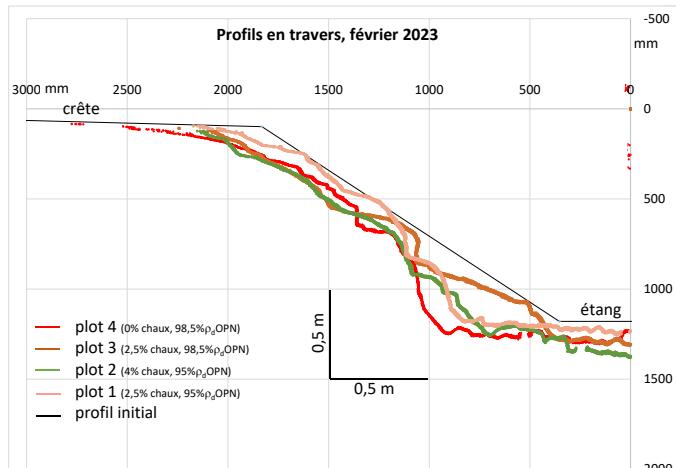
# Digue 2020 : une plateforme de recherche pour étudier la résistance à l'érosion des sols traités en contexte maritime

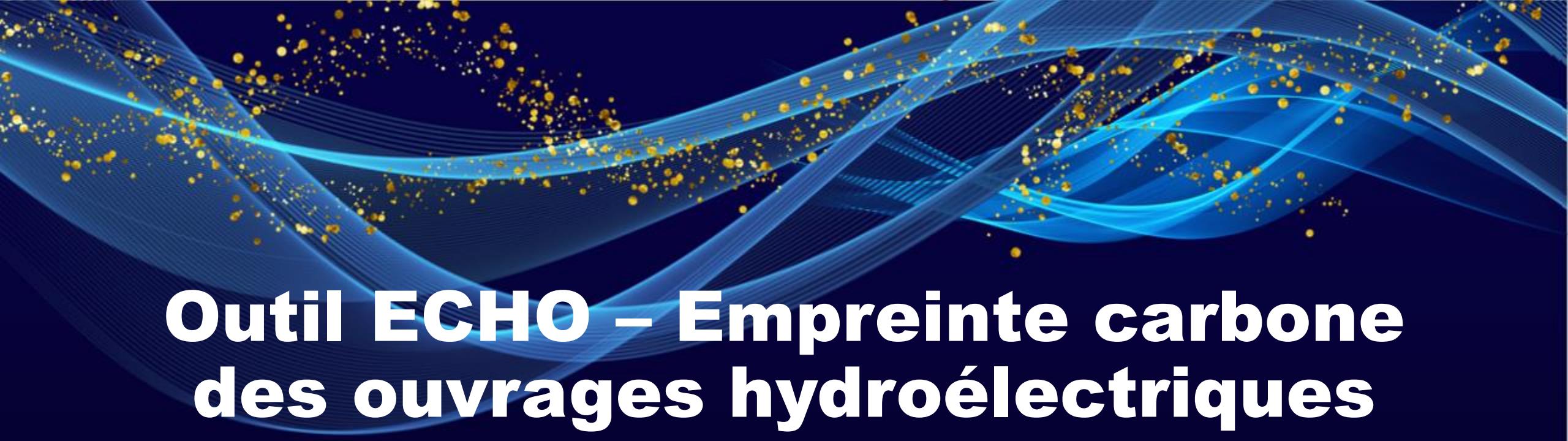


- Plateforme expérimentale adossée à un ouvrage opérationnel



- Découpage en 4 plots pour tester plusieurs teneurs en chaux et différents niveaux de compactage
  - OPN 95% et 98%
  - Teneur en chaux 0%, 2.5% et 4%
- Suivi long terme de la résistance à l'érosion :
  - 1 2,5%CaO, 98,5%rdOPN
  - 1 4%CaO, 95%rdOPN
  - 2 2,5%CaO, 95%rdOPN
  - 3 non traité, 98,5%rdOPN





# Outil ECHO – Empreinte carbone des ouvrages hydroélectriques

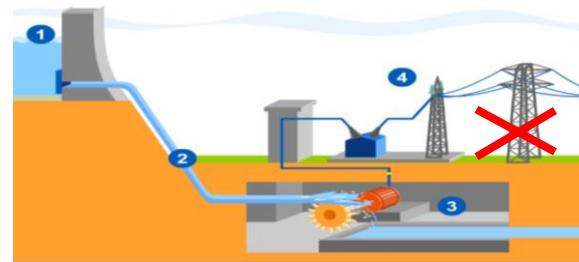
Bastien FAIVRE

# Outil ECHO – Empreinte carbone des ouvrages hydroélectriques

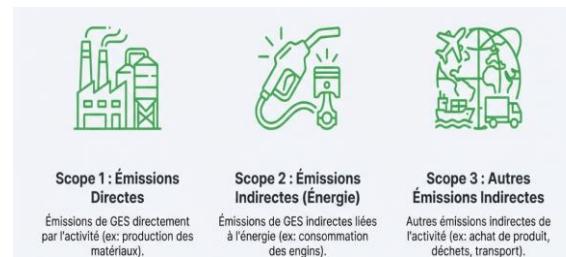
## Fonction :

- Calcul de l'empreinte carbone:

- ⇒ sur toutes les composantes



- ⇒ sur tous les scopes d'émission

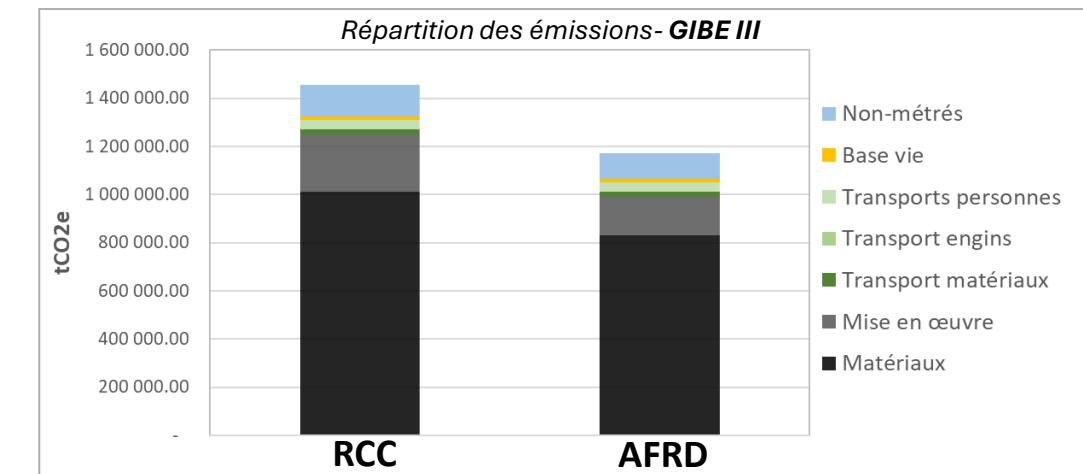


- ⇒ avec une approche détaillée conforme à la méthode Bilan Carbone®



## Innovation :

- Vision « cycle de vie » des ouvrages
- Analyses multicritères de variantes techniques en intégrant leurs émissions carbone
- ex : GIBE III – RCC vs AFRD



- Prise en compte de l'empreinte carbone dans l'optimisation économique des projets



# **Les nouveaux capteurs d'auscultation connectés : l'exemple du capteur piézométrique**

**DIEGO DPIEZ**

Nicolas MOUROT - EDF DTG

# Une solution innovante de télémesure de niveau piézométrique (Diego DPIEZ)





**Les ouvrages hydrauliques,  
*un monde d'innovation !***