

# WISG

## Workshop interdisciplinaire sur la sécurité globale

21 & 22 mars **2023** • Palais du Pharo  
Marseille



## CoRREau Résilience par la conception et sécurité des réseaux d'eau

Piller Olivier, DR à INRAE



# Le consortium



- ETTIS (coord.), CEDRIC, Eurométropole Strasbourg (CUS), M2N, ICube
- Date de début du projet : 01 mars 2023 Durée : 48 mois
  
- Aide ANR : 490,5 k€ / 168,1 k€
- Coût complet : 1676,9 k€ / 588,2 k€
- Personnel : 48 & 48 (PM)

# Les réseaux RDE des enjeux considérables

Préservation  
Santé  
Sécurité  
Durabilité



Réseaux complexes

Comment assurer la **qualité** de service, **santé et sécurité** des **usagers** et du réseau, et sa **durabilité**



Viellissement du réseau

Comment prolonger le **cycle de vie** et maintenir la qualité de l'eau, réagir en temps réel aux défaillances



Sécurité du réseau et des abonnés

Comment **protéger** ces infrastructures d'importance vitale face à la menace physique et cyber



Réchauffement climatique

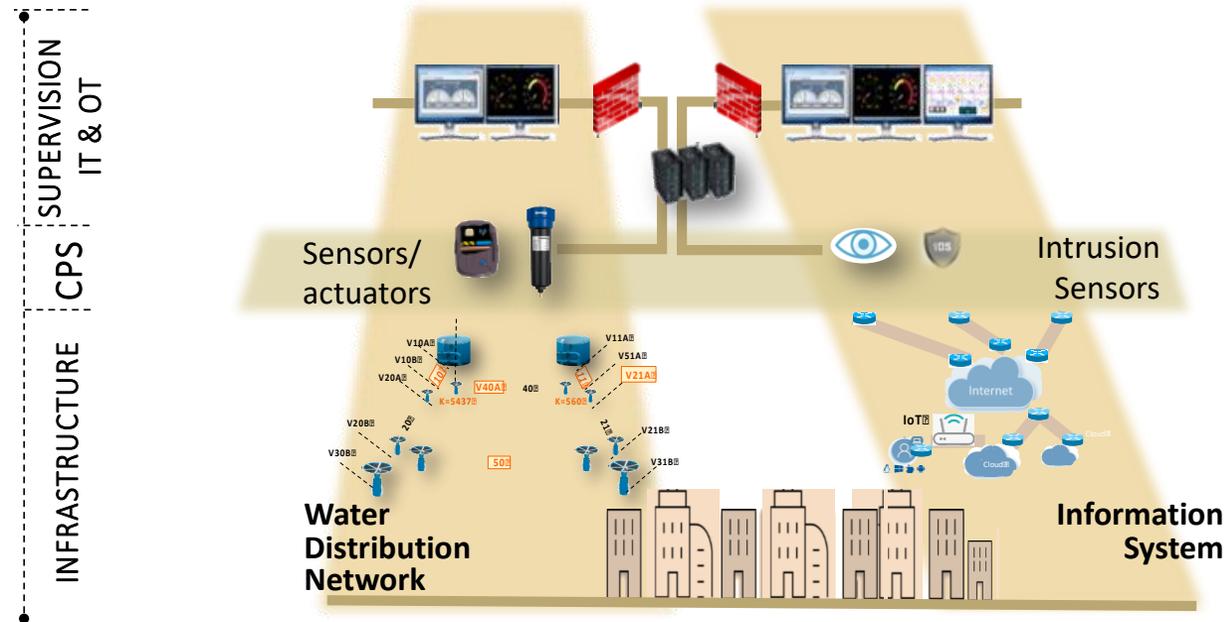
**Ressource** en eau va s'amenuiser et **résilience** par rapport aux catastrophes naturelles



Beaucoup plus de données

Comment **gérer** le flux d'information important pour l'ajout de nombreux compteurs et capteurs intelligents

- Réseau distribution eau + système information vulnérables aux cyberattaques, contaminations



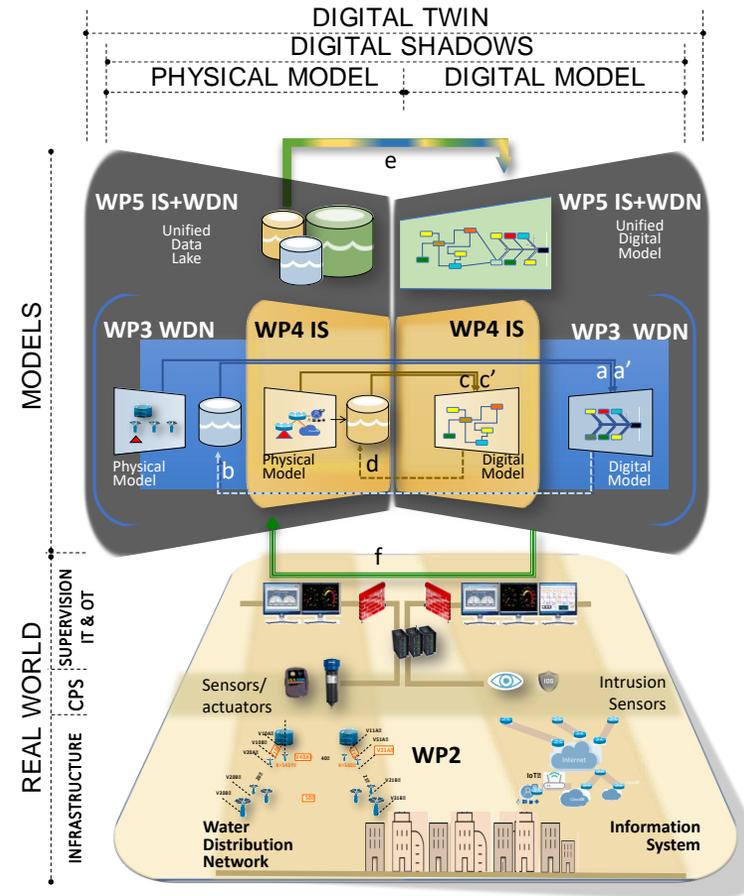
Résilience infrastructures critiques & cybersécurité

# Objectifs scientifiques et techniques

Protéger un réseau de distribution d'eau potable et ses données contre les attaques de sécurité

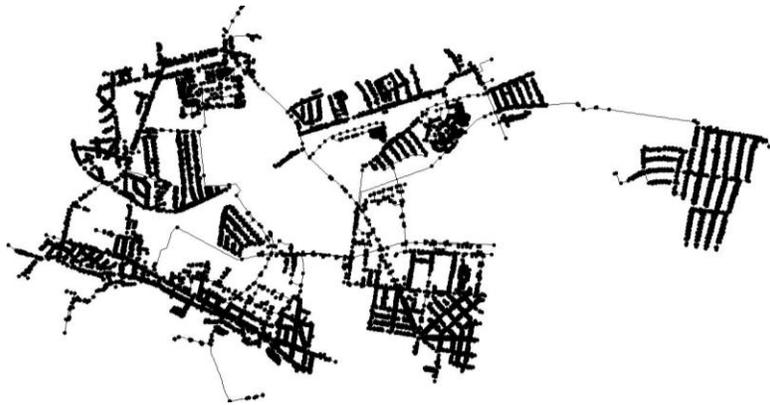
Etre capable de :

1. Développer un système de détection et de caractérisation des attaques,
  2. Améliorer la classification et réduire le taux de faux positifs,
  3. Développer une méthode pour améliorer la **résilience par la conception** des RDE.
- Résilience à la défaillance est la capacité de retour à la normale (ou la rapidité), plus robustesse des performances, la redondance structurelle et l'ingéniosité



# Fronts de sciences

- Vers la caractérisation d'un état hydraulique plus durable et mesures de résilience par les modèles



$$F(q, h) \triangleq \begin{pmatrix} \Delta h(r, q) - A^T h - A_0^T h_0 \\ -Aq - c(d, h) \end{pmatrix} = \mathbf{0}_{np+nj}$$

Principe de moindre action et  
Newton amorti

$$\begin{cases} \partial_t F(t, x) + U_j(t) \partial_x F(t, x) + R_j(F) = 0, \\ F(0, x) = F_{0,j}(x), \quad 0 \leq x \leq L_j, \\ F(t, 0) = F_i(t), \quad \forall t \geq 0. \end{cases}$$

Transport indicateurs  
qualité de l'eau

**Gestion durable = temps réel & adaptation**

Contraintes sur h et q

Planification pompes & vannes

Assimilation et problème inverse

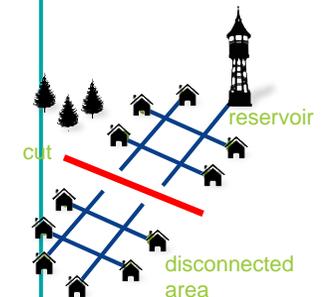
Optimisation robuste

**Résilience (simulation casses)**

1 casse Impact sur h, c(d, h) ?

Optimisation multi-objectif

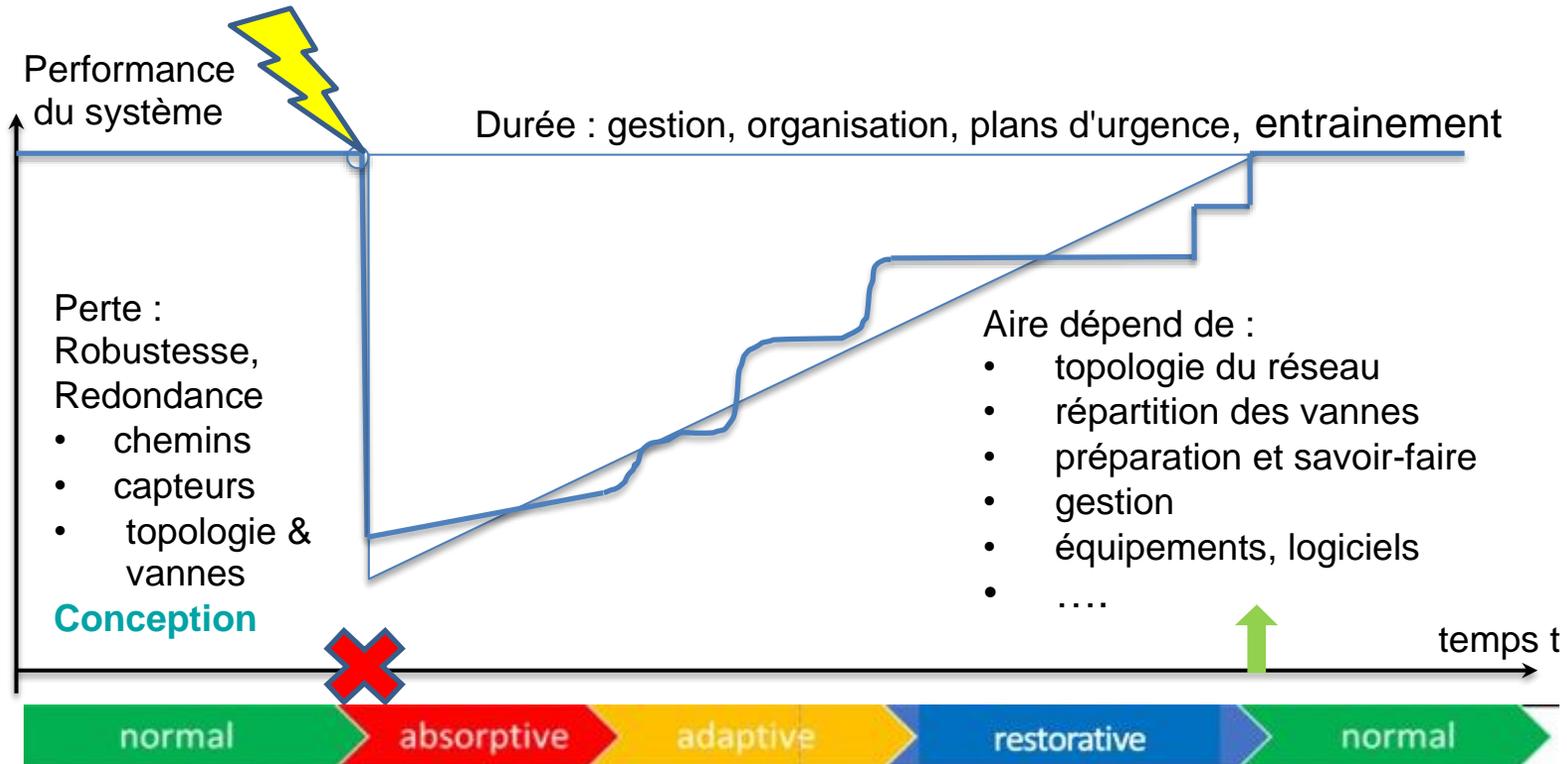
Intelligence artificielle



# Verrous à lever

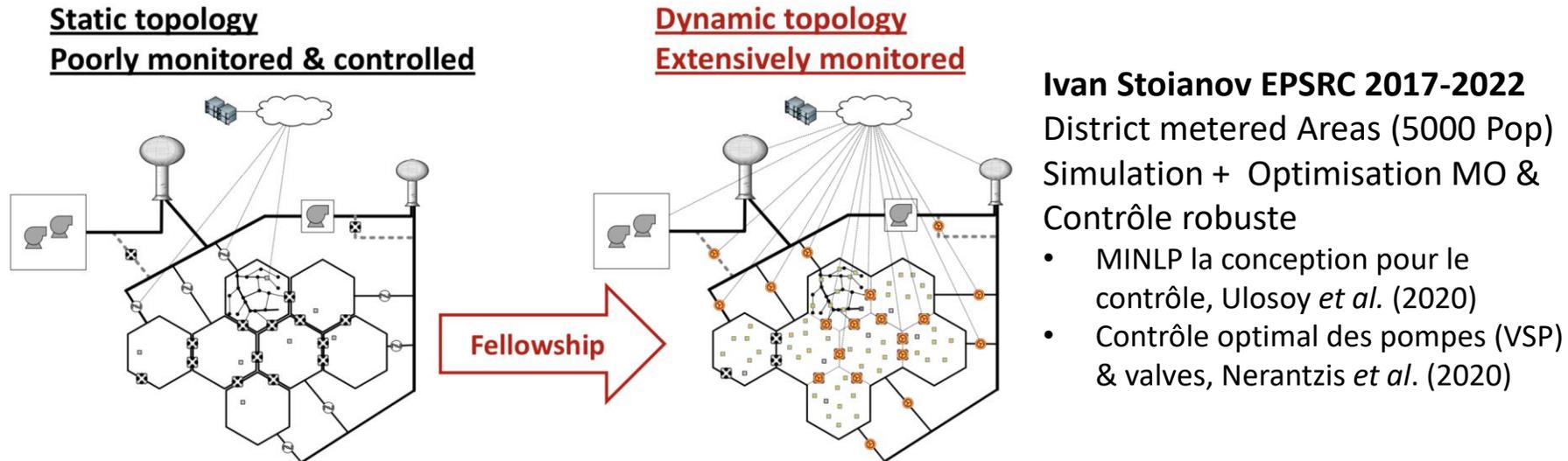
- **Modélisation & assimilation** pour la Résilience et pour une Gestion opérationnelle du réseau plus durable & Contrôle de la qualité de l'eau
- ❖ Réduction du temps de calcul pour les grande taille graphe de réseaux
  - ↳ **Méthodo** : Modèle d'ordre réduit (matrices creuses => pleines + non-linéarité)
- ❖ Incertitude sur les entrées (demande, état interne conduites, vannes O/F?) et méthode de propagation d'incertitude très couteuses en temps CPU
  - ↳ **Méthodo** : non-linéarité, FOSM, PCE & manque observations
- ❖ Assimilation de données
  - ↳ **Conceptuel** : Simplification & couplage modèle avec observations en temps réel => Jumeau numérique
  - ↳ **Méthodo** : Calage paramètres, placement nouveau de capteurs & utilisation de mégadonnées

# Positionnement par rapport à l'état de l'art



- ResiWater (2015-2018) <https://www.resiwater.eu/>

# Reconfigurations de réseaux et limites



Topologies pas généralisable à la situation en France et en Europe

## KWR Water Research Institute

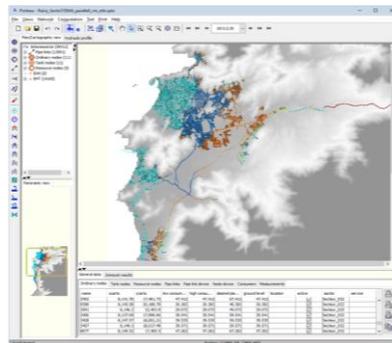
Concept de réseaux autonettoyants en assurant une vitesse minimale et en fermant des conduites

- Eau décolorée/sédiments, Vreeburg *et al.* (2009)
- Placement de vannes de régulation & contrôle optimal, Abraham *et al.* (2017)

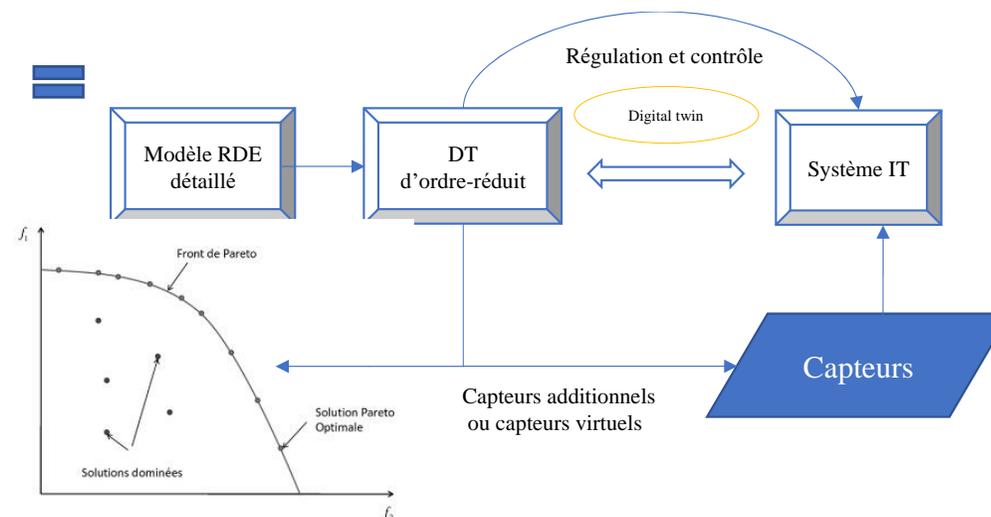
Fermer les chemins de l'eau ou limiter la redondance pas une solution résiliente.

# Solution par modélisation & assimilation

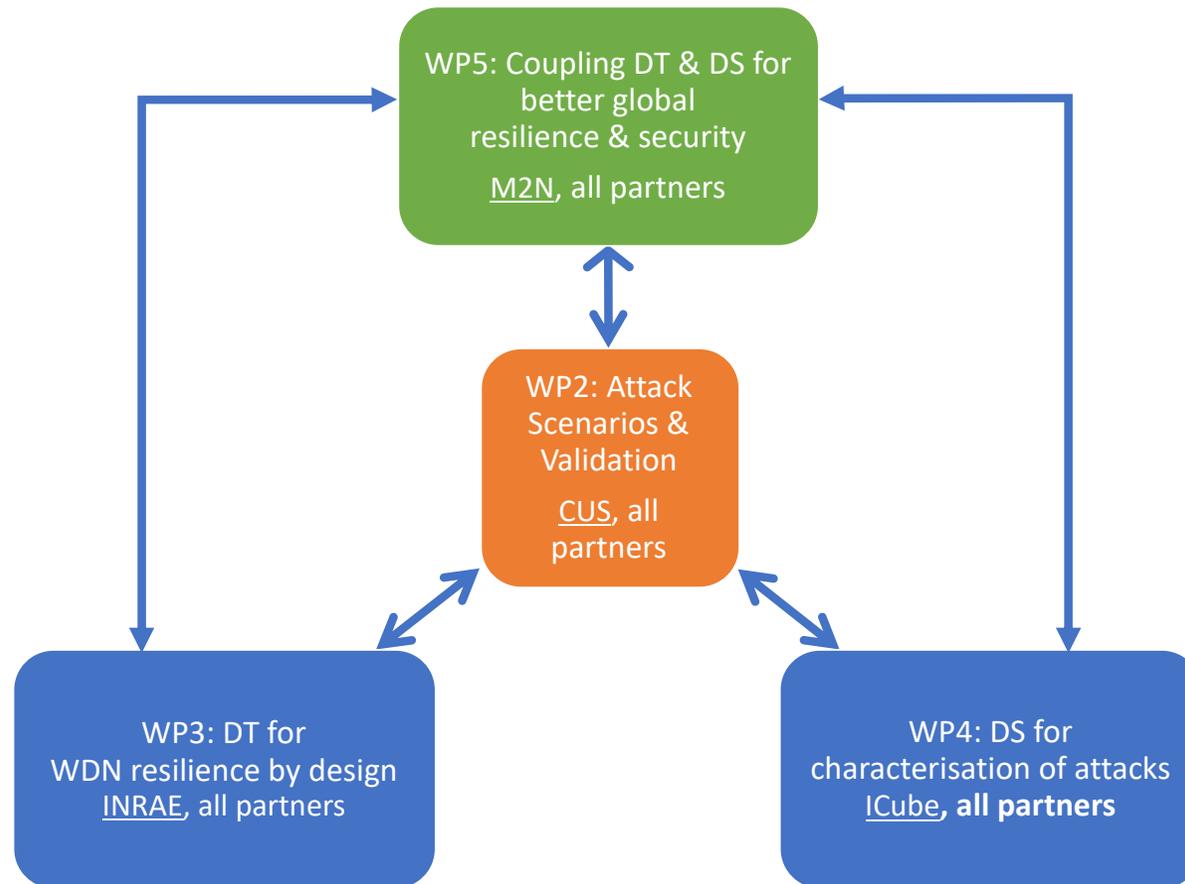
1. Régulation durable optimale pression et débits, réduction fuites et utilisation énergie. **Pb optimisation**
2. Adaptation du réseau pour une résilience by design, (partitionnement, vannes, vitesses min et max, capteurs réels et virtuels, actuateurs). **Pb optimisation**
3. Gestion incidents et contrôle de la qualité de l'eau distribuée. **Détection.**
  - Résoudre les pb optimisation => **modèle d'ordre réduit (DT)** connecté aux données



Gratuciel Porteau



# Méthode et programme de travail



# Retombées attendues

- Scientifiques
  - Modèle numérique DT-ROM (résilience, gestion durable)
  - Modèle numérique DS (GA explicables, MO)
  - Interdisciplinarité
- Techniques
  - Code réutilisable, plateforme EASEA Icube
  - INRAE complétera sa plateforme logicielle avec un module de résilience by design
- Socio-économiques
  - Gestion durable & résiliente Eurométropole Strasbourg (court-terme), autres services des eaux en France et EU (futur)

Je vous remercie de votre attention!



[RG](#)

[Olivier.Piller@inrae.fr](mailto:Olivier.Piller@inrae.fr)

Bientôt :

[correau@inrae.fr](mailto:correau@inrae.fr) | [www.correau.fr](http://www.correau.fr)