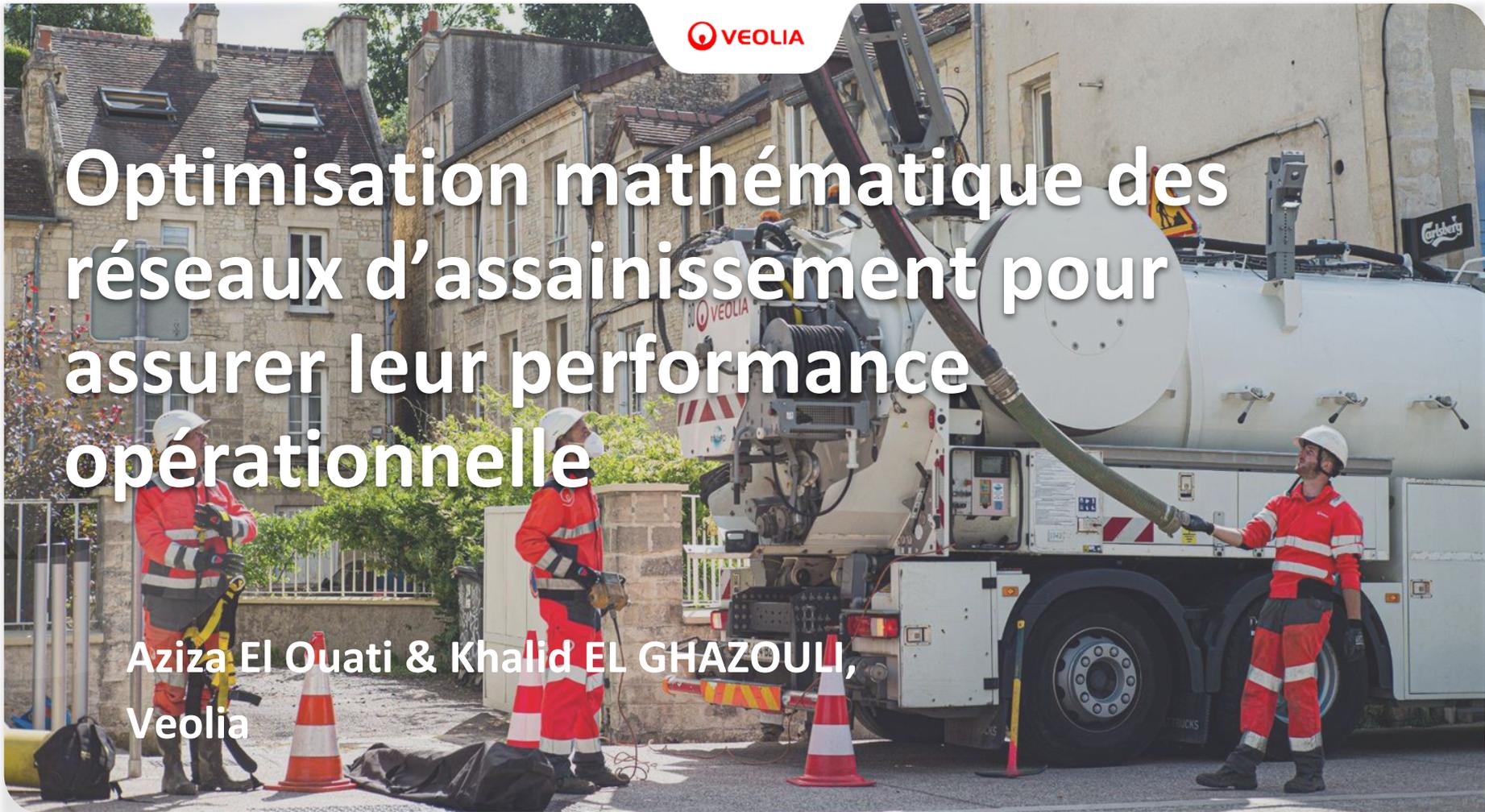


Optimisation mathématique des réseaux d'assainissement pour assurer leur performance opérationnelle

Aziza El Ouati & Khalid EL GHAZOULI,
Veolia



Qui sommes nous?

Khalid GHAZOULI



VEF
Expert en hydraulique urbaine



Contact : khalid.el-ghazouli@veolia.com

Aziza EL OUATI



VESA/BSP/AWS
Expert senior des réseaux d'assainissement



Contact : aziza.el-ouati@veolia.com

SOMMAIRE

01

Enjeux de l'optimisation dans les réseaux d'assainissement

02

Système de gestion prédictive pour la gestion opérationnelle et patrimoniale du réseau d'assainissement : fonctionnalités

03

Cas d'application
Gestion dynamique de Kolding

04

Cas d'application
Deep learning et Métaheuristique pour une gestion prédictive des réseaux d'assainissement

Enjeux de l'optimisation dans les réseaux d'assainissement

ENJEUX PROPRES au réseau d'assainissement

- **La conformité à la législation environnementale**
 - *Consommation d'énergie, déversements non conformes et réglementations environnementales strictes*
- **La gestion des eaux pluviales et adaptation au changement climatique**
- **Les tâches de maintenance**
 - *Flux inattendus - infiltration*
 - *Détection des dérives de pompes*
- **Les investissements**
 - *Augmenter la capacité hydraulique*
 - *Budgets limités pour le renforcement des réseaux et l'acquisition du foncier des bassins de rétention*

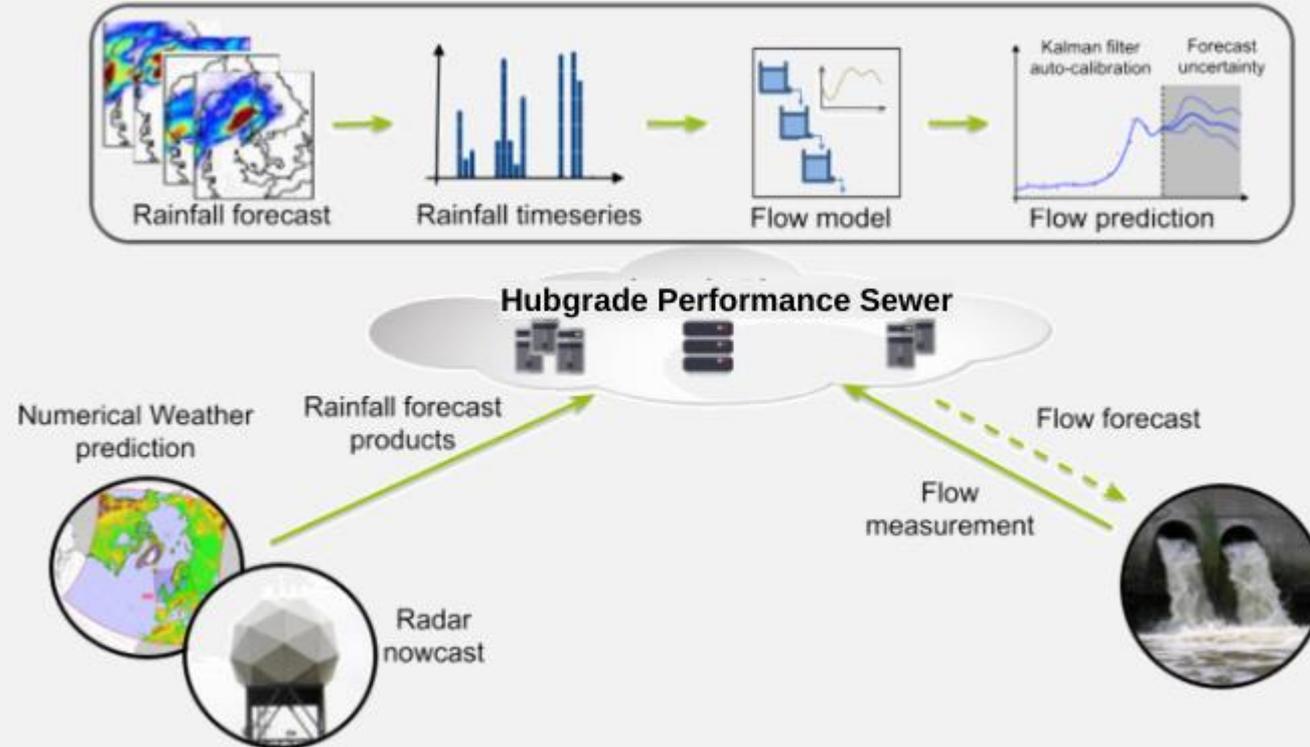


Systeme de gestion prédictive pour la gestion opérationnelle et patrimoniale du réseau d'assainissement

Fonctionnalités

Systeme de gestion prédictive pour l'optimisation opérationnelle

Prédiction des débits et optimisation des scénarios de fonctionnement - Gestion Dynamique



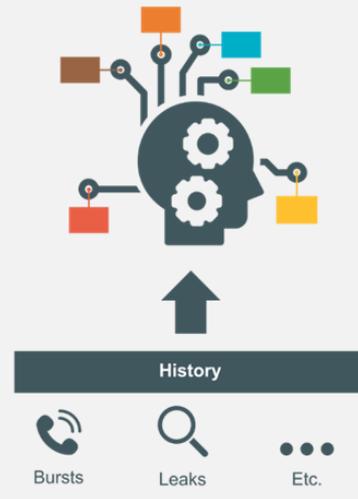
Systeme de gestion prédictive pour l'optimisation patrimoniale

Prediction des blockages dans le réseau d'assainissement

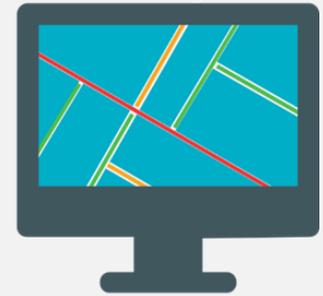
① Identification of relevant parameters



② Model calibration



③ Prediction



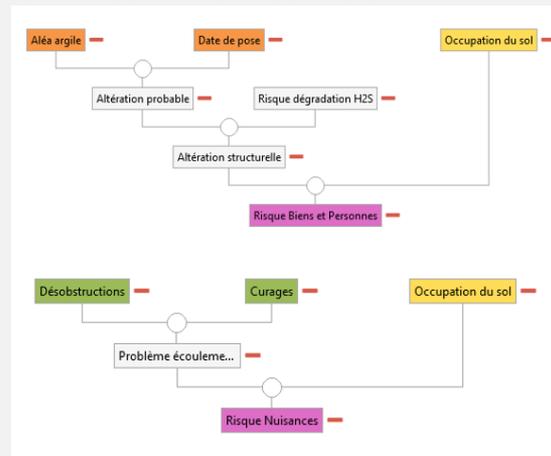
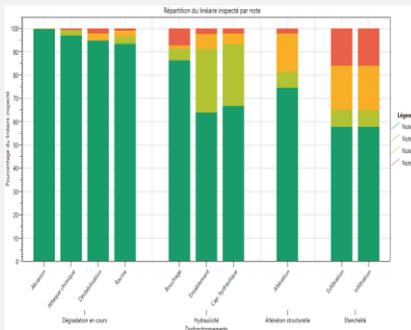
Location of future leaks & bursts

OCTAVE

Optimisation des plans de renouvellement et de maintenance

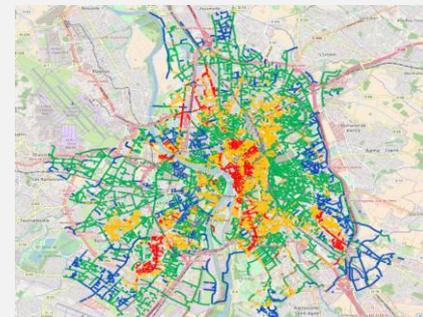
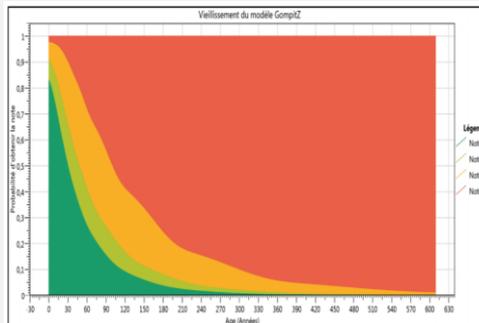
Input data

1. **Asset data**: canalisation et regards (GIS)
2. **CCTV inspections** txt files encoded to the European standard
3. **Environmental data** (soil, traffic, etc.)
4. **Operational data** (history of curative and preventive interventions)
5. **Measurements** (Infiltration, Spills, H2S, etc)



Out-put

1. **Plan de renouvellement des tronçons inspectés,**
2. **Plan d'inspection de l'ensemble du réseau**
3. **Modele statistique des dégradations strucurelles**
4. **Analyse des risques** : croisement entre indicateurs de risque et score de risque global par conduite



Cas d'application Gestion dynamique de Kolding

BLUEKOLDING Challenges

Entreprise de services publics - responsable de la collecte et du traitement des eaux usées pour une agglomération d'environ 100 000 personnes dans la municipalité de Kolding, Danemark

- Déversements dans l'environnement
- Absence de vue d'ensemble du réseau d'égouts
- Situations d'inondation dues à de fortes pluies
- Nécessité d'augmenter la capacité hydraulique du système de collecte et de la station d'épuration

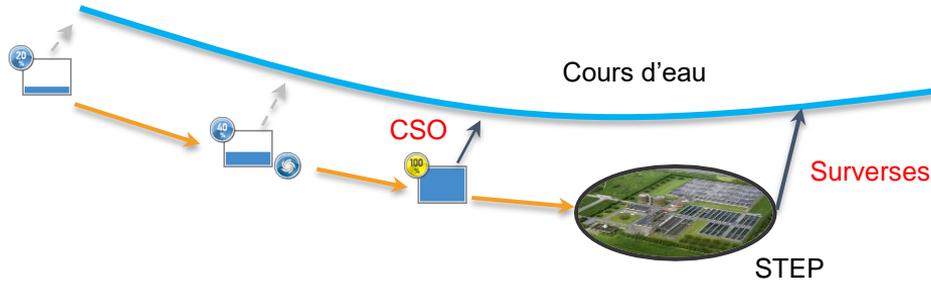
2 000 km de canalisation
76 stations de pompage
20 bassins de rétention
94 déversoirs d'orage



La gestion dynamique des réseaux d'assainissement

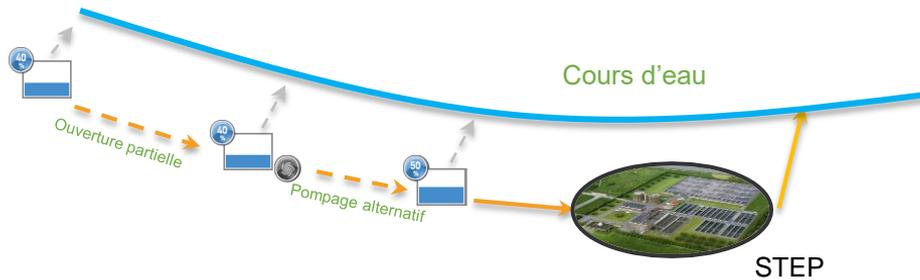
Le principe de fonctionnement

Sans Hubgrade
Performance
Sewer module



- Surverses
- Contamination du cours d'eau
- Etc.

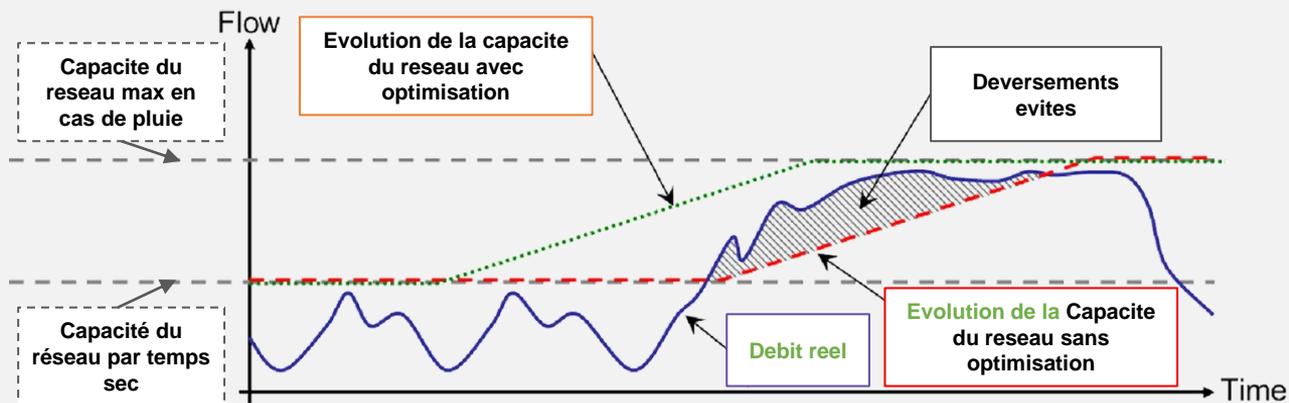
Avec Hubgrade
Performance
Sewer module



- Optimisation du remplissage des bassins
- Réduction du niveau des boues dans la STEP
- Réduction des surverses et des pertes de boues

Hubgrade™ Performance Sewerflex - BlueKolding

Afin D'anticiper Les Variation De Capacité Du Réseau

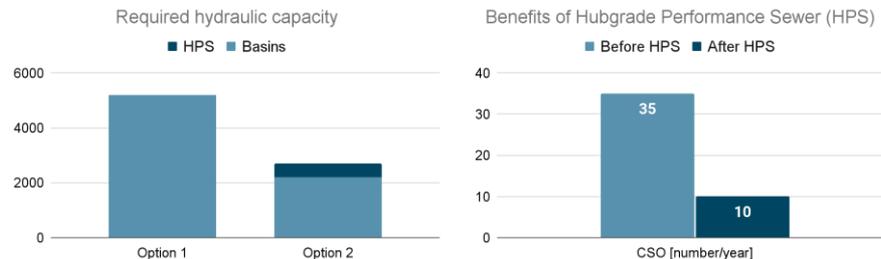


Cerise sur le gâteau:

BlueKolding est payée par le réseau pour être capable de valider en 5 minutes la réduction ou l'augmentation de la consommation d'énergie

BLUEKOLDING

Résultats



Réduction de la consommation d'énergie - 23%



Accès aux prévisions météorologiques 24h/24 et 7j/7



Réduction des débordements de 83%



Augmentation de la capacité hydraulique de + 80%



Optimisation des opérations



Réduction des dépenses d'investissement de 25% - 2M d'€

Le Parcours



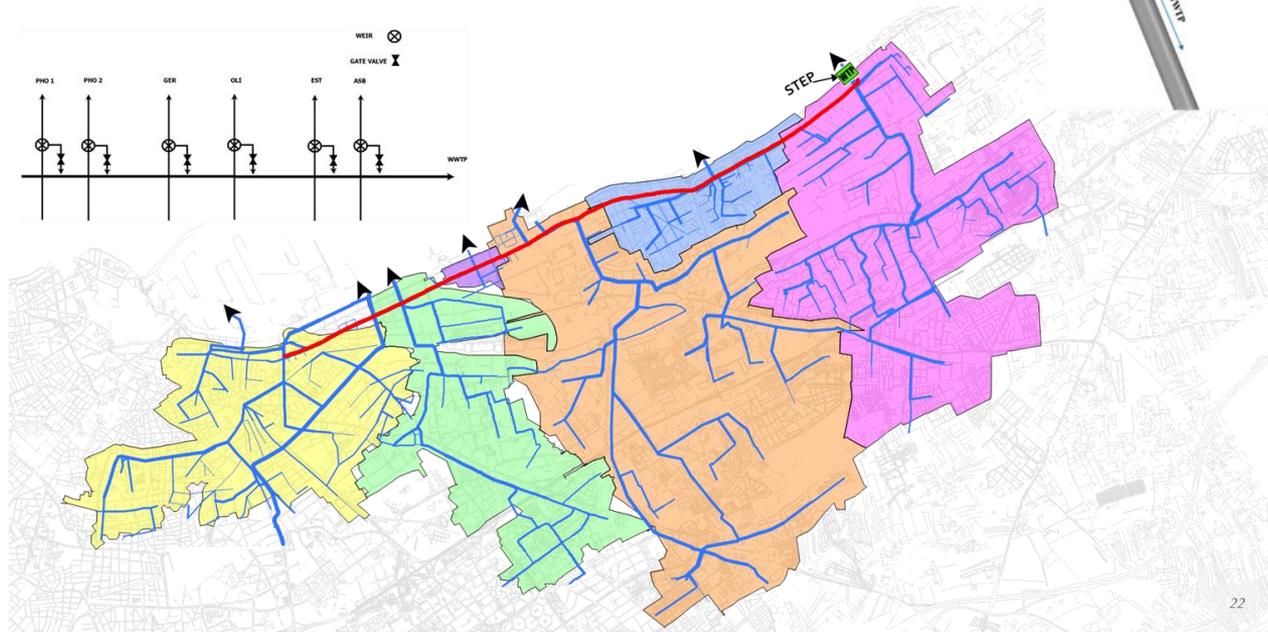
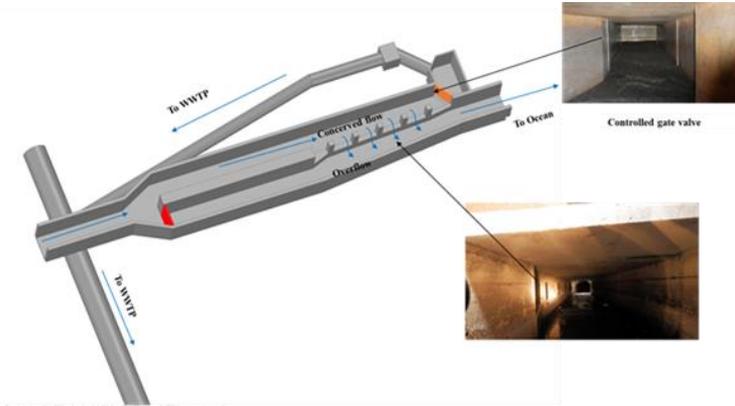
Cas d'application

Deep learning et Métaheuristique pour une gestion prédictive des réseaux d'assainissement



CONTEXTE

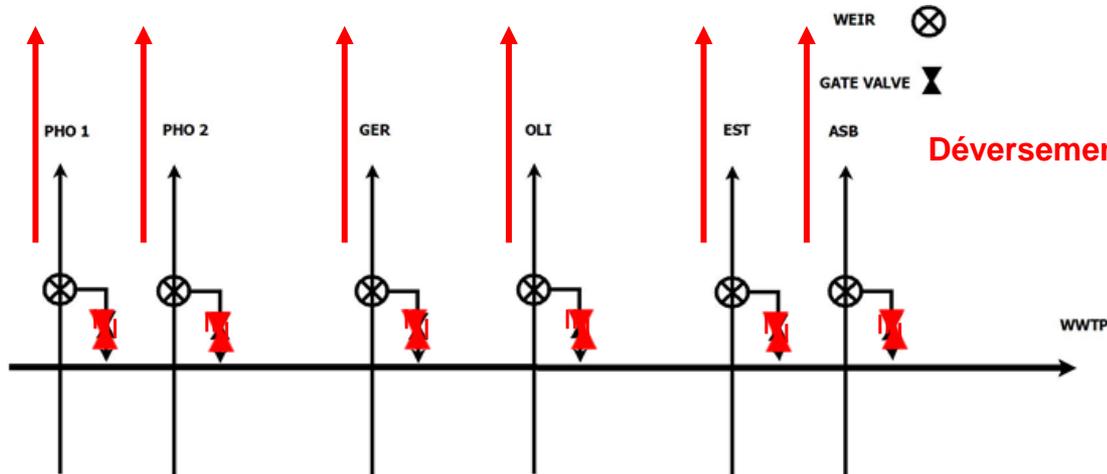
- Bassins versants unitaires avec un rejet historique vers le milieu récepteur
- Mise en place d'une solution d'interception avec prétraitement avant rejet en mer



PROBLÉMATIQUE

- Système de contrôle global complexe par le nombre de variables de décisions, la dynamique des bassins versants et la spatialisation des pluies
- Les vannes du système d'interception sont fermées  pendant les évènements pluvieux

↳ Déversement des eaux polluées vers le milieu récepteur réduisant ainsi le bénéfice de tels aménagements

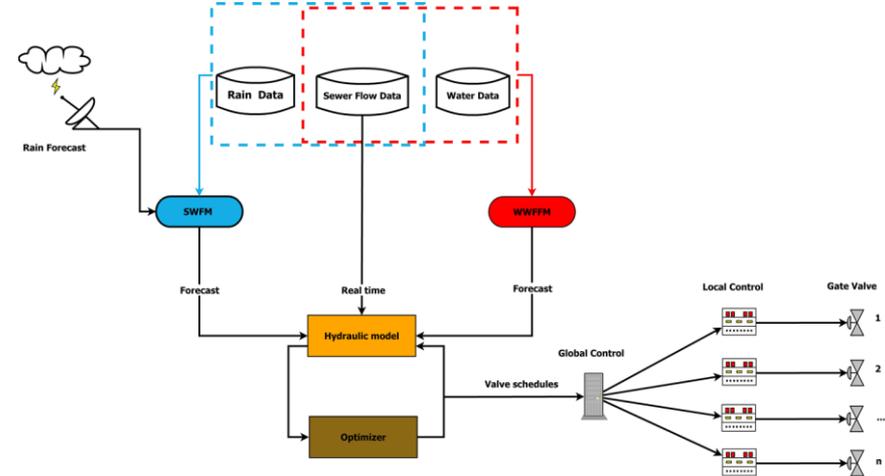


Déversement des eaux polluées vers le milieu récepteur

ARCHITECTURE DU SYSTÈME MIS EN PLACE

Répondre à un enjeu environnemental majeur avec un système opérationnel de contrôle global:

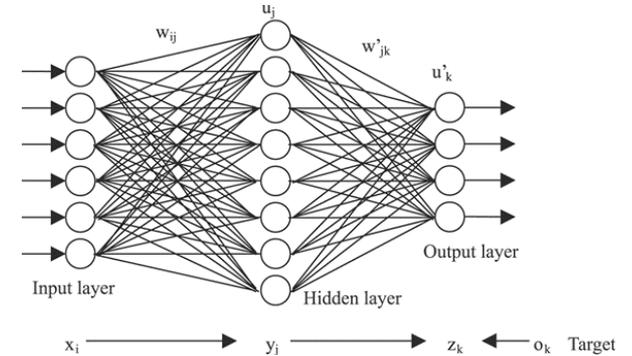
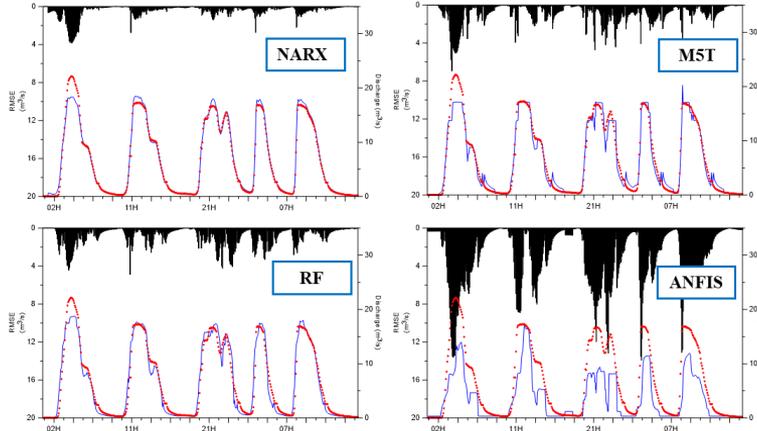
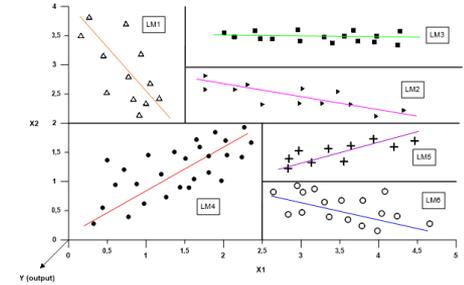
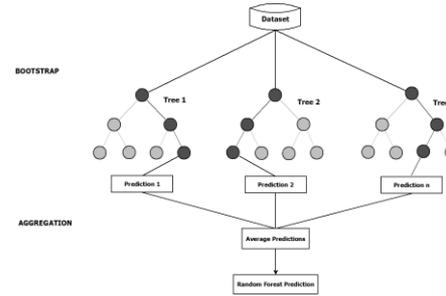
- Rapide: Proactif par la rapidité des calculs des prévisions des débits et la définition des stratégies de contrôle
- Robuste: Permet de minimiser l'erreur sur les prévisions et de générer des stratégies de contrôle optimale dynamique qui varient dans le temps et l'espace



débits
exploitation
Prévision
consignes RTC
Optimisation

PRÉVISION DES DÉBITS

- Bonne performance pour la prévision des débits
- Temps de calcul réduit de 2 secondes comparé à un modèle hydraulique conventionnel qui prend environ 6 minutes pour chaque exécution.



OPTIMISATION DU SYSTÈME OPÉRATIONNEL

- » La fonction objective (Obj Fun) est formulée pour minimiser les volumes déversés vers le milieu naturel.

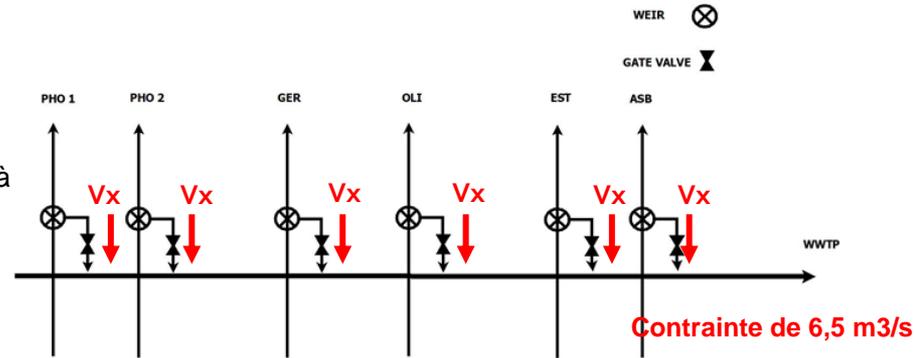
$$OBJFun = - \sum_{i=1}^n (V_{x;i})$$

V est le volume d'eau intercepté au niveau de chaque branche x à l'instant (i).

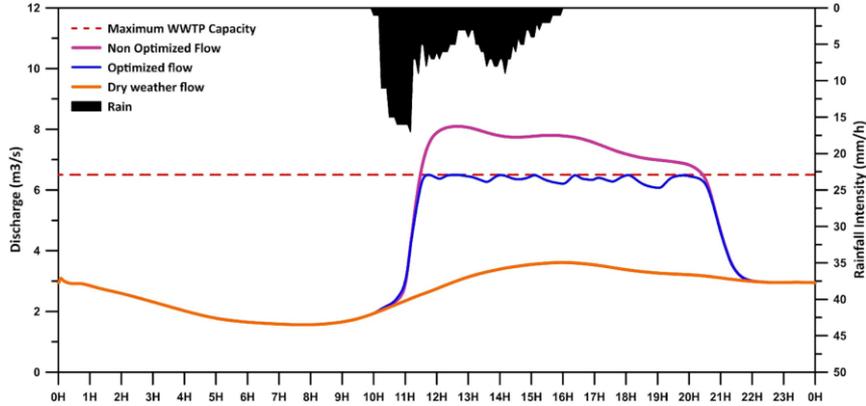
- » La fonction objective est soumise contrainte :

$$Qt \leq Qmax$$

- » Le nombre de variables de décision (n) du problème d'optimisation correspond aux états (St) des vannes pendant la durée de simulation.
- » Les valeurs des variables de décision sont bornées entre 0 et 1.



RÉSULTATS DU MPC POUR UNE PLUIE RÉELLE



Génération de stratégies de contrôle optimales

Traitement de 147 000 m³ supplémentaires d'eau polluée sans dépasser la capacité de la station de traitement

