

OPTIM'HYDRO

L'optimisation mathématique
au service de la
performance opérationnelle des
réseaux d'eau potable



Qui sommes nous?

Alexandre BAYLE

SEURECA  VEOLIA

Docteur mécanique des fluides
Ingénieur de projet



- **Modélisation des réseaux d'eau potable, expertise hydraulique et optimisation**
- **Étude transitoire / coup de bélier**

Contact : alexandre.bayle@veolia.com

Claire SABLAYROLLES

SEURECA  VEOLIA

Chef de projet
Experte en hydraulique urbaine



- **Modélisation des réseaux d'eau potable, expertise hydraulique et optimisation**
- **Gestion patrimoniale des réseaux**

Contact : claire.sablayrolles@veolia.com

AGENDA

01

L'essentiel de
SEURECA

02

La régulation des réseaux
d'Alimentation en Eau Potable

03

Optimisation opérationnelle :
L'outil OptimHydro

04

Cas d'usage #1
Gestion de la ressource

05

Cas d'usage #2
Optimisation énergétique

06

Cas d'usage #3
Réduction des fuites

L'ESSENTIEL DE SEURECA

Seureca porte l'activité d'**Ingénierie Conseil et d'Assistance Stratégique et Opérationnelle** du Groupe Veolia.

Nos équipes conçoivent des solutions adaptées aux enjeux actuels dans tous les domaines de l'environnement (**eau, énergie, recyclage et valorisation des déchets**) pour les collectivités, les industries et le secteur tertiaire.

Seureca accompagne les sociétés des eaux publiques et les opérateurs de Veolia, de par le monde, pour évaluer et améliorer les performances du service.



Eau



Déchets



Energie



60 ans d'expertise
environnementale

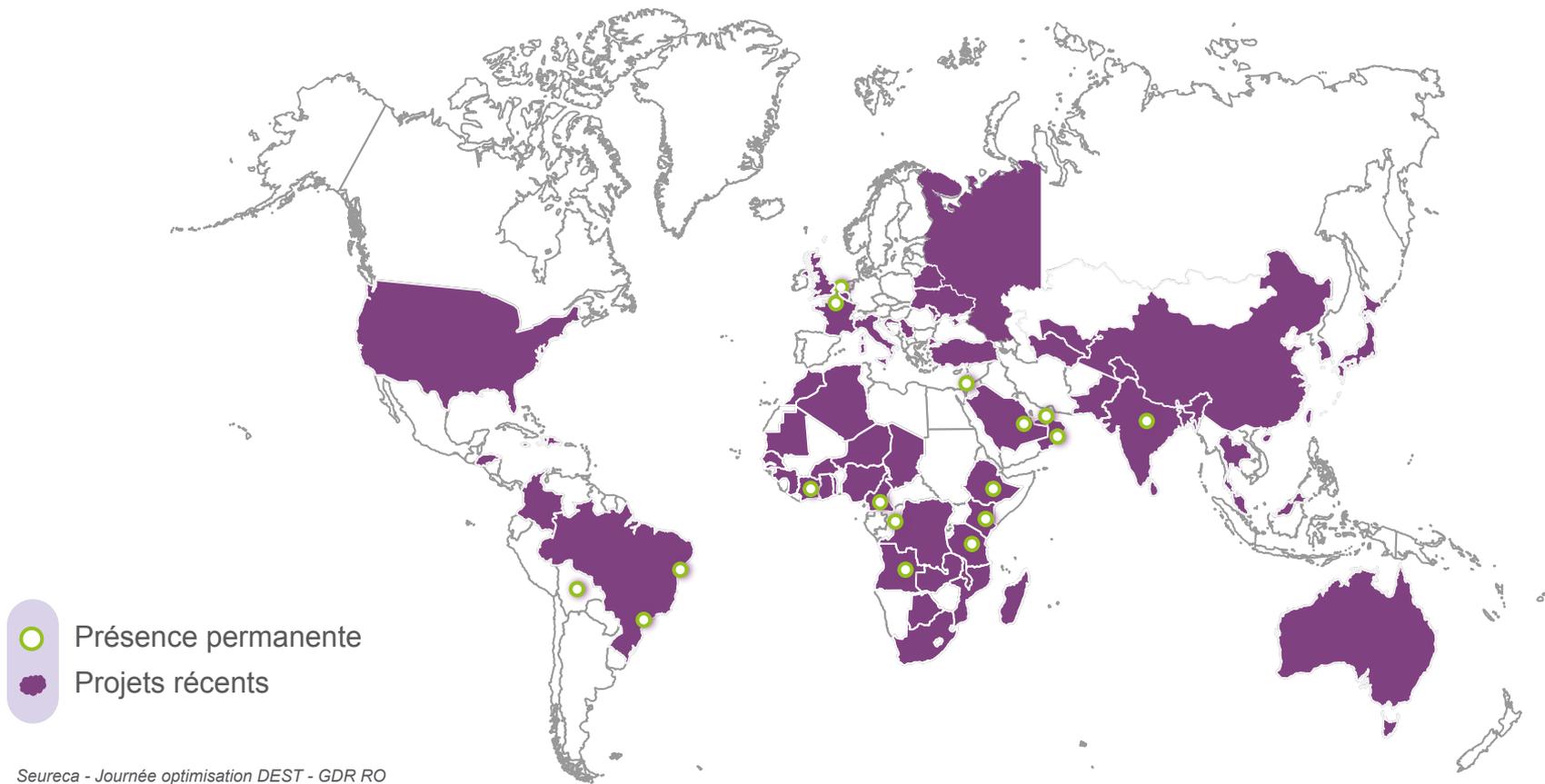


Actif dans **75** pays



300 ingénieurs
30% en France
70% à l'international

Une empreinte géographique mondiale avec des implantations décentralisées pour être plus proche de nos clients



-  Présence permanente
-  Projets récents

La régulation des réseaux AEP

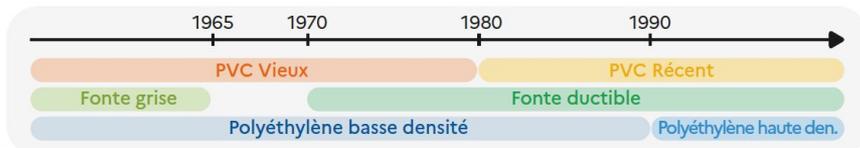
Enjeux et problématique



Les réseaux d'eau en France

Un contexte favorable pour la mise en place d'approches d'optimisation

- Des réseaux vieillissants



Évolution temporelle des matériaux utilisés pour la construction des réseaux

Source : OFB, <https://professionnels.ofb.fr/fr/node/95>

- Des rendements parfois perfectibles et des ressources en eau limitantes / limitées

80%

Rendement moyen en France

Source : <https://www.eaufrance.fr/>

- Une envolée des prix, notamment de l'énergie

- Un patrimoine financier important

	Répartition hab. (%)	Linéaire (km)	Valeur (M€)	Ratio (€/ml)	Ratio (€/hab)
 Ultra-urbain > 300 hab/km	36	74 000	35 000	480	1 500
 Urbain 100 à 300 hab/km	26	107 000	17 000	160	1 000
 Rural < 100 hab/km	38	694 000	83 000	120	3 500
Total	100	875 000	135 000	154	2 000

Répartition de la valeur patrimoniale selon le type d'habitat

Trouver l'optimum entre niveaux de service, prix de l'eau, charges de fonctionnement, investissements, et préservation de la ressource

Les réseaux AEP

Des systèmes dynamiques, évolutifs et complexes

De nombreuses variables techniques

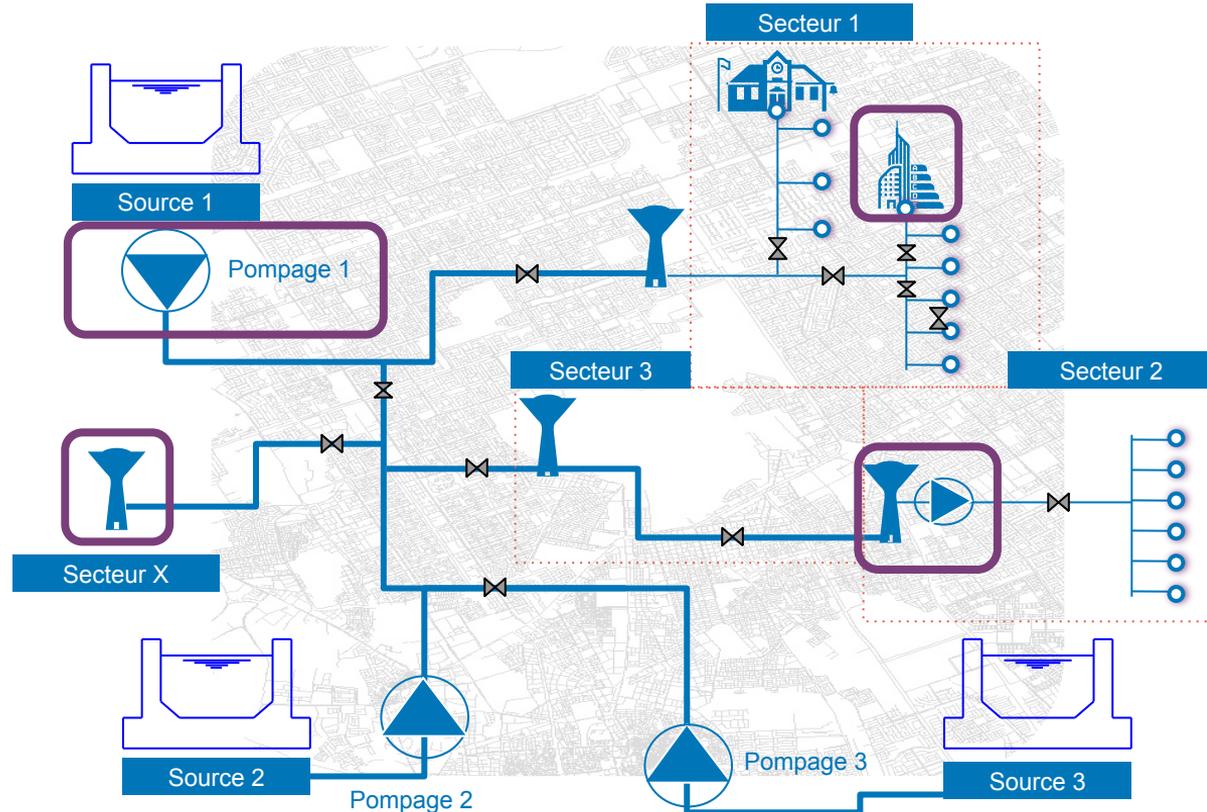
Des contraintes opérationnelles

Des objectifs de gestion

● Qualité du service

● Enjeux technico-économiques

● Enjeux Environnementaux



De multiple configurations

La disponibilité de la ressource et sa distribution sont des éléments clés de l'optimisation des réseaux



Gestion de la ressource (cas d'usage #1)



- **Variété et disponibilité des ressources**
- **Fluctuation du tarif achat / vente**
- **Multitude de scénarios climatiques et hydrologiques**



Gestion de la distribution

- **Diminution du taux de renouvellement**
- **Diminution du taux de casse**
- **Optimisation du coût de pompage (cas d'usage #2)**
- **Réduction du volume de fuite (cas d'usage #3)**

Optim'Hydro

Apport de l'algorithme génétique

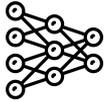


OPTIM'HYDRO

Qu'est ce que c'est ?



Outil d'optimisation hydraulique développé par et pour les experts hydrauliciens de SEURECA



Assemblage du modèle EPANet et d'un algorithme génétique au moyen d'un module d'interface Excel/VBA



Scénarios d'optimisation pré-codés mais entièrement personnalisables en fonction des cas d'utilisation



Machine Virtuelle dans le cloud Amazon

VARIABLE "VSP" EDITION ✕

[RETURN TO LIST VARIABLES](#)

P1 - ID EPANET VSP_c
Entrer l'ID EPANET du lien concerné par l'optimisation de la consigne (bien vérifier l'orthographe de l'ID)
ATTENTION: si VSP_c, vérifier que le script EPANET est compatible. Tous les paramètres P1 à P7 sont à remplir pour VSP_c comme pour une VSP.

P4 - Index d'optimisation
Entrer un nombre entier compris entre 1 et au maximum le nombre de variables VSP.
L'Index d'optimisation permet d'associer un lien EPANET avec une variable d'optimisation. Deux liens avec le même index d'optimisation auront les mêmes valeurs d'optimisation appliquées à chaque pas de temps.
EXEMPLE1: 5 liens VSP sont optimisés avec des variables distinctes. ALORS on commence à 1 et on incrémente de 1 l'index d'optimisation à chaque nouvelle variable VSP (jusqu'à 5 pour le dernier lien).
EXEMPLE2: 5 liens VSP sont optimisés au total. Les trois premiers sont optimisés avec une première variable d'optimisation et les deux derniers avec une deuxième variable d'optimisation. ALORS on met l'index d'optimisation à 1 pour les 3 premiers liens et à 2 pour les deux derniers liens.

P2 - Borne MIN de recherche
Entrer une valeur numérique.
EXEMPLE: P2=15 l'algorithme générera des consignes supérieures à 15

P3 - Borne MAX de recherche
Entrer une valeur numérique.
EXEMPLE: P3=20 l'algorithme générera des consignes inférieures à 20

P5 - Pas de temps début application consigne
Entrer une valeur de type entier en NOMBRE D'HEURES.
EXEMPLE: P5=15 alors les consignes sont appliquées après le pas de temps 15h

P6 - Pas de temps fin application consigne
Entrer une valeur de type entier en NOMBRE D'HEURES
EXEMPLE: P6=22 alors les consignes sont appliquées jusqu'au pas de temps 22h

P7 - Ratio d'optimisation consignes
Entrer un nombre entier. Une même consigne est appliquée pendant plusieurs pas de temps correspondant au ratio (NOMBRE D'HEURES).
EXEMPLE: P7 = 2 : optimisation des consignes toutes les 2 heures.

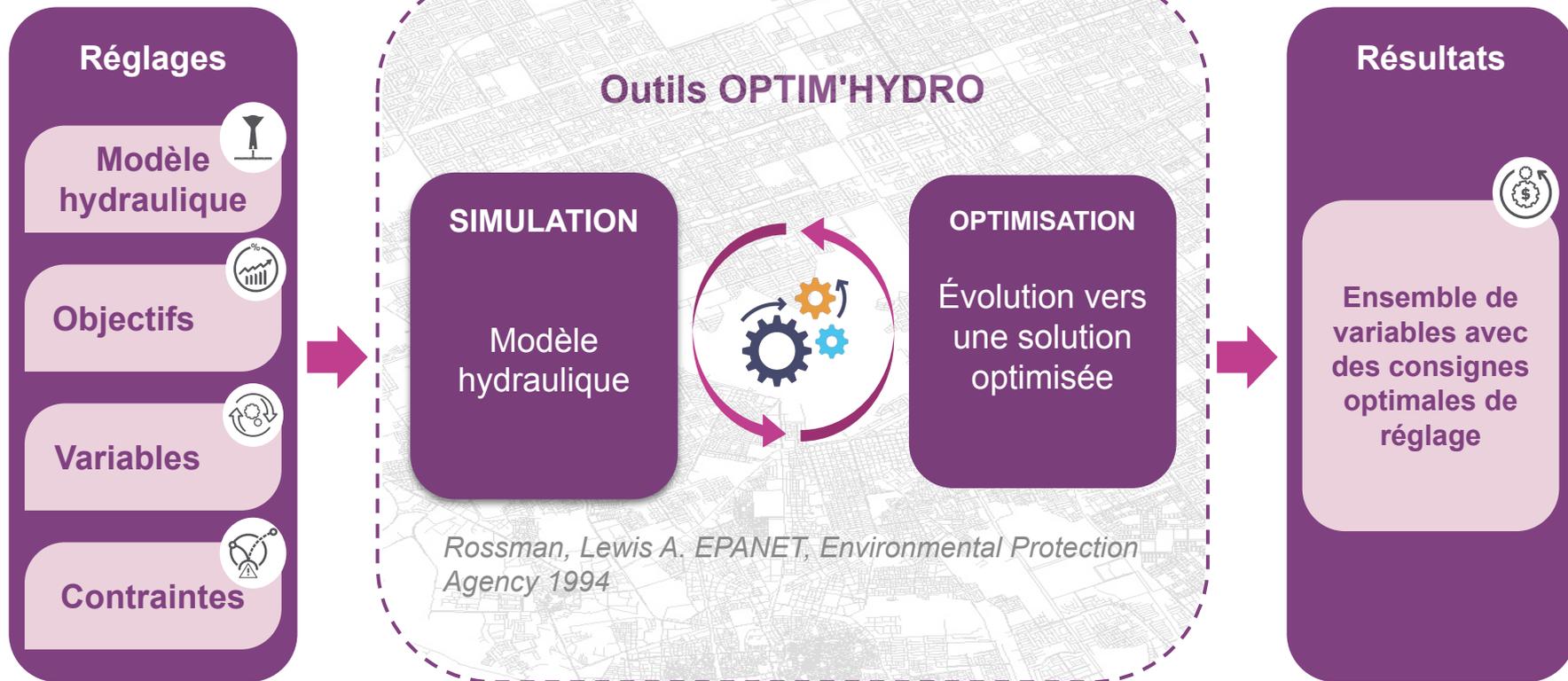
P8 - Type de TIME CONTROL
 TIME CLOCKTIME
Selectionner la nature du time control de la consigne.
Pour rappel avec TIME
Pour rappel avec CLOCKTIME

[EDITION DE LA VARIABLE](#)

Exemple de variable OptimHydro

OPTIM'HYDRO

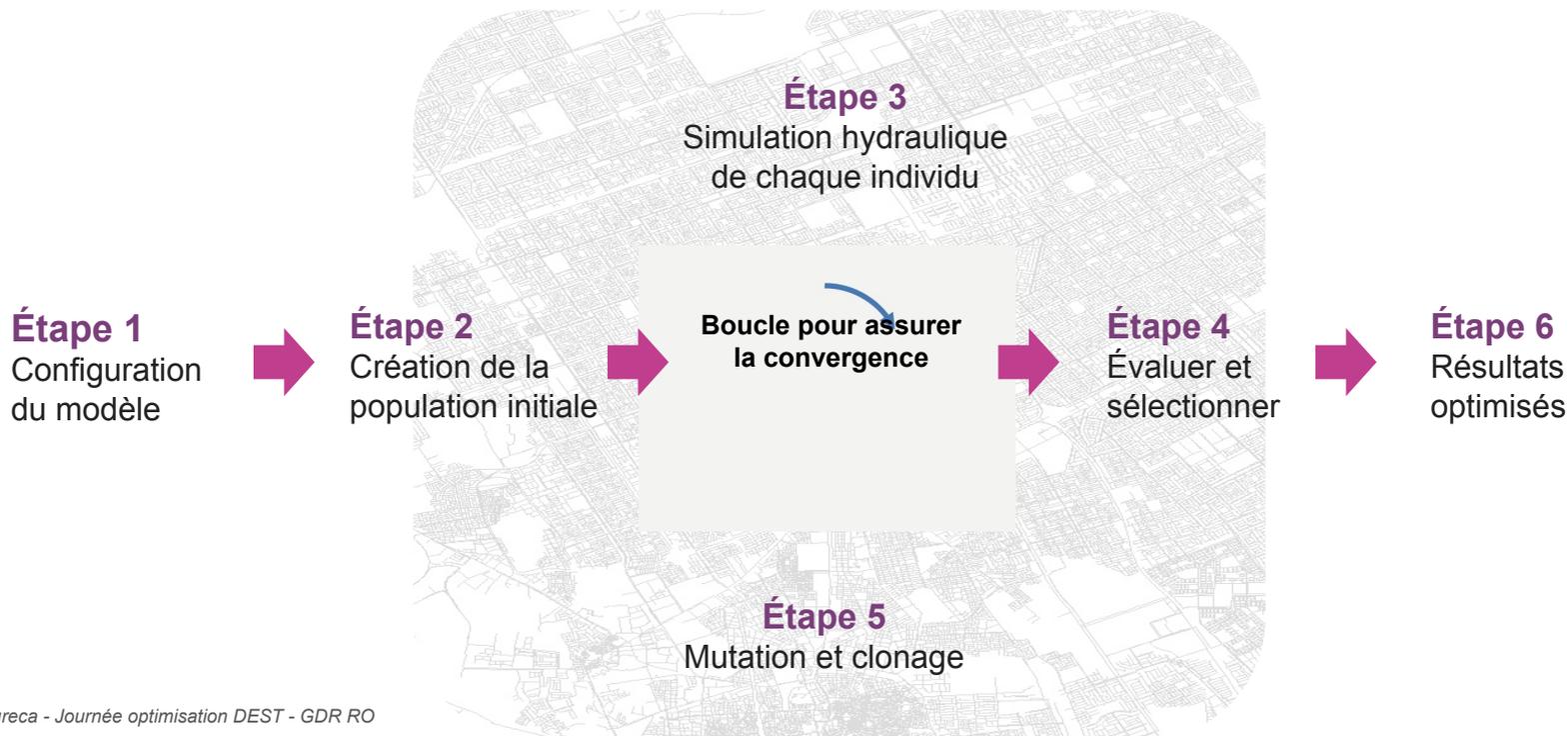
Un modèle hydraulique couplé à un moteur d'optimisation



OPTIM'HYDRO

Principe de base de l'algorithme génétique

"L'algorithme génétique est une méthode de résolution de problèmes d'optimisation avec ou sans contraintes, basée sur la sélection naturelle, le processus qui régit l'évolution biologique."



Cas d'usage #1

Gestion de la ressource en eau

Les apports à l'exploitation





Cas d'usage #1 - Gestion de la Ressource

Enjeux et contexte

Une grande métropole, dont le réseau AEP est supervisé par Veolia, est confrontée chaque année à des périodes de sécheresse.

La production en eau potable repose sur différents types de ressources (rivière, retenues artificielles, achat/vente), ayant une forte variabilité dans leur disponibilité, et avec des charges d'exploitation différentes.

L'exploitant a donc besoin d'avoir un plan annuel optimal de fonctionnement du réseau tant du point de vue hydrique (notamment en prévision de période de stress hydrique), hydraulique, qu'économique.



Approche

- **Modèle hydraulique et financier :**
 - Construction du modèle structurant Ressources - Transfert
 - Construction d'un modèle de coût pour chaque ressource
 - Analyse de deux scénarios (année humide et sèche) intégrant les modifications annuelles imposées de conditions d'exploitation
- **Calage du modèle :**
 - Hydraulique / analyse de la balance en eau
 - Énergétique / coût de production
- **Optimisation proposée :**
 - Plan de fonctionnement annuel optimisé avec prise en compte de la variabilité de la disponibilité des ressources et des coûts associés
 - Mise en oeuvre d'un tableau de bord de pilotage

Résultats clés de l'étude

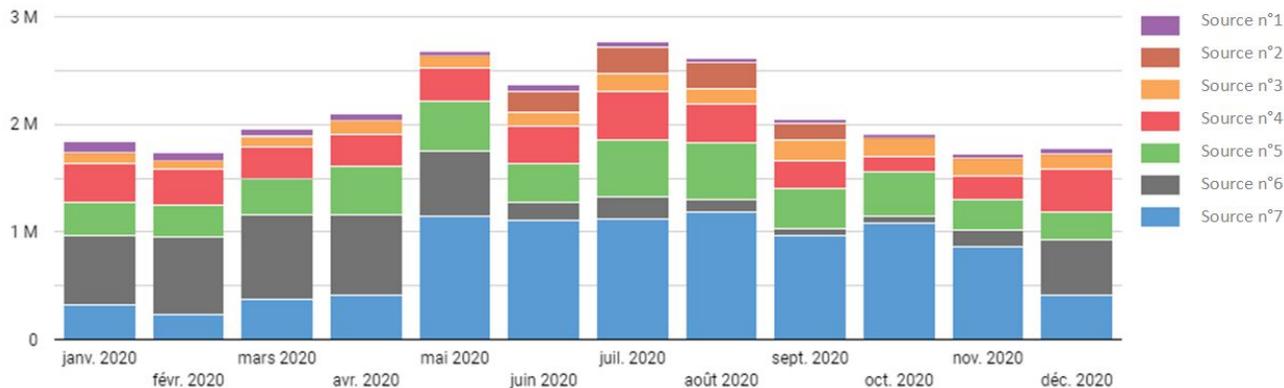
- Vision générale de la balance hydrique pour un pilotage opérationnel
- **Jusqu'à 10% d'économie** de charges d'exploitation

Objectif final du cas d'usage Gestion de la ressource

Fournir aux exploitants des consignes optimisées de prélèvements multi-ressources

Volumes à prélever par ressource (exemple de planning de prélèvements)

Volume à prélever par ressource



Résultats

Planning optimisé pour une continuité de service

10% d'économies de charges liées à la ressource

Gestion long-terme de la ressource

Cas d'usage #2 Optimisation énergétique



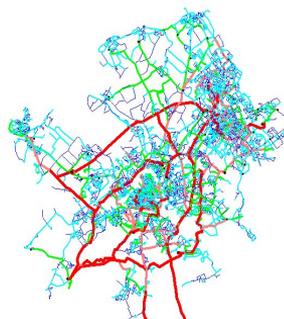


Cas d'usage #2 - Optimisation énergétique

Enjeux et contexte

En raison d'importantes contraintes sur les charges opérationnelles d'une grande métropole, l'outil Optim'Hydro a été déployé pour fournir un plan de gestion des pompes optimisé.

L'objectif de l'étude est d'établir un plan de fonctionnement optimal des pompes du circuit primaire, qui influencent le taux de remplissage des réservoirs en aval pour les communes de la métropole.



Approche

- **Adaptation / Simplification** du modèle hydraulique :
 - Réduction du nombre de noeuds
 - Ajout des courbes de pompes (HMT/Q et rendement)
- **Caractéristique du périmètre**
 - > 1 million d'habitants approvisionnés;
 - 28 réservoirs / capacité totale de 130 000 m³;
- **Optimisation proposée**
 - Optimisation du plan horaire de pompage
 - Optimisation du marnage des réservoirs pour réguler la desserte.

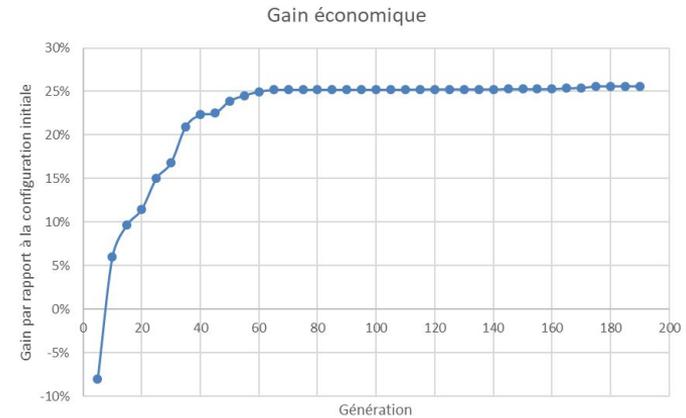
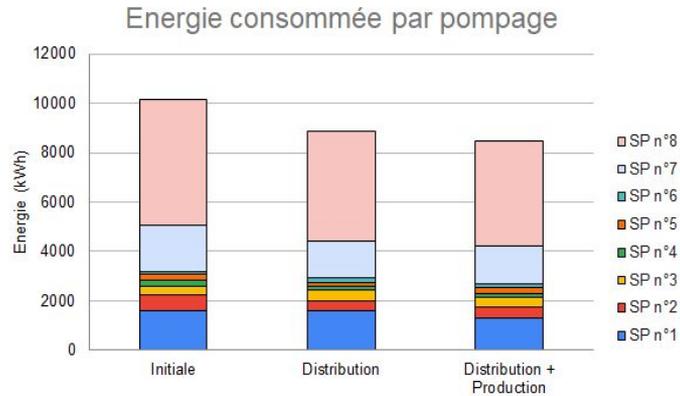
Résultats clés de l'étude

- **> 300 MWh/an d'économies d'énergie** dans les stations principales
- **≈ 25% d'économie sur le coût de pompage**
- Amortissement de l'étude en quelques mois

Cas d'usage #2 - Optimisation énergétique

Scénarios d'optimisation

- **Scénario 1** : Optimisation du réseau de distribution
- **Scénario 2** : Optimisation du réseau de distribution et de production



Baisse des consommations d'énergie (env. 17%)

Optimisation des charges d'exploitation liées à l'énergie de pompage (25%)

Cas d'usage #3 Réduction des fuites



Enjeux et contexte

Le rendement des réseaux est un enjeu clé de la distribution d'eau potable, tant de point de vue de la qualité de service, de l'équilibre économique du service que de la protection de la ressource.

Après une phase de sectorisation hydraulique, la pression en réseau est optimisée et régulée, ce qui a un impact direct sur la réduction des fuites.

Corrélation entre débit de fuite et pression

$$Q_l \propto P^Y$$

Conjointement à la réduction des pertes, l'impact économique sur les pompages, le traitement, et les réactifs sont optimisés via Optim'Hydro, ce qui permet d'obtenir une configuration optimale.



Approche

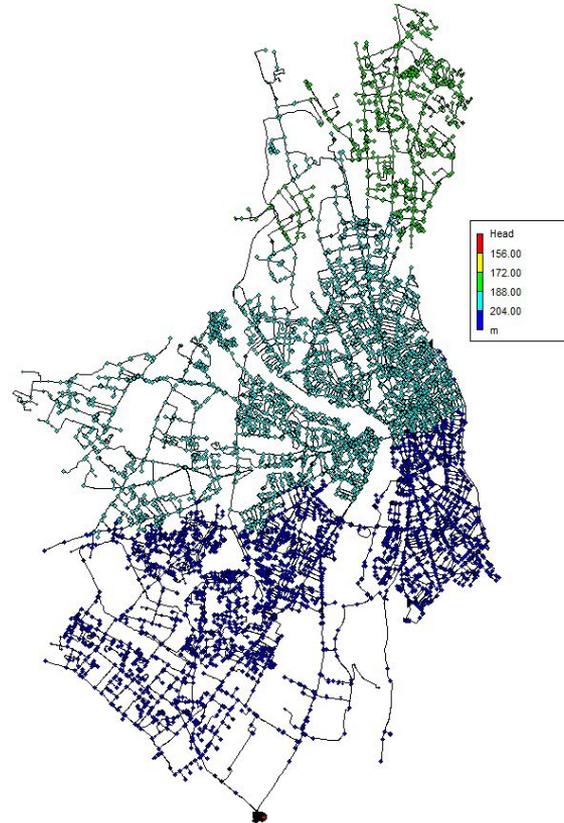
- **Modélisation hydraulique**
 - Simplification du modèle
 - Stricte séparation du volume de fuite de la demande
 - Calibration des emitters coefficients
 - Ajout des courbes de pompes (HMT/Q et rendement)
- **Critères de dimensionnement:**
 - Détection des bâtiments avec des pressions critiques
 - Respect d'une pression minimale aux points d'exports
 - Construction du modèle de coût
- **Optimisation proposée:**
 - Pilotage des vannes régulatrices / pompes
 - Stratégie de diminution de la pression statique résiduelle

Cas d'usage #3 - Réduction des fuites

L'enjeu des pressions

Pression résiduelle sur les bâtiments

- Pression journalière minimale déduite des modèles hydrauliques
- Analyse de la hauteur des bâtiments via Système d'Information Géographique (SIG)



Exemple de zones modulées en pression

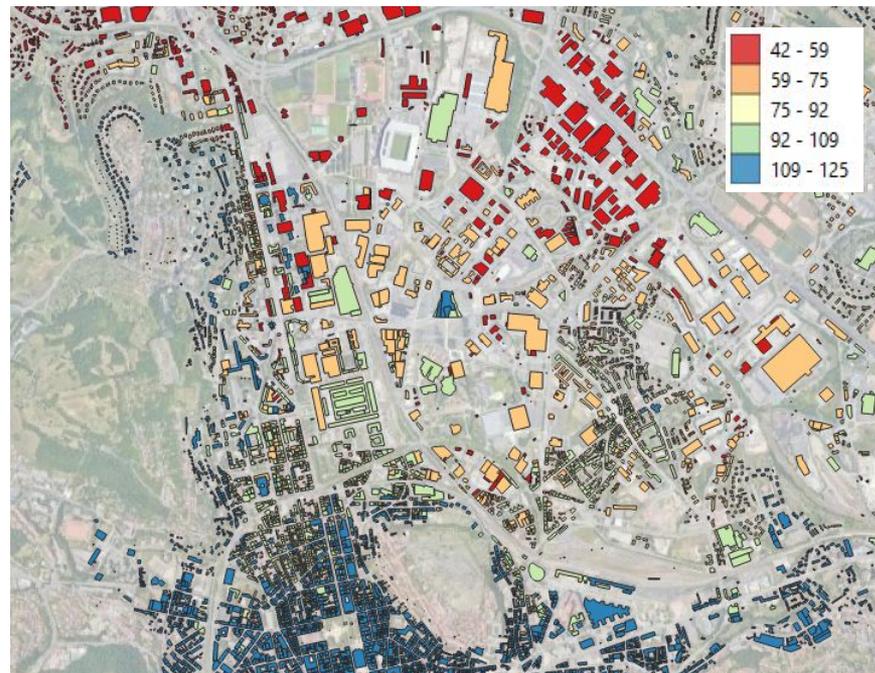
Cas d'usage #3 - Réduction des fuites

L'enjeu des pressions

Pression résiduelle sur les bâtiments

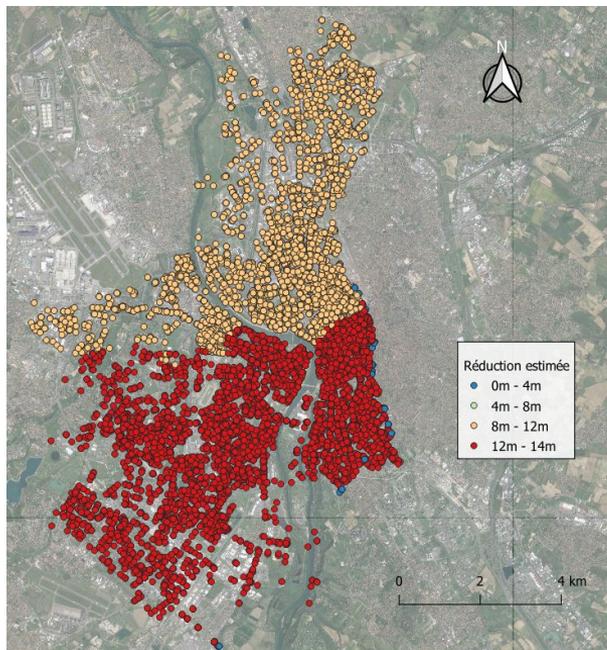
- Pression journalière minimale déduite des modèles hydrauliques
- Analyse de la hauteur des bâtiments via Système d'Information Géographique (SIG)

⇒ Diminution des contraintes statiques que subissent les conduites (gestion patrimoniale) et réduction des débits de fuite.



Exemple d'analyse de la hauteur des bâtiments

Cas d'usage #3 - Réduction des fuites



Exemple de diminution de pression

Nombre d'habitants	Linéaire de réseau	Linéaire de réseau concerné par l'optimisation	% des fuites sur la zone concernée par l'optimisation	Gain attendu sur la zone concernée
~20 000 habts	150 km	50 km (33%)	~50%	31%
~1 M habts	2400 km	500 km (20%)	~15%	28%
~150 000 habts	750 km	300 km (40%)	~55 %	34%

Conclusion

Optimisation des réseaux AEP



Conclusions

Fournir une eau en quantité et qualité est le mandat de tout opérateur d'eau. Les contraintes sont nombreuses, les systèmes sont complexes. Certaines charges d'exploitation peuvent être volatiles (ex. prix de l'électricité).

Les conséquences du changement climatique vont tendre à ajouter de nouvelles contraintes (hausse des températures, demande en eau modifiée, raréfaction de la ressource).

L'optimisation mathématique, couplée au savoir-faire d'un bureau d'étude et à la connaissance des opérationnels, devient un incontournable pour proposer des solutions à des problèmes complexes qui allient niveau de service, disponibilité de la ressource, impact du changement climatique, etc.

Les opérateurs peuvent s'appuyer sur des solutions comme Optim'hydro, couplant la modélisation hydraulique classique à des solveurs basés sur des algorithmes génétiques.

Suivez-nous:



seureca.veolia.com